

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRAÇOS DE ARGAMASSA DE
REVESTIMENTO UTILIZADAS EM PORTO ALEGRE**

Eng.º Eduardo Dubaj

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil - PPGEC, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de *Mestre em Engenharia*.

Área de Concentração: Construção Civil

Porto Alegre

2000

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título *de Mestre em Engenharia* e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós - Graduação.

Prof. PhD. Ronaldo Bastos Duarte
Orientador

Prof. PhD. Francisco de Paula Simões Lopes
Coordenador do Programa de Pós - Graduação em
Engenharia Civil

Banca Examinadora:

- Ronaldo Bastos Duarte (orientador)
PhD. pela Universidade de Edinburgh

- Claudio S. Kazmierczak
Dr. pela Escola Politécnica da USP

- Denise C. Dal Molin
Dr. pela Escola Politécnica da USP

- Hélio Adão Greven
Dr. Ing. pela Universidade de Hannover

“Não existe substituto para o conhecimento”

(W. E. Deming)

AGRADECIMENTOS

- Ao prof. Ronaldo Bastos Duarte por sua orientação, pelo companheirismo demonstrado em todos os momentos e por não me deixar desistir de alcançar este sonho;
- A minha amada esposa Cristiane pelo amor e paciência, por saber dividir com meus estudos, nosso tempo;
- Aos meus pais Tadeu José Dubaj, “in memoriam”, e Solange Vieira dos Santos Dubaj, grandes responsáveis por minha formação moral.
- A toda a minha família que, apesar das dificuldades, sempre me incentivou nos estudos;
- Ao amigo Givanildo pela amizade sincera e, incentivo para vencer mais este obstáculo;
- Aos amigos da DGD Engenharia Ltda. por entenderem e suprirem a minha falta durante este período de afastamento;
- Aos demais professores do NORIE, por dividirem comigo seus conhecimentos;
- Aos funcionários do LEME, pelo auxílio no desenvolvimento da parte experimental;
- As empresas Sika S.A. e TEXSUL , pelo fornecimento de alguns produtos utilizados neste ensaio;

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1.	CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	5
2.1.1.	Quanto ao emprego.....	5
2.1.2.	Quanto ao tipo de aglomerante.....	6
2.1.3.	Quanto ao número de elementos ativos.....	7
2.1.4.	Quanto a dosagem.....	7
2.1.5.	Quanto aos tipos especiais.....	7
2.2.	USOS, FUNÇÕES E PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS.....	8
2.2.1.	Trabalhabilidade.....	11
2.2.2.	Resistência mecânica.....	12
2.2.3.	Retração.....	14
2.2.4.	Estabilidade de volume.....	14
2.2.5.	Resistência ao intemperismo e à ação do fogo.....	15
2.2.6.	Aderência.....	15
2.2.7.	Resiliência	15
2.3.	EXEMPLOS DE TRAÇOS UTILIZADOS NO BRASIL.....	18
2.4.	CAMADAS DE UM REVESTIMENTO EM MASSA ÚNICA.....	19
2.4.1.	Chapisco.....	19
2.4.2.	Emboço.....	19
2.5.	DETALHES EXECUTIVOS QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS.....	21
2.5.1.	Molhegem das paredes.....	21
2.5.2.	Preparo das superfícies.....	21
2.5.3.	Espessura das camadas.....	22
2.5.4.	Tempo de cura necessário para as camadas.....	22
2.6.	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MATERIAIS CONSTITUINTES.....	23
2.6.1.	Aglomerantes.....	23

2.6.2.	Agregado miúdo - areia.....	30
2.6.3.	Aditivos.....	38
3.	ESTUDO COMPARATIVO DE TRAÇOS DE ARGAMASSA UTILIZADAS PARA REVESTIMENTOS.....	40
3.1.	METODOLOGIA UTILIZADA PARA OBTENÇÃO DOS TRAÇOS ESTUDADOS.....	40
3.2.	MATERIAIS COMPONENTES DAS ARGAMASSA.....	41
	3.2.1. Caracterização dos materiais.....	41
3.3.	OBTENÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	45
	3.3.1. Traço I.....	45
	3.3.2. Traço II.....	46
	3.3.3. Traço III.....	46
	3.3.4. Traço IV.....	47
	3.3.5. Traço V.....	47
	3.3.6. Traço VI.....	48
3.4.	DEFINIÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS ARGAMASSAS EM ESTUDO.....	49
3.5.	PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	49
3.6.	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA.....	50
3.7.	CURA DOS CORPOS DE PROVA.....	50
3.8.	ENSAIOS REALIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS.....	51
	3.8.1. Ensaio de consistência.....	51
	3.8.2. Ensaio de resistência à compressão axial	52
	3.8.3. Ensaio de resistência à tração por compressão diametral.....	54
	3.8.4. Ensaio do módulo de deformação estática.....	56
	3.8.5. Ensaio de resistência de aderência à tração.....	59
	3.8.6. Ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento.....	63
	3.8.7. Ensaio de retração por secagem.....	65
	3.8.8. Ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo.....	67
4.	ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS.....	72
4.1.	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL.....	72
4.2.	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL.....	74

4.3.	MÓDULO DE DEFORMAÇÃO ESTÁTICA.....	75
4.4.	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	77
4.5.	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO.....	78
4.6.	RETRAÇÃO POR SECAGEM.....	81
4.7.	ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	83
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	87
5.1.	CONCLUSÕES.....	87
5.2.	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	90
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
	ANEXO A – ANÁLISE ESTATÍSTICA - TABELA ANOVA.....	98

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 2.1 Incidência relativa dos diferentes tipos de manifestações patológicas atendidas pela CIENTEC.....	3
---	---

CAPÍTULO 2

FIGURA 2.1 Classificação das argamassas.....	5
FIGURA 2.2 Resistência da argamassa em função do tipo de substrato.....	20
FIGURA 2.3 Correlação da resistência à compressão e relação água/cimento.....	26
FIGURA 2.4 Fórmula para obtenção do parâmetro D.....	31

CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1 Curva granulométrica da areia utilizada e limites estabelecidos pela NBR 7211/83, para areia fina.....	43
FIGURA 3.2 Curva granulométrica da areia utilizada e limites estabelecidos pela NBR 7211/83, para areia média.....	43
FIGURA 3.3 Moldagem dos corpos de prova.....	50
FIGURA 3.4 Ensaio de consistência.....	52
FIGURA 3.5 Detalhe dos ensaios de resistência à compressão axial.....	53
FIGURA 3.6 Forma de ruptura dos corpos de prova submetidos à Compressão Axial.....	54
FIGURA 3.7 Detalhes dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral.....	55
FIGURA 3.8 Equipamento utilizado para realização dos ensaios do módulo de Deformação estática.....	57
FIGURA 3.9 Detalhe do ensaio do módulo de deformação estática.....	58
FIGURA 3.10 Execução dos painéis de revestimento em argamassa.....	60
FIGURA 3.11 Demarcação das seções dos corpos de prova a serem ensaiados.....	60

FIGURA 3.12	Execução dos cortes para obtenção dos corpos de prova.....	61
FIGURA 3.13	Detalhe dos corpos de prova que serão submetidos aos ensaios de tração direta e cisalhamento.....	61
FIGURA 3.14	Execução do ensaio de resistência à tração direta por arrancamento.....	62
FIGURA 3.15	Execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento.....	64
FIGURA 3.16	Detalhe do ensaio de retração por secagem.....	67
FIGURA 3.17	Detalhe do cachimbo utilizado para o ensaio de absorção d' água.....	68
FIGURA 3.18	Execução do ensaio de absorção de água.....	69

CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1	Resistência média à compressão axial.....	72
FIGURA 4.2	Gráfico do consumo de cimento x resistência à compressão.....	73
FIGURA 4.3	Resistência média à tração por compressão diametral.....	74
FIGURA 4.4	Gráfico do consumo de cimento x resistência à tração indireta	75
FIGURA 4.5	Módulo de elasticidade médio dos traços ensaiados.....	76
FIGURA 4.6	Gráfico do consumo de cimento x módulo de elasticidade.....	76
FIGURA 4.7	Resistência média de aderência à tração por arrancamento.....	77
FIGURA 4.8	Gráfico do consumo de cimento x tração direta.....	78
FIGURA 4.9	Resistência média de aderência ao cisalhamento por torção.....	79
FIGURA 4.10	Gráfico do consumo de cimento x torção por cisalhamento.....	80
FIGURA 4.11	Gráfico dos traços x propriedades ensaiadas.....	80
FIGURA 4.12	Retração por secagem média.....	81
FIGURA 4.13	Gráfico do consumo de cimento x retração por secagem.....	82
FIGURA 4.14	Gráfico do consumo de cal x retração por secagem.....	82
FIGURA 4.15	Absorção média de água.....	83
FIGURA 4.16	Gráfico do Fator água/cimento x absorção de água.....	84
FIGURA 4.17	Gráfico do Fator água/aglomerante x absorção de água.....	84
FIGURA 4.18	Gráfico da relação areia/finos x absorção de água.....	85
FIGURA 4.19	Curvas de absorção de água	86

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1.1 Distribuição das manifestações patológicas encontradas em Pesquisa realizada pelo IPT.....	3
--	----------

CAPÍTULO 2

TABELA 2.1 Limites granulométricos de agregado miúdo.....	37
--	-----------

CAPÍTULO 3

TABELA 3.1 Resultados dos ensaios de caracterização do cimento.....	42
TABELA 3.2 Analise granulométrica da areia utilizada – tipo A.....	42
TABELA 3.3 Analise granulométrica da areia utilizada – tipo B.....	43
TABELA 3.4 Caracterização da cal hidratada utilizada nas argamassas.....	44
TABELA 3.5 Valores obtidos nos ensaios de consistência e fator água/aglomerante.....	51
TABELA 3.6 Resultados obtidos nos ensaios de compressão axial.....	53
TABELA 3.7 Resultados obtidos nos ensaios de tração por compressão diametral.....	56
TABELA 3.8 Resultados obtidos nos ensaios do módulo de deformação.....	58
TABELA 3.9 Resultados médios obtidos nos ensaios de resistência à tração direta.....	63
TABELA 3.10 Resultados médios obtidos nos ensaios de cisalhamento.....	65
TABELA 3.11 Resultados médios obtidos nos ensaios de retração por secagem.....	67
TABELA 3.12 Resultados médios obtidos nos ensaios de absorção de água... 	69
TABELA 3.13 Resultados de absorção de água ao longo do tempo.....	70
TABELA 3.14 Tabela geral dos resultados obtidos nos ensaios.....	71

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 2	
QUADRO 2.1 - Usos, funções e propriedades das argamassas.....	8
QUADRO 2.2 - Traços utilizados no Distrito Federal	18
QUADRO 2.3 - Argamassas mais utilizadas em Ponta Grossa.....	18
QUADRO 2.4 - Variação das propriedades da argamassa com a alteração da composição relativa de cimento e cal.....	28
QUADRO 2.5 - Influência das características granulométricas da areia nas propriedades das argamassas.....	32
QUADRO 2.6 - Classificação dos agregados de acordo com seu módulo de finura.....	37
CAPÍTULO 3	
QUADRO 3.1 - Traços utilizados nos ensaios.....	41
QUADRO 3.2 - Características físico químicas do Morter.....	45
QUADRO 3.3 - Propriedades estudadas e respectivos métodos de avaliação.....	49

RESUMO

Título: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TRAÇOS DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO UTILIZADAS EM PORTO ALEGRE

Autor: DUBAJ, Eduardo

Existe hoje na construção civil uma grande variedade de traços de argamassa para revestimento. Estes traços são, muitas vezes, utilizados de maneira inadequada, não levando-se em consideração as solicitações a que estes revestimentos serão submetidos.

Este uso inadequado é muitas vezes o responsável pelo surgimento de manifestações patológicas que conduzem a diminuição da vida útil de um componente ou de uma edificação como um todo, conduzindo a gastos com sua recuperação e até a total insatisfação do usuário.

Neste trabalho, é realizado um levantamento em algumas construtoras de Porto Alegre com a finalidade de se obter os traços mais utilizados para revestimento de paredes com argamassa .

Dentre os traços utilizados, foram escolhidos seis, entre aqueles mais utilizados e aqueles que são indicados por fabricantes de aditivos por apresentarem bons resultados quando utilizados como argamassa de revestimento.

Estas argamassas foram submetidas a avaliação de seu desempenho no estado endurecido, através de ensaios realizados em laboratório.

Os resultados mostram que os traços utilizados apresentam diferenças quanto ao seu desempenho. Sendo, portanto, de fundamental importância para redução da incidência de patologias, a escolha adequada da argamassa em função das exigências que serão impostas ao revestimento.

ABSTRACT

Title: COMPARATIVE STUDY AMONG THE DIFFERENT COMPOSITIONS OF MORTAR FOR REVETIMENT USED IN PORTO ALEGRE

Author: DUBAJ, Eduardo

Nowadays, there is a big variety of compositions of mortar for revetment in civil construction. These features are, many times, used improperly, not considering the solicitations on which these revetments will be submit.

This inappropriate use is, many times, the responsible by the appearance of pathological manifestation that brings the reduction of useful life of a component or an edification as a whole, leading up to expenses with its recuperation and until the entire dissatisfaction of the usuary.

On this work, it's made a survey at some construction firms in Porto Alegre, with the objective of getting the compositions more used for revetment of walls with mortar.

Among the used compositions, six were chosen, among those more used and those that are indicated by the manufacturers of additives because they presented good results when used as mortar of revetment.

These mortar were undergone to estimation of their performance on their hardened condition, through the analysis made in laboratory.

The results that the compositions used presented differences on their performance. Thus, it is very important to reduce the occurrence of pathologies, the adequate choice of mortar according to the exigencies that will be enforced to the revetment.

1 INTRODUÇÃO

Existem inúmeras definições da palavra argamassa, no entanto, todas vêm de encontro ao que está escrito na norma pertinente.

A NBR-7200 define argamassas como a mistura de aglomerantes e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. Além destes componentes essenciais presentes nas argamassas, podem, ainda, ser adicionados produtos especiais, com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto.

Os aglomerantes podem ser utilizados isolados ou adicionados a materiais inertes.

No caso do emprego de um aglomerante e água, exclusivamente, estamos em presença de uma pasta.

Quando se mistura uma pasta a um agregado miúdo, obtém-se o que se chama de argamassa.

Logo, as argamassas são assim constituídas por material ativo, a pasta, e por material inerte, o agregado miúdo. A adição do agregado miúdo à pasta, no caso das argamassas de cimento, barateia o produto e elimina em parte as modificações de volume; no caso das argamassas de cal, a presença da areia, além de oferecer as vantagens acima apontadas, ainda facilita a passagem de anidrido carbônico do ar, produzindo a recarbonatação do hidróxido de cálcio, com conseqüente solidificação do conjunto (Petrucci, 1980).

As argamassas são muito empregadas na construção civil, sendo seu uso específico o fator determinante do tipo de aglomerante ou da mistura de tipos diferentes de aglomerantes. Como exemplo, as argamassas de cimento são utilizadas em alvenaria de alicerces pela resistência exigível e especialmente pela condição favorável de endurecimento. São também utilizadas para chapisco pela sua resistência a curto prazo, nos revestimentos onde as condições de umidade são exigíveis, tais como no interior de reservatórios de água e outras obras hidráulicas e, em pisos cimentados, onde se exige resistência mecânica e ao desgaste.

As argamassas de cal são utilizadas para emboço e reboco, pela sua plasticidade, condições favoráveis ao endurecimento, elasticidade e, porque proporcionam acabamento esmerado, plano e regular. Encontram também aplicação no assentamento de alvenaria de vedação.

As argamassas de cimento são mais resistentes, porém de mais difícil trabalhabilidade, a adição da cal tem a finalidade de torná-las mais plásticas e facilitar o acabamento.

Tais argamassas mistas de cimento e cal são utilizadas nas alvenarias estruturais ou não, de tijolos ou blocos, nos contra-pisos, no assentamento de revestimentos cerâmicos em pisos ou paredes, no preparo de paredes e pisos para receberem revestimentos cerâmicos aplicados com argamassa colante e, especialmente, nos emboços de forros e paredes (Fiorito, 1994).

No entanto, no atual estágio de conhecimento da construção civil, as argamassas são tidas como um tema em desenvolvimento.

Para Selmo (1989) as manifestações patológicas dos revestimentos são um problema freqüente e até mesmo de incidências crescente, devido à prática empírica de utilização das argamassas e ao crescimento da construção civil no País, havendo, atualmente, uma maior diversidade de alvenaria e materiais para argamassas, um emprego de mão de obra menos qualificada, bem como a execução em menores prazos.

Existem registros da ocorrência de problemas patológicos tanto a nível nacional como mundial.

Segundo o pesquisador húngaro Szilag'yi, citado por Selmo (1989), a mecanização e os estudos econômicos são, no século atual, as causas de grandes mudanças no domínio da construção e, no que concerne às argamassas, cita com exemplos a produção em usinas, o transporte das misturas prontas para emprego, bem como a alteração da natureza das bases de revestimento.

A este respeito, Saretok, citado por Selmo (1989), relata que na Suécia ao serem lançados no mercado os blocos sílico-calcários, foram empregadas argamassas tradicionais com resultados completamente insatisfatórios sob o ponto de vista de aderência.

Na Escócia, onde no período de 1973 a 1983 foram aplicados mais de 20 milhões de metros quadrados de revestimentos, Murray (1973) comenta que o "Advisory Service of the Building Research Establishment Scottish Laboratory" passou a atender um número expressivo de casos sobre problemas de revestimento, sendo a maior parte relacionada à falta de aderência na interface argamassa/alvenaria, tanto de blocos cerâmicos, quanto de sílico-calcários. Este autor, da mesma forma, aponta as mudanças dos métodos de aplicação, da qualidade dos materiais e da mão de obra, como as causas prováveis da incidência crescente de patologias nos revestimentos daquele país.

A nível nacional, também se constata a existência de manifestações patológicas em argamassas de revestimento como mostra o levantamento realizado, em 1985, por Ioshimoto

pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, em 36 conjuntos habitacionais do estado de São Paulo.

TABELA 1.1 - Distribuição das manifestações patológicas encontradas em pesquisa realizada pelo IPT

TIPO DE EDIFICAÇÃO	IDADE	FORMAS DE MANIFESTAÇÃO		
		UMIDADE	TRINCAS	DESCOLAMENTO REVESTIMENTOS
CASAS TÉRREAS	1 – 3 ANOS	42%	29%	29%
	4 – 7 ANOS	50%	25%	25%
	8 ANOS	37%	35%	28%
APARTAMENTOS	1 – 3 ANOS	52%	35%	7%
	4 – 7 ANOS	86%	14%	-
	8 ANOS	82%	12%	6%

Fonte: Yoshimoto, 1985

Obs.: Pouca utilização de revestimento em apartamentos;

Em alguns casos, as trincas dos apartamentos já haviam sido recuperadas.

Também a nível nacional, foi realizado por Dal Molin (1988) um levantamento das manifestações patológicas mais incidentes entre os 1615 casos atendidos pela Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC - no estado do Rio Grande do Sul, no período de 1977 à 1986.

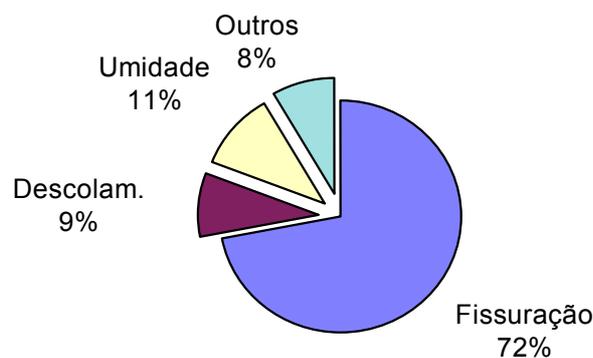


FIGURA 1.1 - Incidência relativa dos diferentes tipos de manifestações patológicas atendidas pela CIENTEC

Fonte : Dal Molin (1988)

Porém, talvez o mais importante é que o descaso pelas argamassas, tanto na escolha do traço como na execução da construção, pode levar a desempenho inadequado dos revestimentos, a patologias precoces, com custos de reparo significativos e conforme o caso, à total insatisfação do usuário, resultando em prejuízo a imagem da empresa perante o mercado.

Objetivo geral: este trabalho tem o objetivo de contribuir para o desenvolvimento tecnológico do assunto, apontando critérios técnicos, para embasar a escolha da argamassa de revestimento apropriada, realizou-se um levantamento na cidade de Porto Alegre, dos traços mais utilizados para revestimento de paredes de alvenaria em blocos cerâmicos.

Como objetivos específicos, estão:

- A caracterização das propriedades mecânicas das argamassas mais utilizadas para revestimento em Porto Alegre;
- A avaliação do desempenho de traços de argamassa para revestimento, que utilizam aditivos em sua composição e;
- A Tentativa de apontar um indicador de qualidade para as argamassas em estudo.

Assim sendo, estes traços foram avaliados quanto ao seu desempenho, no estado endurecido, através de ensaios comparativos de resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, resistência de aderência à tração por arrancamento, resistência de aderência ao cisalhamento por torção, retração por secagem, absorção de água e módulo de deformação.

O Capítulo II contém uma revisão bibliográfica que serve como embasamento teórico para a realização deste trabalho.

No Capítulo III, estão descritas as metodologias utilizadas para obtenção dos traços e execução dos ensaios comparativos, acompanhados de seus respectivos resultados.

O Capítulo IV, com um estudo estatístico realizado com auxílio da tabela Anova, será apresentada uma análise comparativa dos resultados dos ensaios e, no Capítulo V são apresentadas as conclusões finais e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

As argamassas, de um modo geral, podem ser classificadas de varias formas, tal como apresentado na figura 2.1.

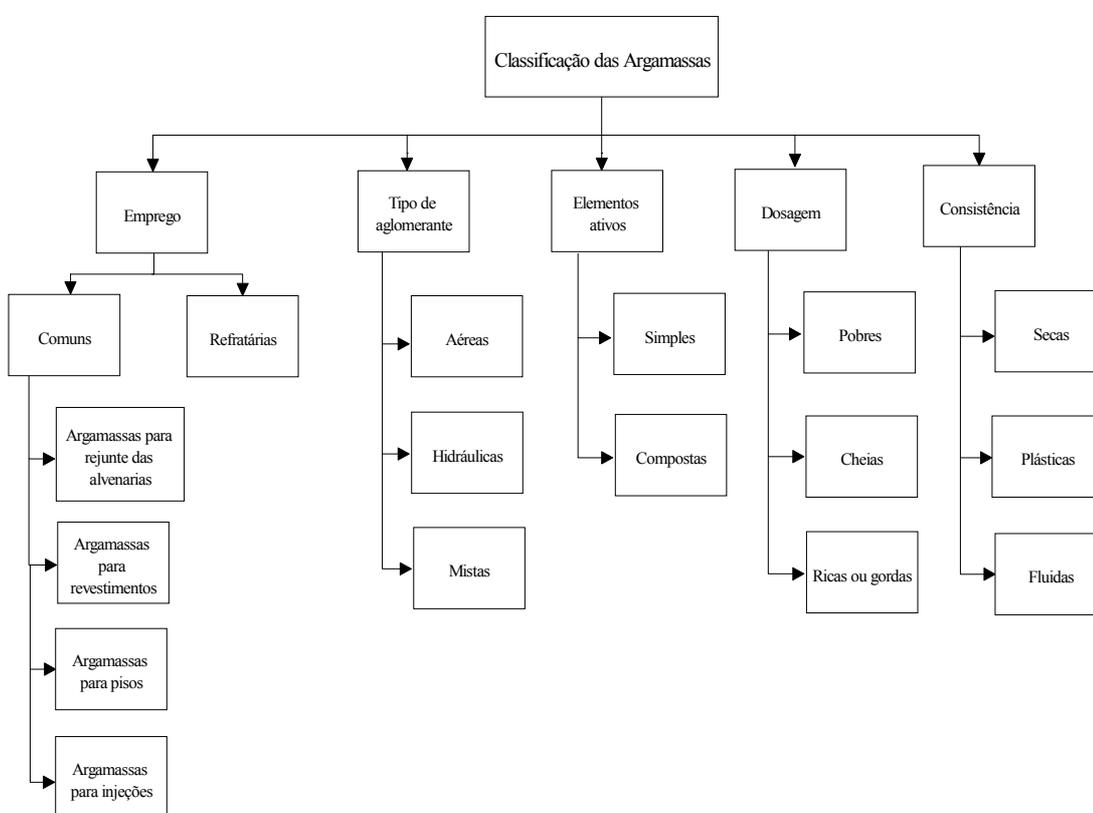


FIGURA 2.1 – Classificação das argamassas

Fonte : Petrucci, 1980

2.1.1 Quanto ao Emprego

- Argamassas comuns: Quando se destinam a obras correntes.
- Argamassas refratárias: Quando devem resistir a elevadas temperaturas. Neste caso, serão feitas com agregados especiais, como argila refratária e vermiculita.

2.1.2 Quanto ao Tipo de aglomerante

- Aéreas: formadas por cal aérea e gesso.
- Hidráulicas: de cal ou cimento.

A argamassa tradicional para alvenaria é feita de areia e cal. A pasta de cal preenche os vazios entre os grãos de areia, proporcionando trabalhabilidade e retenção de água otimizada em comparação com outras argamassas.

As argamassas exclusivamente de cal e areia desenvolvem uma resistência de maneira lenta, cujo valor é pequeno e depende muito da umidade apropriada e da adequada absorção do dióxido de carbono do ar para ser atingido. Ao contrário, as argamassas de cimento desenvolvem a resistência à compressão esperada, nas condições ambientais, com maior facilidade (Sabbatini, 1986).

As argamassas de cimento Portland adquirem resistências elevadas com rapidez e portanto desenvolvem, sem problemas, resistências adequadas para sua utilização como argamassa de assentamento e revestimento. Mas não se pode ajustar a resistência requerida para uma argamassa simplesmente variando a proporção relativa de cimento e areia. Isto porque misturas pobres não possuem uma trabalhabilidade adequada e as misturas normais (de traço 1 : 3, em volume) ou as ricas, além de antieconômicas, podem vir a ser deletérias em função das condições de uso.

Existem as argamassas mistas, com um aglomerante aéreo e um hidráulico, geralmente cal aérea e cimento. Os ingleses utilizam a proporção 1:3 (cimento + cal:areia seca), em volume, como traço básico, pois partem do princípio de que com essa proporção os vazios da areia são preenchidos pela pasta aglomerante. E assim, ao se alterarem as proporções relativas de cal e cimento, a trabalhabilidade fica mais ou menos assegurada, independentemente das modificações (Sabbatini, 1986).

Pode-se obter ainda, argamassas mistas convencionais onde o saibro entra, na sua composição, substituindo a cal. Por possuir um teor de finos relativamente elevado o saibro é reconhecidamente um bom plastificante das argamassas, sendo esta a principal razão do seu emprego, além de que, seu custo é mais baixo que o da cal.

No entanto, existe uma grande quantidade de patologias associadas ao seu uso. Essas patologias são decorrentes, entre outros fatores, do desconhecimento tecnológico relativos ao emprego do saibro e, da dificuldade real em se especificar traços de desempenho satisfatório devido à grande variabilidade das características químicas, físicas e mineralógicas dos saibros,

chegando, muitas vezes, a não serem uniformes dentro de uma mesma jazida. Assim, se tem, em geral, traços com elevados teores de finos e, às vezes, valores excessivos de matéria orgânica, que significam o comprometimento do desempenho das argamassas sob o ponto de vista tecnológico, com o conseqüente aparecimento de patologias (Carasek et al., 1995).

2.1.3 Quanto ao Número de elementos ativos

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

2.1.4 Quanto a Dosagem

- Pobres ou magras: quando o volume de aglomerantes 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 (Petrucci, 1980).

2.1.5 Quanto aos Tipos Especiais

Argamassas com aditivos: as argamassas de cimento com pequena proporção deste em relação à areia podem ser empregadas, se a elas forem adicionados aditivos plastificantes. Tais aditivos, geralmente aeradores, tornam a argamassa trabalhável e com capacidade de retenção de água (Sabbatini, 1986).

Para melhorar o efeito dos aditivos, os plastificantes e retardadores devem ser adicionados na água de amassamento e, os incorporadores de ar devem ser lançados após a adição de aproximadamente 80% da água. A energia e o tempo de mistura da argamassa aditivada têm efeito significativo nas suas propriedades. Em geral, obtém-se fissuração nula em argamassas convenientemente dosadas e com aditivos, cuja finalidade é alterar as propriedades das argamassas (Lara et al., 1995).

A desvantagem desta argamassa é que seu custo é maior quando comparada com uma argamassa mista de cal e cimento, com propriedades semelhantes. Além disso, o teor de aditivos é crítico e quantidades incorretas podem trazer sérios problemas (Sabbatini, 1986).

2.2 USOS, FUNÇÕES E PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

As argamassas de assentamento e revestimento desempenham várias funções dentro da construção, tais como: unir solidamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais; distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda área resistente dos componentes de alvenaria; absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita; revestir e proteger de maneira uniforme a alvenaria contra agentes agressivos externos, entre outros (Yoshida & Barros, 1995).

QUADRO 2.1 – Usos, funções e propriedades das argamassas

Usos	Funções	Propriedades
Assentamento Estrutural	Resistir à esforço mecânicos, unir os elementos da alvenaria, vedar juntas	Trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica inicial e final, estabilidade volumétrica, capacidade de assimilar deformações.
Assentamento convencional	Unir os elementos da alvenaria, vedar juntas	Trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica inicial, estabilidade volumétrica, capacidade de absorver deformações.
Assentamento de acabamentos	Unir elementos de acabamento ao substrato	Trabalhabilidade, retenção de água, <u>aderência, estabilidade volumétrica, capacidade de absorver deformações.</u>
Chapisco	Unir camadas de revestimento ao substrato	Trabalhabilidade, aderência
Emboço	Vedar a alvenaria, regularizar a superfície, proteger o ambiente internamente	Trabalhabilidade, retenção d'água, <u>estanqueidade, aderência, estabilidade volumétrica</u>
Reboco	Vedar o emboço (acabamento)	Trabalhabilidade, aderência, estabilidade volumétrica

Fonte : Yoshida & Barros, 1995

Analisando-se o quadro 2.1, podemos verificar que dentre as principais propriedades requeridas nas argamassas de revestimento estão a trabalhabilidade, a aderência, a retenção de água, a estanqueidade e a estabilidade volumétrica.

Conclui-se, portanto, que além das propriedades do estado fresco, trabalhabilidade e retenção de água, três outras, referentes ao estado endurecido, destacam-se como primordiais, são elas: resistência mecânica, capacidade de absorver deformações e aderência do revestimento.

Em sua grande parte, as propriedades estão correlacionadas entre si, pois não se pode falar de uma argamassa para revestimento externo com baixa estabilidade volumétrica, que tenha uma boa capacidade de absorver deformações, ou outra que tenha alta estabilidade volumétrica que apresente elevada resistência mecânica. É a partir do controle desse tripé de propriedades (resistência mecânica, capacidade de absorver deformações e aderência) que parece possível ter-se sob controle grande parte das demais propriedades requeridas no estado endurecido das argamassas (Martinelli & Helene, 1991).

Segundo Carasek (1991) uma das maiores razões das patologias nas argamassas de revestimento consiste na perda ou falta de aderência ao substrato. Este fator está intimamente relacionada com a junção das três propriedades básicas de interface argamassa-substrato:

- a) resistência de aderência à tração;
- b) resistência de aderência ao cisalhamento;
- c) extensão de aderência.

No entanto, segundo Boyton e Gutschick, citados por Mibielli (1994), uma discussão sobre aderência não seria completa sem uma consideração sobre sua durabilidade.

Caso se desenvolvam fissuras perpendiculares ou paralelas à interface com o substrato, durante ou após o endurecimento, tanto o assentamento como revestimento tornam-se sujeitos a penetração de água e, a longo prazo, terão prejudicado a durabilidade da aderência.

Com relação ao acima exposto, Mibielli (1994) cita uma publicação do Instituto Eduardo Torrojas onde é salientada a habilidade das argamassas à base de cal de restabelecerem minúsculas fissuras e preencher pequenos vazios, graças a recarbonatação da cal, seguindo ciclos de umedecimento e secagem.

Quando a argamassa fresca é colocada sobre uma superfície absorvente, parte da água de amassamento (que contém os componentes do aglomerante, dissolvidos ou em estado coloidal) é succionada pela base penetrando pelos poros e canais. No interior destes se produzem fenômenos de precipitação dos géis silíceos formados nos poros (cristais de

tringita) e do hidróxido de cálcio da cal, que exercem, após a cura, uma ação de ancoragem da argamassa na base, (Carasek & Campagnollo, 1990).

Segundo Cincotto et al. (1985), pode-se considerar como propriedades essenciais das argamassas de revestimento a trabalhabilidade, a retenção de água, a capacidade de absorver deformações, a extensão e resistência de aderência e a durabilidade.

A retenção e a trabalhabilidade são propriedades essenciais para assegurar a extensão de aderência. A retenção que é a capacidade da argamassa de resistir à sucção do tijolo, têm grande importância, pois sendo baixa a retenção de água, a hidratação do cimento não se completará e a argamassa endurecerá antes do desejado. Neste caso, também a carbonatação da cal ficará prejudicada, pois requer a presença de umidade (Carasek & Campagnollo, 1990).

Ainda, segundo Carasek & Campagnollo (1990) a sucção representa a avidez de água que o tijolo possui e, sua tendência de retirá-la da argamassa. A velocidade de absorção de água do tijolo depende do diâmetro, da distribuição e das características de absorção dos poros. Também uma sucção elevada diminui o teor de umidade residual da argamassa após aplicada. Por esta razão, o tipo de revestimento deve ser compatível com esta propriedade da base.

A resistência a compressão da argamassa não é uma propriedade essencial, mas é útil na análise comparativa de diferentes argamassas e está correlacionada à resistência dos componentes de alvenaria.

Segundo a NBR 13749, as argamassas de revestimento devem ter resistência mecânica inferior ao da argamassa de assentamento. Os revestimentos internos e externos devem ter resistência mecânica decrescente ou uniforme a partir da primeira camada em contato com a base, sem comprometer sua durabilidade ou acabamento final.

A relação água/cimento das argamassas tem considerável importância e influi na resistência mecânica da própria argamassa. Os parâmetros que regulam o fator água/cimento nas argamassas frescas são os seguintes:

- o consumo de agregado seco em relação ao consumo de cimento, em massa;
- a consistência conferida à argamassa;
- o tipo de agregado.

Segundo Landi, citado por Mibielli (1994), o módulo de deformação também é uma importante propriedade da argamassa no estado endurecido e deve ser analisado em paralelo às resistências mecânicas.

O módulo de deformação das argamassas cresce numa razão muito maior do que a resistência de aderência obtida nos ensaios de tração dos revestimentos e flexão dos prismas e, portanto, em troca de resistência, a argamassa perde em capacidade de deformação.

A perda da capacidade de deformação dificulta a adaptação, por exemplo, do revestimento às deformações da alvenaria. Quando estas ocorrem, o revestimento fica mais exposto a falhas (fissuras, descolamentos, etc.). Assim, quando não se faz necessária uma resistência elevada (revestimentos externos protegidos das intempéries e revestimentos internos não sujeitos a impactos e abrasão freqüentes), o módulo de deformação deve preponderar sobre o aspecto de resistência, na avaliação do desempenho das argamassas.

Existem, ainda, dois aspectos importantes a serem considerados nas argamassas endurecidas:

- As variações cíclicas de umedecimento e secagem a que estão sujeitas, pois se forem intensas e freqüentes, irão requerer hidráulica e resistência mecânica;
- O grau de estanqueidade à água, que deve ser conferido ao revestimento, sendo que pode-se prever maior permeabilidade das argamassas de traços mais pobres e menos resistentes.

Paralelamente às questões técnicas, deve-se levar em conta o aspecto econômico, Lichtenstein, citado por Mibielli (1994), num levantamento feito em 13 edifícios sobre o consumo de materiais, concluiu que o consumo médio de argamassa por m^2 de construção é de $0,16m^3$, sendo $0,03 m^3/m^2$ referente a argamassa de revestimento externo e, $0,05 m^3/m^2$ à argamassa de revestimento interno.

Formoso et al. (1993) em pesquisa realizada sobre a perda de materiais na indústria da construção civil e suas principais causas, na cidade de Porto Alegre, concluíram que as argamassas utilizadas nos revestimentos geram perdas de maior magnitude do que as argamassas utilizadas nos assentamentos de tijolos.

2.2.1 Trabalhabilidade

A determinação do traço e, conseqüentemente, da quantidade de cal que deve entrar na composição de uma argamassa, deve ser orientada tendo em vista principalmente o aspecto da mistura. A argamassa deverá apresentar-se como uma massa coesa, que possua uma trabalhabilidade apropriada para rejuntamentos e revestimentos.

As argamassas de cal têm muito mais coesão que as de cimento de mesmo traço, por isso, necessitam de menos aglomerantes do que as de cimento para obter uma argamassa com trabalhabilidade apropriada para rejuntamentos e revestimentos (Petrucci, 1980).

Deve-se também levar em consideração que as argamassas devem ter uma trabalhabilidade suficiente para que o pedreiro produza com rendimento otimizado um trabalho satisfatório, rápido e econômico.

Qualitativamente, diz-se que uma argamassa tem uma boa trabalhabilidade quando: distribui-se facilmente ao ser assentada preenchendo todas as reentrâncias; “agarra” à colher de pedreiro quando transportada e não “agarra” quando distribuída no tijolo; não segrega ao ser transportada; não endurece em contato com blocos de sucção elevada e, permanece plástica por tempo suficiente para que os blocos sejam ajustados facilmente no nível e no prumo (Sabbatini, 1986).

2.2.2 Resistência mecânica

Devido às solicitações a que os revestimentos estão submetidos durante a sua vida útil, a resistência mecânica do mesmo está mais relacionada com sua capacidade de resistir à abrasão superficial, impacto, tração e cisalhamento do que a capacidade de resistência a compressão.

No entanto, por esta última ser de fácil avaliação e estar estatisticamente ligada com as demais propriedades do revestimento endurecido, é a propriedade 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”.

Para vários autores, entre eles Martinelli (1989), a resistência mecânica é tida como uma das principais propriedades responsáveis pelo êxito das argamassas nas diversas funções do revestimento.

Segundo Fiorito (1994), os revestimentos são submetidos a diferentes solicitações, entre elas estão:

a) Movimentação volumétrica da base - a variação dimensional por umidecimento e secagem é talvez a mais comum, que ocorre por ação dos agentes exteriores, temperatura e umidade (a natureza da base é determinante nesta solicitação).

b) Deformação da base - devido a deformação lenta do concreto da estrutura e recalques das fundações.

c) Movimentação do revestimento - ligadas às condições climáticas, as variações de temperatura provocam o fenômeno de dilatação e contração do revestimento. Como os suportes são normalmente rígidos, a solicitação tende a causar fissuras no revestimento.

d) Retração do revestimento - tensões internas são provocadas pelo movimento de retração em consequência de uma diminuição de volume devida à perda de água para a base, por evaporação e, devido às reações de hidratação do cimento. Quando as tensões internas atuantes no revestimento superam a sua resistência à tração, (representada, nas primeiras idades, pela coesão entre os materiais), surge a fissura. A retração pode ocorrer, também, após a secagem do revestimento, pela variação do grau higroscópico do ambiente.

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

a) Consumo de cimento - A resistência mecânica das argamassas (compressão, tração, abrasão e aderência) são melhoradas com o aumento do consumo de cimento (Martinelli, 1991).

b) Segundo Cincotto et al. (1985) a resistência mecânica aumenta com pequenos volumes de cal na argamassa e decresce com teores mais elevados. Um teor equilibrado de cal, entre 0,25 e 1 (em volume), além de aumentar a capacidade dos revestimentos de resistir a deformações, também confere a estes um ganho de aderência.

Há, contudo, que se ter cuidado com a cura desses revestimentos, pois a cal tem um endurecimento lento em função do teor de gás carbônico contido no ar. Só após grandes períodos, geralmente maiores que 30 dias de idade, ocorre a recarbonatação superficial completa do hidróxido de cálcio (Guimarães et al., 1985).

c) Incorporador de ar - Esta propriedade diminui a massa volumétrica aparente da argamassa, tendo por consequência menor resistência mecânica (Martinelli, 1991).

d) Relação água/cimento - É um fator determinante de resistência mecânica. No entanto, deve ser interpretado com reserva quando se trata de revestimento. Nas argamassas ricas em aglomerante, maiores valores de aderência poderão ser conseguidos com um aumento de plasticidade (maior teor de água). Em revestimentos com argamassa pobre, só um

ponto ótimo na relação água/cimento poderá incrementar a resistência mecânica sem prejuízo da trabalhabilidade, resultando na otimização da aderência.

No Brasil, a avaliação da resistência mecânica é feita através de ensaios, em corpos-de-prova cilíndricos, de compressão axial baseado na NBR 13279 e, compressão diametral baseado na NBR 7222.

As argamassas de cal são pouco resistentes, sua resistência à compressão aos vinte e oito dias varia de 0,2 a 0,6 MPa, podendo-se tomar um valor médio de 0,4 MPa. (Petrucci, 1980).

2.2.3 Retração

As argamassas de cal apresentam redução de volume que será maior se as porcentagens de água e cal forem elevadas (Alves, 1987).

As mudanças dimensionais e a tendência à fissuração de uma argamassa, durante a fase plástica e o endurecimento inicial, dependem além das condições de exposição (temperatura, umidade e velocidade do ar circundante), das características intrínsecas do material fresco (relação a/c, consumo de cimento e teor de água de amassamento), dos seus constituintes (capacidade de retenção de água em função da finura, da forma e da textura superficial dos grãos), bem como da geometria da peça estrutural, expressa pela área exposta ao ar por unidade de volume do material moldado (Bucher, 1988).

Deve-se considerar na escolha dos materiais o consumo de água necessário para se obter a consistência desejada. Um consumo de água elevado é um forte indicativo do excesso de retração com probabilidade elevada de surgimento de fissuras e trincas, ficando o revestimento, portanto, sujeito a apresentar toda ordem de patologias (Lara et al., 1995).

2.2.4 Estabilidade de volume

Os defeitos que podem ocorrer no reboco muitas vezes são devidos à ação do intemperismo (secagem prematura pela ação do vento, molhagem e secagem, congelamento e degelo) ou devidos à falta de estabilidade de volume.

2.2.5 Resistência ao intemperismo e à ação do fogo

As argamassas de cal aérea não apresentam resistência à ação da água. Por isso, nos revestimentos externos, deve-se empregar argamassa de cal hidráulica ou cal aérea e cimento.

Essas argamassas devem ser definidas em função do nível de proteção que deve oferecer a base. As argamassas de cal, de um modo geral, resistem a altas temperaturas, servindo como de proteção nos elementos construtivos de madeira, aço, concreto, etc.

2.2.6 Aderência

A aderência nada mais é do que a resistência às tensões normais e tangenciais que atuam na interface do revestimento/base. A aderência é essencialmente mecânica, ou seja, ocorre pela ancoragem da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície, e principalmente pela ancoragem microscópica da pasta aglomerante nos poros da base. A penetração da pasta se dá por tensão capilar (quanto menor o poro, maior a tensão capilar).

A aderência depende da trabalhabilidade da argamassa e da técnica executiva, da natureza da base e da limpeza da mesma (poeira, fungos, eflorescência e desmoldante).

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”.

2.2.7 Resiliência (Elasticidade)

A resiliência ou “elasticidade” de uma argamassa é a capacidade que ela possui de se deformar sem apresentar ruptura quando submetida a solicitações diversas e, de retornar à dimensão original quando cessam tais solicitações. No entanto, este sentido é estendido, no caso de argamassas, para o estado tal de deformação plástica em que a ruptura ocorre sob a forma de fissuras microscópicas ou capilares não superficiais (Sabbatini, 1986).

Capacidade de absorver deformações é a propriedade das argamassas endurecidas de acompanhar a deformação gerada por esforços internos ou externos de diversas origens e, de retornar a dimensão original quando cessam esses esforços, sem se romperem ou, através do surgimento de fissuras microscópicas que não comprometam o desempenho do revestimento no que diz respeito à aderência, estanqueidade e durabilidade. “Para tanto as argamassas devem apresentar módulo de deformação compatível com a função a que se destina” (Medeiros & Sabbatini, 1994).

O módulo de deformação à compressão é tomado como parâmetro de avaliação dessa propriedade, visto que por esforços de compressão estes materiais fissuram-se visivelmente, enquanto que por esforços de tração apresentam rupturas bruscas. Assim, pode considerar-se que “o módulo de deformação à tração seja maior que ao de compressão” (Joisel, 1981).

Segundo Selmo(1989) e Fiorito(1994), a capacidade de deformação e a aderência são propriedades que possuem uma estreita relação.

A deformação pode ser causada pela retração, dilatação térmica do revestimento ou ainda, ser imposta por forças externas, as quais provocam tensões de tração, compressão e cisalhamento na argamassa endurecida.

Após a aplicação da argamassa, a nata e a água de amassamento iniciam um processo de movimentação para o interior dos poros da base e, por evaporação, para o meio ambiente em função das condições climáticas. O endurecimento das argamassas é acompanhado por uma diminuição de volume, quer devido a perda de água (retração de secagem), quer devido às reações de hidratação do aglomerante.

“A perda de umidade desencadeia um movimento de retração gerando tensões internas de tração. O revestimento pode, ou não, ter a capacidade de resistir a essas deformações, o que regula o grau de fissuração nas primeiras idades”, (Selmo, 1989).

“Mesmo após a secagem e com mais quatro meses de idade, notamos variações dimensionais em função do grau higrométrico do ambiente (retração higrométrica). Uma sequência de variações térmicas, para mais e para menos, pode romper gradativamente, por fadiga, a ligação revestimento/substrato”(retração térmica) (Fiorito, 1994).

“Quando a tensão de tração provocada por retração de secagem, térmica ou algum esforço de natureza externa, atinge o limite de resistência à tração da argamassa, a mesma se rompe dando origem a fissuras cujo distanciamento depende do módulo de deformação à tração, da deformação específica da argamassa, da resistência ao cisalhamento na interface e da espessura do revestimento.

Para Fiorito (1994) as argamassas ricas, ou muito ricas, por terem elevado módulo de elasticidade, deformam-se menos e as tensões de tração permanecem elevadas. Portanto, nessas argamassas há uma notável influência da retração e, conseqüentemente, essas argamassas estarão sujeitas a tensões de tração que causarão trincas e possíveis descolamentos de sua camada suporte à medida que sua espessura cresce. Enquanto que, para argamassas mais elásticas (menor módulo de elasticidade), as tensões de tração são baixas e praticamente constantes, qualquer que seja a espessura da camada de argamassa.

Capacidade de deformação a compressão - Para Selmo (1989) “A capacidade de deformação dos revestimentos de cimentos portland e cal por esforços de compressão é bem mais elevada, já que as tensões geram fissuras paralelas à sollicitação e o limite de resistência à compressão das argamassas é superior ao de resistência à tração”.

“O limite de resistência à tração é cerca de 10% do limite de resistência à compressão”.

“A dilatação térmica dos revestimentos, por exemplo, gerando tensões internas de compressão, não é nociva a temperaturas ordinárias” (Joisel, 1981).

Fatores que influem no módulo de deformação das argamassas endurecidas:

a) Relação água/cimento e resistência mecânica – Martinelli (1989) ao comentar dados do convênio BNH/CEF/EPUSP/PCC, afirma que o módulo de deformação decresce com aumento da relação água/cimento da argamassa e, aumenta com a resistência mecânica (argamassas mais rígidas).

b) Teor de agregado - O módulo de deformação diminui com o aumento do teor de agregado na argamassa, mais a partir de certo teor o módulo volta a crescer, como resultado da maior rigidez da estrutura da argamassa, que contém mais agregado por m³, (Martinelli, 1989).

c) Consumo de cimento - Argamassas com elevado consumo de cimento, apresentam pouca capacidade de se deformarem, prejudicando o desempenho dos revestimentos (Sabbatini, 1990).

d) Teor de cal - O módulo de deformação longitudinal decresce forte e continuamente, à medida que aumenta o volume de cal nas argamassas (Cincotto et al., 1985).

2.3 EXEMPLOS DE TRAÇOS UTILIZADOS NO BRASIL

Decidido que tipo de argamassa deve ser utilizada, o segundo passo é adotar o traço. Entende-se por traço de uma argamassa a indicação das proporções de seus componentes.

O traço, em peso, oferece uma maior segurança quanto à qualidade da argamassa e quantidade no consumo e apropriação de custos. Todavia, torna-se muito difícil sua utilização no canteiro de obras. Assim sendo, os traços das argamassas são tradicionalmente indicados em volume. Contudo, deve-se verificar em tais casos o teor de umidade da areia ou, averiguar se esta encontra-se seca. Tal precaução deve ser tomada em virtude do fenômeno do inchamento da areia em função do teor de umidade (Fiorito, 1994).

Existe uma grande variação entre os traços utilizados, como mostra os quadros abaixo.

QUADRO 2.2 - Traços utilizados no Distrito Federal

Finalidade	Relação a/c	Traço	Materiais
Assentamento de tijolos	0,6	1 : 0,5 : 2,5	Cimento, saibro e areia fina
Argamassas para contrapiso	0,5	1 : 4	Cimento e areia média
Argamassa para chapisco	1,0	1 : 5	Cimento e areia grossa
Revestimento (Emboço paulista)	0,9	1:1:5,5	Cimento, saibro e areia fina

Fonte : Silva, 1985

Em levantamento realizado em Ponta Grossa (PR), foram selecionadas as argamassas mistas de cimento, cal e areia mais utilizadas para revestimentos na região.

QUADRO 2.3 – Argamassas mais utilizadas em Ponta Grossa

Obra	Traço em Volume	Aplicação	fc28 (MPa)
A	1 : 2 : 1,6	E	40
B	1 : 1,4 : 1,8	I/E	48
C	1 : 2,2 : 8	I/E	24
D	1 : 1,4 : 9	I/E	16
E	1 : 2 : 9	I/E	44
F	1 : 1,5 : 10	E	< 4
G	1 : 2 : 10	E	24
H	1 : 2,3 : 10,4	I/E	4
I	1 : 2,4 : 12	I/E	8
J	1 : 2,7 : 12	I	72
K	1 : 2,2 : 15	I	< 4
L	1 : 2,8 : 15	I/E	16

I = Revestimento Interno

E = revestimento Externo

Fonte : Campileli et al, 1995

2.4 CAMADAS DE UM REVESTIMENTO EM MASSA ÚNICA

2.4.1 Chapisco

O chapisco não é propriamente uma camada de revestimento, pois constitui um procedimento de preparação da base.

Segundo Azeredo (1990) a finalidade do chapisco é de proporcionar condições de fixação em superfícies lisas e de pouca porosidade, melhorando sua aderência e funcionando como argamassa de suporte para o emboço.

De acordo com o Módulo 7 do DTC (1997), além de superfícies com capacidade limitada de aderência, o chapisco deve ser utilizado em revestimentos externos, pois estes são sujeitos à ações mecânicas de maior intensidade na interface base/revestimento, exigindo maior capacidade de aderência.

Dessa forma, os requisitos essenciais para o chapisco são a aderência, resistência e durabilidade. A aderência, principal requisito, é obtida pelo alto teor de cimento no traço e pela técnica de execução. O alto teor de cimento, além de conferir resistência, favorece a penetração das partículas finas nos poros da base, aumentando a ancoragem.

Quanto à técnica de execução, a aspersão enérgica e a fluidez da argamassa são fatores fundamentais.

A areia a ser utilizada deve ter granulometria média a grossa, sendo responsável quase que totalmente pela aspereza.

A superfície que irá receber o chapisco deverá ser previamente umedecida, quando for de alvenaria, pois esta absorve parte da água de amassamento. Se a superfície for de concreto, este procedimento não é necessário, pois o concreto absorve menos água.

A argamassa de chapisco deve ser consumida durante o tempo de início de pega, no máximo até 1h e 30 minutos após sua mistura, não devendo ser acrescida novamente com água.

2.4.2 Emboço

O emboço, também chamado de massa grossa, é a camada de revestimento executada sobre o chapisco e deve ser aplicado no mínimo após 3 dias da execução deste.

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 à superfície exterior desta, devendo também uniformizar a superfície.

Ainda, segundo o mesmo autor, a resistência da argamassa de regularização depende da natureza da base.

- Para elementos suportes de pequena resistência, como alvenaria de tijolos, o emboço deve ser mais resistente do que a base e menos resistente do que o acabamento (Figura 2.2a);
- Para elementos suportes de grande resistência, como concreto, o emboço deve ser menos resistente do que a base e mais resistente do que o acabamento (Figura 2.2b).

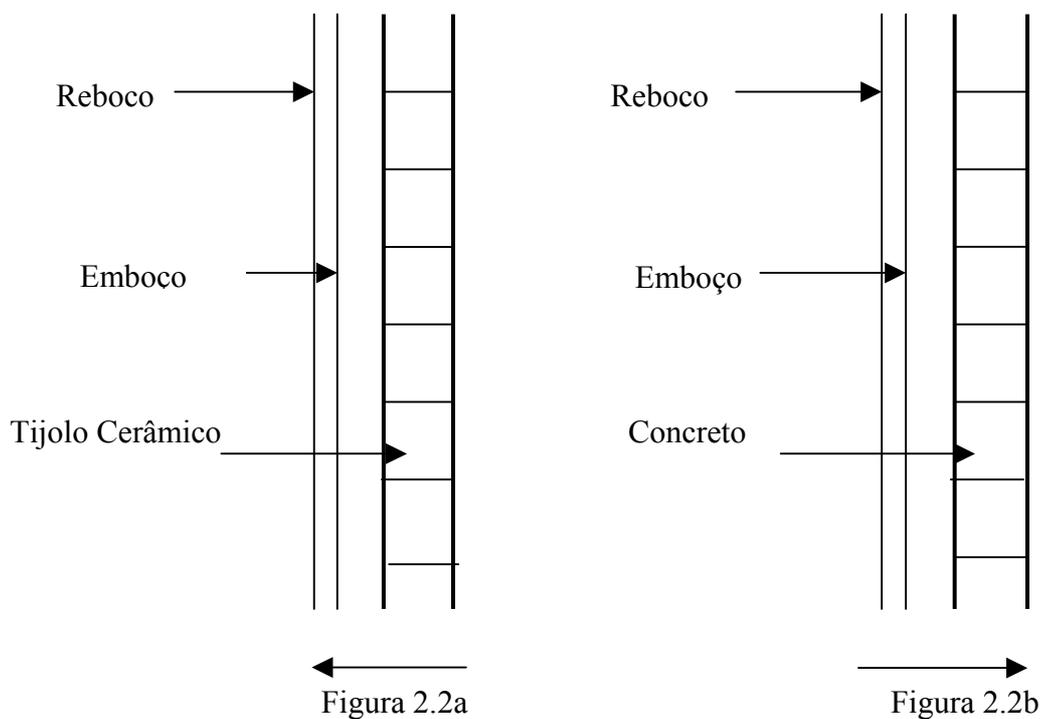


Figura 2.2 - Resistência da argamassa em função do tipo de substrato (Azeredo, 1990).

A plasticidade da argamassa deve ser moderada, a granulometria da areia a ser utilizada deve ser sempre média para obter a porosidade necessária para perfeita aderência.

A superfície deverá ser previamente umedecida à aplicação do emboço.

A espessura da camada deve ser de 2,0 a 2,5 cm, havendo necessidade de uma camada mais espessa, o revestimento deve ser feito por etapas, nunca de uma só vez (Thomaz, 1989).

No acabamento deve ser feito desempenho de acordo com o acabamento desejado, uma vez que não será executado o reboco.

2.5 DETALHES EXECUTIVOS QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS

2.5.1 Molhagem das paredes

Vários autores concordam que a mão-de-obra, além de interferir na trabalhabilidade da argamassa e no ritmo de construção, tem grande importância no tratamento da sucção. Pois, certas ações do profissional responsável favorecem, ou não, a resistência e a extensão de aderência, como, por exemplo, molhar ou não molhar a parede antes de revesti-la com argamassa.

Este procedimento deve ser utilizado sempre que a temperatura ambiente for muito elevada e/ou quando a base for demasiadamente absorvente, evitando, assim, a perda da água de amassamento para o substrato.

2.5.2 Preparo das Superfícies

Carasek (1991) comenta que, com relação à capacidade de absorção do substrato, pode existir:

- 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).

Pela NBR 8214 (1983) as superfícies lisas, pouco absorventes ou com 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.

2.5.3 Espessuras das camadas

Existe, na bibliografia mundial, uma grande variação nas espessuras mínimas das camadas de revestimento.

Segundo a NBR 7200 (1982) a espessura do emboço pode variar de 20 a 25 mm.

Já, pelo Projeto de Norma de Revestimentos de Argamassas Inorgânicas de Paredes e Tetos, citado por Mibielli (1994), as espessuras ideais para chapisco são de 3,0 a 5,0mm e, para emboço de 8 a 16 mm.

Pela DIN 18550 - Part 1 (1967), a espessura total do revestimento externo argamassado deve ser em média de 20 mm e, de 15 mm no mínimo. Para as argamassas industrializadas com aditivos hidrófugos estes valores de espessura são definidos em 15 mm e 10 mm.

De acordo com o CSTB. D.T.U. 26.1 (1978), o chapisco deverá ter espessura de 3,0mm e o emboço de 15 a 20 mm para o caso de projeção manual.

Já para a norma inglesa BSI BS 5262 (1976), a espessura do chapisco deverá ser de 3,0 a 5,0 mm e a do emboço de 16 a 30mm.

Pela ASTM C 926 (1986) a espessura do chapisco não tem definição e a do emboço deverá ser de no máximo 19mm.

Segundo Selmo (1989) o chapisco deve ter espessura entre 3,0 a 5,0 mm e, o emboço não deve apresentar espessura superior a 25 mm.

Mibielli (1994) conclui que é possível tomar como espessura média para chapisco um valor que varie entre 3,0 e 5,0 mm e, para emboço entre 15 a 20 mm.

2.5.4 Tempo de cura necessário para as camadas

Mibielli (1994) cita a publicação LE PIASTRELLE CERDISA, que define como uma noite de antecedência o tempo mínimo para a cura do chapisco.

Para Souza (1996), citado por Da Silva (2000), o tempo mínimo para execução do chapisco é de quinze dias após a execução das alvenarias.

Já o emboço, só deve ser aplicado três dias após a execução do chapisco e o reboco, caso seja utilizado, sete dias após o emboço.

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MATERIAIS CONSTITUINTES

Como vimos anteriormente, várias pesquisas tecnológicas correlacionam as principais propriedades das argamassas com os materiais usados na sua produção. Neste trabalho, as argamassas em estudo foram produzidas com cimento portland pozolânico, cal hidratada, areia média, areia fina, água e aditivos.

Cincotto et al. (1995) relacionam as prováveis causas para diversas manifestações de desempenho inadequado dos revestimentos de argamassa. Destas causas, muitas se referem à proporção dos materiais.

2.6.1 Aglomerantes

Aglomerantes são materiais ligantes que servem para solidificar os grãos agregado nas argamassas.

Os aglomerantes mais empregados no Brasil para uso em argamassas de revestimento são o cimento Portland e a cal aérea, sendo importantes, principalmente, por sua composição química e finura.

As propriedades mais importantes conferidas às argamassas são a aderência, a resistência mecânica e a durabilidade.

2.6.1.1 Cimento

O cimento é um aglomerante hidráulico que endurece pela reação com a água.

É utilizado em argamassas pela sua capacidade de resistir à ação da água e, principalmente, por conferir resistência mecânica. Também é o maior responsável pela aderência.

Segundo Carasek (1996) a resistência de aderência é essencialmente atribuída ao cimento. A resistência varia com a idade e com o tipo de cimento, mas pode ser prejudicada pelo excesso de água no amassamento e, pela presença de elementos nocivos como substâncias orgânicas (húmus, limo, folhas, óleo, esgoto, entre outros), sulfatos, cloretos, argila e pó.

A maior responsável pela qualidade do cimento é a sua composição química, mas a finura também é muito importante, pois, quanto maior for, maior será a capacidade aglutinante e, conseqüentemente, maior a resistência.

O cimento ideal para argamassa deve ter pega mais lenta e ganho de resistência ao longo do tempo, para evitar o desenvolvimento de fissuras devido à retração hidráulica ou por secagem.

Segundo Pinto (1986), a retração por secagem é devida ao fenômeno natural de perda de água para o meio ambiente, enquanto que a retração hidráulica é devida a combinações químicas que geram tensões na argamassa.

Os cimentos disponíveis no mercado são normalizados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e podem ser utilizados em obras correntes sem restrições, entre eles estão:

- cimento Portland comum (CP I, e CP I S): cimento de uso geral;
- cimento Portland composto (CP II E, CP II Z, CP IIF): têm adições de escória, pozolana e filler respectivamente;
- cimento Portland de alto-forno (CP III): possui pega mais lenta que os cimentos anteriores, porém alcançando maiores resistências mecânicas em idades mais avançadas;
- cimento Portland pozolânico (CP IV): tem propriedades iguais ao CP III;
- cimento Portland de alta resistência inicial (CP V ARI): atinge altas resistências mecânicas em curto prazo, mas desenvolve muito calor de hidratação.

Bolorino & Cincotto (1997) realizaram ensaios comparativos com cinco tipos diferentes de cimento Portland (CP II E, CP II F, CP III, CP IV e CP ARI RS) e concluíram que as propriedades das argamassas mistas, no estado plástico, não apresentaram diferenças significativas. Quanto ao estado endurecido, entre outras propriedades, a retração por secagem do CP III não levou à formação de fissuras, devido à velocidade de hidratação menor pela presença de escória, enquanto que o CP V ARI RS, que possui velocidade de hidratação acelerada e retração inicial maior, levou à maior formação de fissuras.

A resistência de aderência à tração aumenta gradativamente até atingir um patamar aos 63 dias, para argamassa com cal cálcica, ou aos 91 dias, para argamassa com cal dolomítica, mas o CP III, de modo diferente, apresenta valor inicial menor, mas o crescimento continua até os 182 dias.

Os cimentos que apresentam maior finura podem tornar as argamassas mais trabalháveis, pois influenciam na consistência que é um dos principais fatores da trabalhabilidade das argamassas, RILEM-MR-3, citado por Tristão (1995).

A retenção de água também é influenciada pela finura do aglomerante pois, a retenção de água acha-se intimamente relacionada com a área específica das partículas e quanto mais fino um cimento maior a sua área específica.

Carneiro (1993) salienta que a retenção de água é proporcional ao teor de finos que é influenciada pela finura do cimento, e acrescenta que a retração da argamassa aumenta com o teor de finos, em idades superiores a 24 horas, e coloca como alternativa a utilização da cal hidratada que aumenta a retenção de água.

As argamassas apresentam um aumento da resistência inicial e uma diminuição da permeabilidade à água quando se aumenta o teor relativo de cimento. Porém, há um aumento também da retração por secagem.

Segundo Martinelli (1989) a diminuição da permeabilidade se dá em função de que uma maior dosagem de cimento implica num aumento da massa específica aparente no estado fresco das argamassas e conseqüentemente no estado endurecido.

Sabatinni (1986) evidencia o emprego de cimentos de diferentes classes de resistência que irão produzir variações nas resistências mecânicas das argamassas, mas, no entanto, com pouca influência na trabalhabilidade e na resiliência. O autor também comenta que os cimentos de endurecimento mais lento podem produzir argamassas mais resilientes, além de evitar o desenvolvimento de fissuras devido à retração hidráulica ou por secagem.

Vargas & Comba, citados por Selmo (1989), constataram que também nas argamassas mistas de cal e cimento, a resistência à compressão depende da relação água/cimento.

Sinha, citado por Tristão (1995), ao avaliar a influência da areia na resistência da argamassa encontrou uma correlação muito forte entre a resistência mecânica da argamassa com a relação água/cimento utilizada na produção da mesma, conforme figura 2.3.

Porém, para as argamassas de revestimento, altas resistências mecânicas implicam na redução da capacidade de deformação e prejuízo para a resistência ao impacto (baixa resiliência) e até a aderência.

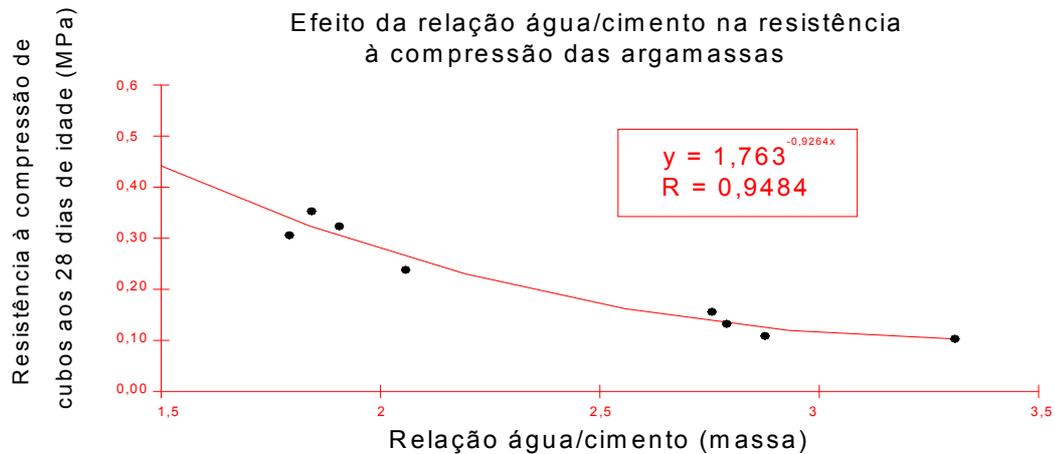


FIGURA 2.3 - Correlação da resistência à compressão e relação água/cimento
 Fonte: Tristão, 1995.

2.6.1.2 Cal

A cal é um aglomerante aéreo que endurece por secagem e reação com o anidrido carbônico presente no ar.

Sua utilização em revestimentos traz algumas vantagens, pois possui, devido à sua finura, importantes propriedades plastificantes e de retenção de água. As propriedades plastificantes permitem que a argamassa preencha mais fácil e completamente toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência. A retenção de água evita a brusca retração por secagem da argamassa, pois esta cede água para a alvenaria de forma gradativa, evitando fissuras e contribuindo para durabilidade (Carasek, 1996).

A cal também é responsável pela capacidade do revestimento em absorver deformações e, por evitar a entrada de água do exterior para o interior da edificação.

As moléculas de água adsorvidas pelas moléculas de cal funcionam como “lubrificante” no interior da massa endurecida, aumentando o poder de acomodação do elemento construtivo às deformações impostas (Módulo 7 do DTC, 1997).

Segundo Pinto (1986) o aumento da compacidade durante a reação de carbonatação, pelo desenvolvimento dos cristais de carbonato de cálcio, serve para obstruir os vazios da argamassa e, assim, reduzir a penetração da umidade.

A composição química da cal pode influenciar certas propriedades das argamassas como a plasticidade e a aderência. Em função do teor de óxido de cálcio, as cales podem se classificar em:

- cálcicas: teor de óxido de cálcio superior a 90%;
- magnesianas: teor de óxido de cálcio entre 65% e 90%;
- dolomíticas: teor de óxido de cálcio inferior a 65%.

De acordo com Morales & Benini (1997) as cales magnesianas, quando completamente hidratadas, são mais plásticas do que as cálcicas.

Para Carasek (1996) à medida que se aumenta a porcentagem de magnésio, há também um aumento na capacidade de aderência da argamassa.

Tal fato pode ser observado no estudo de Bolorino & Cincotto (1997), onde a cal do tipo CH III (dolomítica) obteve melhor desempenho em relação à aderência do que a cal do tipo CH I (cálcica), inclusive em relação à retração por secagem.

Devido às propriedades conferidas, pode-se dizer que a qualidade da cal depende, principalmente, de dois fatores:

a) Finura adequada

A cal é composta por partículas muito finas, às maiores são resíduos de extinção ou impurezas. A quantidade de resíduos pode ser determinada por peneiramento após a hidratação, e não deve ser superior a 15%.

b) Composição química

A cal deve possuir um teor de óxidos totais (cálcio mais magnésio) mínimo de 88%. O restante se refere a resíduos insolúveis, como silicatos, argilo-minerais e quartzo, sendo desejável que esse teor não ultrapasse 10%. A presença desses resíduos pode ser acusada com adição de ácido clorídrico que, quando provoca efervescência, indica alto teor de carbonatos, ou seja, cal não hidratada.

Quando a cal não atende a esses requisitos, ela não está em conformidade com as normas técnicas, e tem o seu poder aglomerante diminuído, necessitando de quantidades elevadas para obter o mesmo volume de argamassa (Cozza, 1997).

Ainda segundo Cozza (1997) existe um grande índice de desconformidade das cales nacionais, há produtos que chegam a apresentar resíduos insolúveis de 40% a 80%. Isso significa que, numa cal com 80% de resíduos insolúveis, apenas 20%, são realmente cal.

Rosello, citado por Tristão (1995), indica que a tensão superficial da pasta aglomerante é diminuída com o uso da cal melhorando assim a coesão interna.

Sabattini (1986) comenta que a retenção de água de uma argamassa é melhorada com o aumento do teor de cal, pois esta, além de possuir grande área específica, apresenta em seus cristais, grande capacidade adsortiva, de até 100% do seu volume. Apresenta, ainda, um quadro de variação nas propriedades das argamassas com o teor de aglomerantes, quadro 2.4.

Observa-se, neste quadro, que as propriedades de trabalhabilidade, plasticidade e retenção de água são influenciadas favoravelmente com o aumento do teor relativo de cal, bem como a capacidade da argamassa de absorver deformação.

QUADRO 2.4 - Variação das propriedades da argamassa com a alteração da composição relativa de cimento e cal

Propriedade	Aumento na proporção de cal no aglomerante	
Resistência à compressão	Decresce	
Resistência à tração	Decresce	
Capacidade de aderência	Decresce	Propriedades Melhoradas com maior teor relativo de cimento
Durabilidade	Decresce	
Impermeabilidade	Decresce	
Resistência a altas temperaturas	Decresce	
Resistências iniciais	Decresce	
Retração na secagem inicial	Cresce	
Retenção de água	Cresce		Propriedades Melhoradas com maior teor relativo de cal
Plasticidade	Cresce	
Trabalhabilidade	Cresce	
Resiliência	Cresce	
Módulo de elasticidade	Decresce	
Retração na secagem reversível	Decresce	
Custo	Decresce	

Fonte: Sabattini, 1986.

Cincotto (1989) analisando as propriedades das argamassas mistas de cal e cimento chegou a resultados cujas análises permitiram concluir, dentre outras, que:

- A cal dolomítica apresentou melhor retenção de água do que a cal de alto-cálcio e, que um aumento significativo da retenção de água das argamassas só é conseguido à custa de adições elevadas de cal, pelo menos em volume iguais ao volume de cimento;
- A mistura cimento/areia apresenta baixa retenção de água comparativamente às misturas contendo cal;

- A retenção de água de argamassas mistas 1:1:6 e 1:2:9 são praticamente iguais no caso de cales com elevada retenção de água, e significativamente diferentes no caso de cales com baixa retenção de água;
- A absorção de água e o volume de vazios permeáveis decrescem com a adição de pequenos volumes de cal; para teores elevados, a absorção e o volume de vazios aumenta significativamente em cerca de 1,2 vezes;
- A massa específica das argamassas acompanha o inverso da evolução do volume de vazios, sendo maior no caso de pequena adição de cal;
- O módulo de deformação longitudinal das argamassas decresce, forte e continuamente, à medida que aumenta o volume de cal;
- A resistência à tração e a compressão aumentam com pequenos volumes de cal; com volumes mais elevados as resistências decrescem significativamente.

Cincotto (1989) salienta, também, que em uma argamassa com grande consumo de aglomerante, a retenção de água é elevada independentemente do teor de cal e que para argamassas com menores consumos, a retenção de água melhora com o aumento da relação cal/cimento.

Guimarães & Cincotto (1985) apresentam como o mais importante predicado da cal, sua capacidade de comunicar às argamassas uma resistência maior à penetração de água.

Oliveira (1959) analisando a permeabilidade de várias argamassas concluiu que, ainda que a cal não possa ser responsabilizada pela impermeabilidade de uma argamassa, a relação material ativo/material inerte apresenta uma correlação com a permeabilidade, e que esta aumenta com a diminuição da relação citada. O autor também conclui que a relação cimento/areia esboça uma proporcionalidade inversa com a permeabilidade.

Analisando os resultados por ele obtidos, verifica-se que a argamassa com traço 1:6:12 apresentou sensível redução na permeabilidade quando comparada com a argamassa com traço 1:2:12, vindo de encontro, também, com Martinelli (1989) que indica uma redução substancial na tendência de percolação de água em argamassas mistas com elevada dosagem de cal.

Como a cal aumenta a plasticidade da argamassa, e este aumento tem influência direta na capacidade de espalhamento da argamassa sobre uma superfície, deduz-se que a cal melhora a extensão de aderência das argamassas. Esta extensão de aderência resulta na durabilidade adequada do revestimento, além do que, com o aumento da capacidade de deformação, as argamassas contendo cal ficam menos sujeitas a fissuras.

Outro aspecto na durabilidade do revestimento em função da utilização da cal na argamassa é o restabelecimento autógeno. Este é o restabelecimento de minúsculas fissuras devido a recarbonatação da cal com os ciclos de umedecimento e secagem.

Porém, Selmo (1989) observa que a extensão de aderência dos revestimentos, no caso de aplicação manual, não ocorre em caráter contínuo e homogêneo.

Guimarães et al. (1985), avaliando a evolução da recarbonatação, resistência de aderência e microestrutura em argamassas de cal, chegaram as seguintes conclusões:

- A partir do assentamento, à medida que aumenta a perda de água de amassamento, aumenta o grau de recarbonatação (em relação ao anidrido carbônico máximo teórico), sendo ao sétimo dia de cura já bastante elevado, cerca de 68 % para as argamassas com cal hidratada cálcica e 39 % para as argamassas com cal hidratada dolomítica. Concluem ainda que esta diferença é devido a recarbonatação atingir primeiramente o hidróxido de cálcio e só após vários meses o hidróxido de magnésio;
- Após o sétimo dia e até 358 dias, não houve aumento significativo dos componentes carbonáticos das argamassas;
- Nas argamassas com cal hidratada dolomítica estão presentes macro-cristais, enquanto que na argamassa com cal hidratada cálcica, a pasta é constituída exclusivamente por micro-cristais e que este aspecto influi na resistência mecânica. A resistência de aderência por tração foi maior nos revestimentos com cal dolomítica do que com cal cálcica.

Selmo (1989) avaliando a influência da natureza e dosagem dos materiais sobre a resistência mecânica dos revestimentos salienta que, em princípio, a adição de cal nas argamassas aumenta a capacidade de deformação, que poderá absorver melhor as cargas de impacto do que os revestimentos de alta resistência, com baixos teores de cal ou nenhuma adição de cal. As argamassas de baixo consumo de aglomerante, com excesso de cal ou de areia fina podem diminuir a resistência à abrasão dos revestimentos.

2.6.2 Agregado Miúdo - Areia

Agregados são substâncias constituídas por grãos minerais estáveis e inertes em relação à água e aos aglomerantes (Verçoza, 1991).

O agregado mais utilizado em argamassas é a areia de rio, agregado miúdo com dimensão máxima até 4,8 mm.

As principais funções da areia nas argamassas são:

- Redução do consumo de aglomerante, pois permite o preenchimento completo de vazios;
- Resistência a esforços de compressão, sendo que a adição de areia à pasta pode aumentar a resistência de 4 MPa. para até 30 MPa.;
- Diminuição da retração da argamassa.

No entanto, para que os agregados cumpram adequadamente suas funções, é necessário que possuam uma granulométrica contínua.

Segundo Carneiro & Cincotto (1997) uma areia de granulometria contínua tem menor índice de vazios, o que leva a um menor consumo de aglomerantes.

Para Bauer et al. (1997) o uso de areias com curvas adequadas e teores não tão altos de materiais finos, passantes na peneira 200, diminui a demanda de água nos traços, reduzindo o índice de fissuração por retração. Desta forma, o teor de finos de areia deve ser limitado em função do traço de argamassa, ou seja, argamassas ricas em cimento e cal devem ter a parcela de finos de areia controlada.

Para o controle da relação areia/finos Selmo, citada por Bauer et al.(1997), propõe um parâmetro de controle de retração e da trabalhabilidade, conhecido como Parâmetro D.

$$D = \frac{\text{areia (fração } > 0,075)}{(\text{cimento} + \text{cal} + \text{fração } < 0,075)}$$

FIGURA 2.4 – Fórmula para obtenção do parâmetro D.

Fonte: Bauer et al., 1997.

De acordo com esse parâmetro, aumentando-se a relação areia/finos, a possibilidade de retração, com fissuramento, é diminuída.

De acordo com Carasek (1996), o aumento do teor de areia reduz a resistência de aderência, mas garante a durabilidade da aderência pela redução da retração. No entanto, para se alcançar bons resultados, a areia deve possuir uma distribuição granulométrica contínua, pois areias muito finas podem obstruir os poros da base, tomando o lugar dos produtos de hidratação do cimento e prejudicando a aderência. Afirma ainda, que quanto maior o módulo de finura das areias, desde que produzam argamassas trabalháveis, maior a resistência de aderência obtida.

São atribuídas à areia as funções de redução dos custos e também a de conferir às argamassas propriedades que a pasta não possui.

Azeredo (1978) comenta que a adição do agregado miúdo à pasta, no caso das argamassas mistas de cal e cimento, barateia o produto pois diminui o consumo de cimento e cal, além de eliminar em parte as modificações de volume e facilitar a passagem de anidrido carbônico do ar necessário na recarbonatação do hidróxido de cálcio.

Cowper, citado por Tristão (1995), também descreve que a areia é usualmente mais barata do que os aglomerantes que entram na mistura e, portanto, é mais econômico introduzir uma alta proporção de areia na mistura e, que a proporção limite deve ser determinada em função das propriedades exigidas para a argamassa. Acrescenta ainda que, a areia reduz os movimentos de retração da argamassa e que as areias bem graduadas podem ser usadas em maior quantidade do que as areias mal graduadas.

Muitos autores têm escrito sobre a influência da areia nas propriedades das argamassas, sendo exemplos, Selmo (1986) e Sabattini (1986).

QUADRO 2.5 - Influência das características granulométricas da areia nas propriedades das argamassas de assentamento

Propriedades	Características da areia		
	Quanto menor o módulo de finura	Quanto mais descontínua for a granulometria	Quanto maior teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável *	Melhor
Resiliência	Variável *	Pior	Pior
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	Variável *
Porosidade	Variável *	Aumenta	Variável *
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistências	Variável *	Pior	Variável *
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável *

Fonte: Sabattini, 1986.

- Variável – quando não existe uma influência definitiva ou quando esta influência depende de outros fatores.

Rosello, citado por Tristão (1995), considera que os fatores que interferem na trabalhabilidade das argamassas são as relações água/aglomerante, agregado/aglomerante e a granulometria da areia.

Cincotto et al. (1995) consideram que a trabalhabilidade é alterada, de forma positiva, à medida que decresce o módulo de finura do agregado, mantém-se a continuidade da granulometria e decresce o teor de grãos angulosos.

Selmo (1989) comenta que o índice de vazios da areia e a área específica dos grãos são características que se relacionam diretamente com o consumo de aglomerantes e água de amassamento. Ainda conclui que, as areias de granulometria contínua apresentaram pequenos volumes de vazios.

Martinelli (1994) salienta que a quantidade de água de amassamento depende apenas do tipo (módulo de finura) e da quantidade de areia presente na argamassa. Mas, acrescenta que também a forma dos grãos influirá na trabalhabilidade, na medida em que facilitem ou dificultem a rolagem entre as partículas. Este autor apresenta uma tabela que demonstra a influência do agregado miúdo na retenção de água da argamassa onde, a retenção de água aumenta com a diminuição do módulo de finura do agregado, com pouca influência da relação agregado/aglomerante.

Selmo (1989), cita um trabalho de Szilag'yi onde explica que a área específica dos agregados é relativamente pequena, de modo que, salvo havendo um teor significativo de argila, os aglomerantes são os principais responsáveis pela capacidade de retenção de água das argamassas.

A influência da areia sobre a retração das argamassas é marcante na medida em que, a granulometria do agregado define o volume de vazios, que por sua vez determina o volume de pasta necessário e, com isto, o potencial de retração da argamassa.

Oliveira (1989) descreve que a areia atua como um esqueleto sólido que evita, em parte, as variações volumétricas, e sugere uma areia com granulometria que possibilite uma estrutura compacta e que tenha menor superfície específica, pois, isto vem diminuir o volume de pasta na argamassa.

Joisel, citado por Tristão (1995), também recomenda utilizar uma areia de granulometria contínua.

Selmo (1989) descreve que a utilização de areia fina pode melhorar a resistência de aderência de uma argamassa quando aplicada em substratos de baixa absorção de água capilar.

Cincotto et al. (1995) também comentam que ao contrário da retração, a aderência da argamassa é influenciada favoravelmente pela granulometria fina do agregado.

Selmo (1989) analisando a influência dos materiais sobre a resistência mecânica dos revestimentos salienta que os finos de natureza argilosa são prejudiciais ao endurecimento e

consolidação dos revestimentos e, desta forma, quando se apresentam em teor excessivo na areia, podem prejudicar, principalmente, a resistência ao desgaste superficial. Descreve, também, que as argamassas de baixo consumo de aglomerante, com excesso de cal ou de areia fina podem diminuir a resistência à abrasão dos revestimentos.

Assim como no concreto, a relação água/cimento é a grande responsável pela resistência mecânica das argamassas. Como a quantidade de água de amassamento, conforme descrito anteriormente, relaciona-se diretamente com o índice de vazios e a área específica dos grãos, deduz-se que a composição granulométrica e forma dos grãos são as principais propriedades das areias que interferem nas resistências mecânicas das argamassas.

Martinelli (1989) apresenta uma tabela na qual estabelece que, indiretamente, as argamassas que apresentam as melhores condições de estanqueidade são aquelas que apresentam maior massa específica, maior retenção de água e menor retração. Completa a análise de que, como tendência, os agregados de maior módulo de finura constituem argamassas mais estanques.

A composição granulométrica da areia regula a água de amassamento das argamassas. A fração granulométrica do agregado miúdo abaixo da peneira ABNT 0,075 mm, é denominada de material pulverulento e, não estando presente em excesso, pode melhorar a trabalhabilidade das argamassas (Landi, 1987).

Ainda segundo Landi (1987), os finos de natureza argilosa são poderosos plastificantes, porém, em teor excessivo, requerem uma maior quantidade de água de amassamento, podendo provocar fissuras por retração na secagem do revestimento.

Para Selmo (1986) a granulometria deve ser contínua e regular, para que o volume de vazios a ser preenchido pela pasta seja menor e, conseqüentemente, seja menor o teor de pasta da argamassa, o que leva a uma menor retração potencial da mistura. A retração da pasta nas primeiras 24 horas é controlada pela retenção de água da argamassa, que, por sua vez, é conseguida com a utilização de areia bem graduada, de modo a formar um volume de vazios da ordem de 33%, com adição de cal ou de aditivo incorporador de ar.

Murray (1983) conclui que em substratos de baixa absorção de água por capilaridade pode ser melhorada a resistência de aderência pela utilização de areia fina, embora o uso de aditivo retardador de pega na argamassa possa ser mais eficiente neste caso.

De acordo com o Projeto de Norma 02:102.17 (1995) – Procedimento, citado por Mibielli (1994), as areias muito finas requerem mais água para uma boa trabalhabilidade. Muita água leva a uma perda de resistência mecânica, que pode ser evitada, reduzindo-se o teor de areia quando o teor de finos é elevado.

Segundo Selmo (1986) os agregados miúdos nas argamassas desempenham além da função tecnológica, uma função econômica. Econômica, porque sendo usualmente materiais de menor preço que os aglomerantes, contribuem para diminuir o custo das argamassas, podendo ainda influir sobre a qualidade final dos revestimentos, o que também se traduz em economia. Tecnológica, pois devem contribuir, na medida do possível, para otimizar as propriedades das argamassas, a durabilidade e textura final dos revestimentos.

Ainda segundo Selmo (1986), as principais propriedades de revestimento influenciadas pelos agregados miúdos são: trabalhabilidade, retração por secagem e resistência de aderência. Por outro lado, as principais propriedades dos agregados miúdos, que influenciam o desempenho das argamassas de revestimento são: composição química e mineralógica, características geométricas dos grãos e composição granulométrica.

Quanto à composição química e mineralógica os agregados miúdos devem se constituir, essencialmente, por grãos minerais inócuos, isto é, grãos não sujeitos a processo de alteração que possa provocar vesículas, manchas, perda de resistência ou aderência dos revestimentos.

Em relação às características geométricas dos grãos pode-se afirmar que grãos angulosos dificultam a trabalhabilidade, mas proporcionam superfícies mais ásperas, que são próprias para chapiscos e emboços. Grãos arredondados, que possuem menor superfície específica e atrito interno que os grãos angulosos, conferem melhor trabalhabilidade e compactidade às argamassas. No caso de grão de mica a forma lamelar pode provocar a perda de aderência ou esfoliamento do revestimento.

Segundo o Projeto de Norma 02:102.17 (1995) – Procedimento, citado por Mibielli (1994), a granulometria apropriada do agregado é a seguinte:

a) Agregado miúdo para argamassa de chapisco:

- Não deve apresentar mais que 5% de porcentagem retida acumulada na peneira ABNT de 9,5 mm;
- Deve apresentar entre 5% e 25% de porcentagem retida acumulada na peneira ABNT de 4,8 mm;
- Deve apresentar não menos do que 85% de porcentagem retida acumulada na peneira ABNT de 0,15 mm;

b) Agregado miúdo para argamassa de emboço:

- Não deve apresentar mais do que 1% de percentagem retida acumulada na peneira ABNT de 9,5 mm;
- Deve apresentar entre 5% e 25% de percentagem retida acumulada na peneira ABNT de 4,8 mm;
- Deve apresentar não menos do que 85% de percentagem retida acumulada na peneira ABNT de 0,15 mm;

c) Agregado miúdo para argamassa de reboco:

- Deve apresentar ausência de grãos retidos na peneira ABNT de 4,8 mm;
- Deve apresentar não mais do que 5% de percentagem retida acumulada na peneira ABNT de 2,4 mm;
- Deve apresentar não menos do que 75% de percentagem retida acumulada na peneira ABNT de 0,15 mm;

Já, segundo a DIN 18550 Parte 1, citada por Mibielli (1994), o maior tamanho do grão, que deve estar presente na areia em cerca de 10% em peso, depende da finalidade do emprego da argamassa. As areias para aplicação de chapisco devem apresentar a maior parte possível de grãos grossos. As seguintes granulometrias de areia deram bons resultados para revestimento de paredes externas:

- a) Chapisco: 0,7 mm;
- b) Emboço: 0,5 mm;
- c) Reboco: 0,3 até 0,7 mm ou mais grosso.

Segundo Selmo (1986), quanto maior o módulo de finura do agregado, maior é a fração de grãos graúdos e, mais áspera a textura que pode conferir aos revestimentos de argamassa. Desta forma, indicam-se as areias grossas para chapisco, às médias para emboço e as finas para reboco. Para massa única, uma mistura de areia média com fina pode resultar numa granulometria apropriada.

Ainda segundo Selmo (1986) os agregados podem também ser classificados conforme o seu módulo de finura, de acordo com o quadro 2.6.

QUADRO 2.6 – Classificação dos agregados de acordo com o seu módulo de finura

AREIA	MÓDULO DE FINURA
Grossa	MF > 3,00
Média	2,00 ≤ MF ≤ 3,00
Fina	MF < 2,00

Fonte: Selmo, 1986

Já a ASTM 897-83, citada por Mibielli (1994), não recomenda a utilização de agregados miúdos em argamassas de revestimento, com mais de 25% em peso de material retido entre as peneiras de abertura 0,30 e 0,15 mm e que, o agregado não tenha mais de 50%, em peso, retido entre duas peneiras consecutivas.

Numa análise comparativa de diversas normas, Selmo (1986), mostra que todas as especificações fixam valor máximo para teor de materiais pulverulentos (em torno de 5%), bem como para o teor de matéria orgânica, que avaliam pelo método colorimétrico.

Segundo a NBR 7211/83, os limites granulométricos dos agregados miúdos podem ser definidos como mostra a tabela 2.1.

TABELA 2.1 – Limites granulométricos de agregado miúdo

Peneira ABNT	Percentagem, em peso, retida acumulada na peneira ABNT, para a			
	Zona 1 (muita fina)	Zona 2 (fina)	Zona 3 (média)	Zona 4 (grossa)
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8 mm	0 a 5 (A)	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4 mm	0 a 5 (A)	0 a 15 (A)	0 a 25 (A)	5 (A) a 40
1,2 mm	0 a 10 (A)	0 a 25 (A)	10 (A) a 45 (A)	30 (A) a 70
0,6 mm	0 a 20	21 a 40	45 a 65	66 a 85
0,3 mm	50 a 85 (A)	60 (A) a 88 (B)	70 (A) a 92 (A)	80 (A) a 95
0,15 mm	85 (B) a 100	90 (B) a 100	90 (B) a 100	90 (B) a 100

Fonte: NBR 7211/83.

(A) Pode haver tolerância de um máximo de 5 unidades de por cento em um só dos limites marcados com a letra A ou distribuídos em vários deles.

(B) Para agregado miúdo resultante de britamento este limite poderá ser 80.

2.6.3 Aditivos

Segundo o Projeto de Norma 18:06.05-001 (1986), citado por Da Silva (2000), aditivos são produtos adicionados em pequena quantidade em pastas, argamassas e concretos de cimento portland, no momento da mistura, com a finalidade de modificar algumas de suas propriedades, tanto no estado fresco como no endurecido.

Os aditivos são substâncias químicas que modificam propriedades físicas, estando sujeitos a reações com os diversos componentes das argamassas e às alterações de desempenho provocadas por fatores, tais como temperatura, concentração e tempo decorrido após a adição (Mibielli, 1994).

Para Carasek & Campagnollo (1990), alguns aditivos além de prejudicarem o desempenho das argamassas endurecidas no que diz respeito à aderência, não cumprem também seu papel na argamassa fresca, não proporcionando boa trabalhabilidade às mesmas.

John et al. (1993), fazendo ensaios comparativos entre duas argamassas aditivadas e duas argamassas mistas de cal, concluíram que “a substituição de cal hidratada por aditivos, na maioria das vezes, reduz a resistência de aderência. A substituição pura e simples da cal hidratada por aditivo em traço frequentemente empregado em obras, como o 1:2:9, pode resultar resistência de aderência menores que o mínimo recomendado pelo DTU 26.1 (1990), dependendo do elemento de alvenaria e do aditivo.”

Ainda concluem que, “Os aditivos não podem ser encarados como substitutos da cal hidratada na confecção de argamassas de revestimento, pois produzem argamassas com comportamento diferente das argamassas mistas de cimento e cal. Em várias situações a substituição da cal hidratada por aditivo, mantida a relação cimento/areia, leva a resultados tecnicamente inadequados.”

As principais interações que o usuário deve conhecer no instante da aplicação de um aditivo químico são: “aditivo/argamassa” quanto mais de um produto é incorporado na massa e, “aditivo/cimento”. Isto porque o mesmo aditivo pode ter comportamento completamente adverso para cada combinação com os diferentes cimentos comerciais disponíveis. As características dos cimentos que mais influem sobre o desempenho destas substâncias químicas são os teores de álcalis e sulfatos e a finura de moagem, (Bucher, 1988).

Para Mibielli (1994) o uso de aditivos requer um conhecimento profundo de suas propriedades, efeitos, desvantagens e conveniências. Por isso é necessário que se conheça o seu desempenho ao longo dos anos e a capacidade de aderência das argamassas, com eles, confeccionadas.

Existe, em Porto Alegre, uma variedade aceitável de aditivos destinados a argamassas de revestimento, no entanto, suas reais propriedades e o efeito que estas provocam nas argamassas são muito pouco conhecidos.

3 ESTUDO COMPARATIVO DE TRAÇOS DE ARGAMASSA UTILIZADAS PARA REVESTIMENTOS

3.1 METODOLOGIA UTILIZADA PARA OBTENÇÃO DOS TRAÇOS ESTUDADOS

Sabe-se que as argamassas de revestimentos resultam com propriedades que dependem, principalmente, da proporção e natureza dos materiais constituintes, e de sua interação com a base do revestimento.

Porém, conforme visto, os conceitos tecnológicos existentes sobre o assunto explicam apenas alguns aspectos do comportamento do material, sendo restritas as pesquisas sobre os parâmetros de dosagem determinantes das propriedades das argamassas e, particularmente, de revestimentos.

Desta forma, realizou-se um estudo comparativo, com o objetivo principal de analisar a influência da variação dos traços e materiais empregados nas propriedades das argamassas de revestimento utilizadas, hoje, em Porto Alegre.

Para a definição dos traços a serem estudados, foi realizado um levantamento em doze construtoras da cidade de Porto Alegre. Este levantamento consistiu de uma entrevista verbal com o responsável técnico pela empresa, onde este respondia a uma única pergunta. “Qual o traço e materiais componentes das argamassas de revestimento que eram utilizados em suas obras correntes?”. Posteriormente, foi realizada uma visita ao canteiro de obras para confirmação dos traços e visualização da forma de mistura.

Feito o levantamento foram escolhidos seis traços. Sendo quatro entre aqueles que apresentaram maior índice de utilização (traços I, II, III e IV) e dois, entre aqueles que não apresentaram um grande índice de utilização, mais são indicados por fabricantes de aditivos, como tendo um bom desempenho na utilização como argamassas de revestimento (traços V e VI), como mostra o quadro 3.1.

Para argamassas no estado fresco, foram realizados ensaios de consistência que serviram como parâmetro de trabalhabilidade de todas as argamassas estudadas, os resultados encontram-se na tabela 3.5. Foram ensaiadas argamassas no estado endurecido e, revestimentos de uma única camada executados sobre painéis de alvenaria previamente chapiscados.

QUADRO 3.1 – Traços utilizados nos ensaios

TRAÇO	PROPORÇÃO (em volume)	MATERIAIS	OBS.
I	1 : 2 : 9	Ci : Cal : Areia	-
II	1 : 2 : 7	Ci : Cal : Areia	2,5 lt. Sika 1/ 30 lt. H ₂ O
III	1 : 1 : 6	Ci : Cal : Areia	-
IV	1 : 9	Ci : Arg. Pré-Mist.	1,10 m ³ areia/ 100 a 110 kg de cal
V	1 : 1 : 10	Ci : Pozolan : Areia	5 vol. ar. média, 5 vol. de ar. fina
VI	1 : 6	Ci : Areia	250 ml de morter / sc. de cimento; 5 vol. areia média, 1 vol. areia fina

Os corpos-de-prova cilíndricos de argamassa endurecida foram caracterizados quanto a resistência à compressão axial, à tração por compressão diametral e módulo de deformação estática. Já os corpos-de-prova prismáticos foram ensaiados quanto à retração por secagem.

Nos painéis de revestimento foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração por arrancamento, resistência de aderência ao cisalhamento por torção e, absorção de água pelo “Método do Cachimbo”.

3.2 MATERIAIS COMPONENTES DAS ARGAMASSAS

As argamassas estudadas foram confeccionadas com amostras únicas de cimento Portland pozolânico da classe 32, cal hidratada em pó, areia média, areia fina, água e aditivos.

Com esses materiais foram produzidas as seis argamassas determinadas pela pesquisa de campo. Para base dos painéis de revestimentos de argamassa, preparadas com os traços indicados no quadro 3.1, foi utilizada uma parede de alvenaria de tijolos maciços, sem função estrutural, chapiscado com argamassa de cimento e areia grossa, traço 1:3 em volume aparente e consistência bem fluida. O chapisco foi aplicado com antecedência de 7(sete) dias à execução dos revestimentos.

3.2.1 Caracterização dos materiais

Devido à disponibilidade de equipamentos, os ensaios de caracterização dos materiais, utilizados neste trabalho, foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Maria, em analogia as normas da ABNT.

3.2.1.1 Cimento

O cimento utilizado foi o pozolânico CPIV-32, foi feita a opção por este aglomerante, devido à facilidade com que é encontrado e, por ser este o aglomerante mais utilizado nas obras correntes da Grande Porto Alegre. A tab. 3.1 mostra os resultados dos ensaios de caracterização do cimento.

TABELA 3.1 – Resultados dos ensaios de caracterização do cimento

ENSAIO	NORMA (NBR)	RESULTADO
Finura : resíduo na Peneira 0,075 mm	11579	0,79%
Superfície Específica Blaine	7224	443 m ² /kg
Massa Específica	6474	2.830 kg/m ³
Resistência à Compressão (3/7/28 dias)	7215	15,9 / 22,5 / 33,50 MPa
Tempo de Pega	11581	Início : 310 min. Fim: 372 min.

3.2.1.2 Areia

Para realização dos ensaios foram utilizados dois tipos de areia, ambas extraídas, por meio de dragagem, do leito do Rio Guaíba localizado na cidade de Porto Alegre, local onde existem muitas empresas que exploram o comércio da areia. As areias não passaram por nenhum processo de lavagem ou peneiramento antes de sua utilização nos ensaios. Segundo critérios da NBR 7211/83 as areias foram classificadas como média e fina e, denominadas como do tipo A e B respectivamente. A tab. 3.2 e 3.3 mostram os resultados obtidos nos ensaios de caracterização das areias, e a fig. 3.1 e 3.2 mostram suas curvas granulométrica.

TABELA 3.2 – Análise Granulométrica da areia utilizada - tipo A

Peneira (mm)	% Retida	% Retida Acumulada
4,80	0,0	0,0
2,40	0,18	0,18
1,20	14,08	14,26
0,60	28,64	42,90
0,30	50,71	93,61
0,15	5,62	99,23
< 0,15	0,77	-
TOTAL	100,00	250,18
Diâmetro Máximo: 2,4 mm		Módulo de Finura: 2,501

Massa Unitária (NBR 7251): 1.420 kg/m³

Massa Específica Absoluta (NBR 9776) : 2.600 kg/m³

3.2.1.3 Cal

Para os ensaios em questão, foi utilizada cal hidratada marca Primor. Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização constam na tab. 3.4

TABELA 3.4 - Caracterização da cal hidratada utilizada nas argamassas

ENSAIOS	RESULTADO	EXIGÊNCIA-NBR 7175
Finura Retida Acumulada-peneira 0,6 mm	0,41%	≤ 0,5 %
Finura Retida Acumulada-peneira 0,075 mm	18,07%	≤ 15 %
Massa Específica (kg/dm ³)	2,529	-
Massa Unitária Estado solto (kg/dm ³)	0,830	-

3.2.1.4 Pozolana

A pozolana utilizada nesta pesquisa foi um produto que responde pelo nome comercial de “Pozolan”, este produto foi caracterizado quanto a sua massa específica absoluta, e apresentou como resultado 2.323 kg/m³.

3.2.1.5 Impermeabilizante

O sika 1 é um impermeabilizante de pega normal que, dentre as aplicações indicadas por seu fabricante, está sua utilização em argamassas de revestimento.

Segundo especificações fornecidas por seu fabricante, é um líquido amarelo com densidade de 1,05.

3.2.1.6 Incorporador de ar

Morter é um aditivo incorporador de ar que, segundo seu fabricante, fornece as argamassas grande trabalhabilidade, coesão e aderência com melhoria de resistência mecânica e economia de material e mão de obra.

Não foi realizado nenhum tipo de ensaio para caracterização deste material, no entanto, serão apresentadas, a seguir, algumas características físico-químicas fornecidas por seu fabricante.

QUADRO 3.2 – Características físico químicas do Morter

Aspecto	Líquido cor vermelha escura
Densidade a 20° C	1,032 ± 0,002
Viscosidade a 25° C	1,8 cp ± 0,5cp
Solubilidade em água	Total
Solubilidade em solventes	Solúvel em álcool, insolúvel em benzeno e tolueno
Índice de acidez	PH = 10
Teor de cloretos	Isento
Teor de sulfatos	Isento

3.3 OBTENÇÃO DAS ARGAMASSAS

O procedimento de mistura utilizado para obtenção das argamassas foi adotado em conformidade com o processo executado em obra, variando conforme o traço estudado, como descrito abaixo:

3.3.1 Traço I – ci : cal : ar (1:2:9)

- a) Determinação da quantidade, em volume, dos materiais componentes do traço em estudo, necessários para moldagem dos corpos-de-prova;
- b) O agregado utilizado estava em condição de seco ao ar;
- c) Determinação, através da relação água/aglomerante, da quantidade de água necessária para que o traço atinja o índice de consistência desejado, conforme definido na tabela 3.5;
- d) Colocação do agregado e cal na betoneira de eixo inclinado ou no recipiente manual, misturar, adicionar o cimento e realizar nova mistura, por fim, adicionar a água necessária para a obtenção da trabalhabilidade previamente determinada;

Uma vez preparada a argamassa, conforme explicado, procedeu-se à realização da moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, prismáticos, ou dos painéis de revestimento, conforme o caso.

3.3.2 Traço II – ci : cal : ar (1:2:7) + aditivo*

* Sika 1 ⇒ 2,5 litros / 30 litros H₂O

a) Determinação da quantidade, em volume, dos materiais componentes do traço em estudo, necessários para moldagem dos corpos-de-prova;

b) O agregado utilizado estava em condição de seco ao ar;

c) Determinação, através da relação água/aglomerante, da quantidade de água necessária para que o traço atinja o índice de consistência desejado, conforme definido na tabela 3.5;

d) Uma vez determinada a quantidade de água, adicionar a esta, a quantidade de aditivo necessária;

e) Colocação do agregado e cal na betoneira de eixo inclinado ou recipiente manual, proceder a mistura, adicionar o cimento e realizar nova mistura. Por fim, adicionar a água necessária, acrescida do aditivo, para a obtenção da trabalhabilidade previamente determinada;

Uma vez preparada à argamassa, conforme explicado, procedia-se à realização da moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, prismáticos, ou dos painéis de revestimento, conforme o caso.

Traço III – ci : cal : ar (1:1:6)

a) Determinação da quantidade, em volume, dos materiais componentes do traço em estudo, necessários para moldagem dos corpos-de-prova;

b) O agregado utilizado estava em condição de seco ao ar;

c) Determinação, através da relação água/aglomerante, da quantidade de água necessária para que o traço atinja o índice de consistência desejado, conforme definido na tabela 3.5;

d) Colocação do agregado e cal na betoneira de eixo inclinado ou recipiente manual, proceder à mistura, adicionar o cimento e realizar nova mistura, por fim, adicionar a água necessária para a obtenção da trabalhabilidade previamente determinada;

Uma vez preparada à argamassa, conforme explicado, procedia-se à realização da moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, prismáticos, ou dos painéis de revestimento, conforme o caso.

3.3.4 Traço IV - ci : arg* (1:9)

* ⇒ Argamassa pré-misturada contendo 1,10 m³ de areia**, para 100 a 110 kg de cal;

** ⇒ 0,55 m³ de areia média, e 0,55 m³ de areia fina;

a) Determinação da quantidade, em volume, dos materiais componentes do traço em estudo, necessários para moldagem dos corpos-de-prova;

b) O agregado utilizado estava em condição de seco ao ar;

c) Preparo da argamassa de cal, em betoneira de eixo inclinado;

d) Acondicionamento da mistura fresca em sacos plásticos fechados e estocagem destes, em câmara úmida com controle de umidade (em torno de 95%) e temperatura (em torno de 25°C), por 5 dias;

e) Determinação da quantidade de argamassa e cimento a ser misturado necessários para obtenção do volume desejado;

f) Determinação, através da relação água/aglomerante, da quantidade de água necessária para que o traço atinja o índice de consistência desejado, conforme definido na tabela 3.5;

g) Colocação da argamassa e cimento na betoneira de eixo inclinado ou recipiente manual, proceder a mistura adicionando a água necessária para a obtenção da trabalhabilidade previamente determinada;

Uma vez preparada a argamassa, conforme explicado, procedia-se à realização da moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, prismáticos, ou dos painéis de revestimento, conforme o caso.

3.3.5 Traço V - ci:poz*:ar** (1:1:10)

* ⇒ pozolan;

** ⇒ cinco partes de areia média, cinco partes de areia fina.

Obs: Proporção dos materiais indicada pelo fabricante da Pozolan.

a) Determinação da quantidade, em volume, dos materiais componentes do traço em estudo, necessários para moldagem dos corpos-de-prova;

b) O agregado utilizado estava em condição de seco ao ar;

c) Determinação, através da relação água/aglomerante, da quantidade de água necessária para que o traço atinja o índice de consistência desejado, conforme definido na tabela 3.5;

d) Colocação do agregado e pozolan na betoneira de eixo inclinado ou recipiente manual, proceder à mistura, adicionar o cimento e realizar nova mistura, por fim, adicionar a água necessária para a obtenção da trabalhabilidade previamente determinada;

Uma vez preparada a argamassa, conforme explicado, procedia-se à realização da moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, prismáticos, ou dos painéis de revestimento, conforme o caso.

3.3.6 Traço VI - ci:ar (1:9) + aditivo*

* Morter \Rightarrow 250 ml / 50 kg de cimento

Obs: Proporção dos materiais indicada pelo fabricante do aditivo.

a) Determinação da quantidade, em volume, dos materiais componentes do traço em estudo, necessários para moldagem dos corpos-de-prova;

b) O agregado utilizado estava em condição de seco ao ar;

c) Determinar, a partir da quantidade de cimento, a quantidade de aditivo a ser utilizado;

d) Determinação, através da relação água/aglomerante, da quantidade de água necessária para que o traço atinja o índice de consistência desejado, conforme definido na tabela 3.5;

e) Colocação da água na betoneira de eixo inclinado ou recipiente manual, adicionar a esta, a quantidade de aditivo previamente determinado, misturar até a obtenção de uma solução espumosa. Adicionar o cimento e realizar nova mistura, por fim, adicionar o agregado e misturar até que a pasta atinja a trabalhabilidade previamente determinada;

Uma vez preparada a argamassa, conforme explicado, procedia-se à realização da moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, prismáticos, ou dos painéis de revestimento, conforme o caso.

3.4 DEFINIÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS ARGAMASSAS EM ESTUDO

As propriedades, bem como os respectivos métodos de avaliação considerados neste estudo, foram estabelecidos com base nas exigências atuais da normalização para revestimentos, acrescentando-se propriedades de interesse complementar e, optando-se por métodos acessíveis as condições de pesquisa existentes por ocasião do trabalho. O quadro 3.3 resume as propriedades analisadas e os respectivos métodos utilizados.

Os ensaios em painéis de revestimento e dos corpos-de-prova de argamassas no estado endurecido foram realizados aos 28 dias de idade. Com exceção dos ensaios de retração por secagem, que sequeam as idades previstas na NBR 8490.

QUADRO 3.3 – Propriedades estudadas e seus respectivos métodos de avaliação

ENSAIO	NORMA
Consistência	NBR 7215
Resistência à Compressão Axial	NBR 7215
Resistência à Tração por Compressão Diâmetral	NBR 7222
Módulo de Deformação Estática	NBR 8522
Retração por Secagem	NBR 8490
Resistência de Aderência à Tração por arrancamento	NBR 13528
Resistência de Aderência ao Cisalhamento	RILEM MR- 20
Absorção de Água (Método do cachimbo)	Método do CSTC (1982)

3.5 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

As argamassas para realização dos ensaios foram produzidas em betoneiras de eixo inclinado, para revestir os painéis destinados há ensaios de aderência à tração por arrancamento e ao cisalhamento por torção e, manualmente para os demais ensaios, seguindo os passos descritos no item 3.3.

Para que todos os traços obtivessem uma boa trabalhabilidade, o índice de consistência das argamassas foi uma propriedade pré-estabelecida a partir de um dos traços em estudo e, com o auxílio de um pedreiro.

Em vista disto, o índice de consistência das argamassas em estudo variou em torno de 275 ± 10 mm.

3.6 MOLDAGEM DOS CORPOS-DE-PROVA

As moldagens dos corpos-de-prova prismáticos foram realizadas em conformidade com a NBR 8490.

Para moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos, foram utilizados moldes metálicos, com 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Os corpos de prova foram adensados manualmente com auxílio de um soquete metálico, em quatro camadas iguais, recebendo cada camada, 30 golpes moderados do soquete uniformemente distribuídos. Após a última camada era feito o acabamento e os corpos-de-prova eram encaminhados a cura.



FIGURA 3.3 - Moldagem dos corpos-de-prova

3.7 CURA DOS CORPOS DE PROVA

Todos os corpos-de-prova cilíndricos foram curados em câmara úmida com controle de umidade ($\pm 95\%$) e temperatura ($\pm 25^{\circ}\text{C}$), até a data de realização de cada ensaio. Os painéis de revestimento foram curados no ambiente de laboratório, sem cuidados especiais, enquanto os corpos-de-prova prismáticos seguiram as recomendações da NBR 8490.

3.8 ENSAIOS REALIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS

3.8.1 Consistência

Com a finalidade de se obter argamassas com a trabalhabilidade aproximadamente iguais, a consistência foi uma propriedade pré-estabelecida e seu valor deveria ser de 275 ± 10 mm. Os ensaios para determinação da consistência das argamassas foram realizados a partir da NBR 7215.

Neste ensaio, utiliza-se uma forma tronco-cônica de dimensões 8,0 e 12,5 cm de diâmetro e 6,5 cm de altura. A mesa de forma circular possui um diâmetro de 50 cm e pesa 12,0 kg. A altura de queda é de 14 mm.

Após terminada a operação de mistura, preencheu-se o molde com argamassa, em três camadas sensivelmente iguais, socando-se cada uma delas com golpes moderados do soquete, sendo 15 golpes na primeira camada, 10 golpes na segunda e 5 golpes na terceira, uniformemente distribuídos. Em seguida, removeu-se o material que ultrapassou o bordo superior, alisando-se o topo com auxílio de uma colher.

Removeu-se o molde e acionou-se a manivela, fazendo com que a mesa desse 30 quedas em 30 segundos. A seguir, mediu-se, com auxílio de um paquímetro, o diâmetro final pela média das duas medidas ortogonais, em mm. A tabela 3.5 apresenta os resultados obtidos no ensaio de consistência e a figura 3.4 apresenta detalhe do ensaio.

TABELA 3.5 – Valores obtidos no ensaio de consistência e relação água/aglomerante

Traço	Índice de Consistência (mm)	Relação água/aglomerante
I	280	0,89
II	273	0,71
III	280	0,92
IV	275	0,98
V	277	1,88
VI	282	1,95



FIGURA 3.4 – Ensaio de consistência

3.8.2 Resistência à compressão Axial

Este ensaio foi realizado com o objetivo de determinar a resistência à compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos dos diferentes traços de argamassa utilizados neste trabalho.

3.8.2.1 Equipamentos utilizados

- Recipientes para quantificação volumétrica dos traços e amassamento das argamassas;
- Forma cilíndrica com espessura de pelo menos 2mm, diâmetro interno 50 ± 2 mm, e altura 100 ± 5 mm;
- Paquímetro graduado em mm, capaz de medir espessuras de 200 mm;
- Régua metálica de aproximadamente 200 mm de comprimento, não flexível e com um bordo longitudinal biselado de 1 a 2 mm de espessura,
- Prensa Universal, com capacidade de 5 Toneladas.

3.8.2.2 Execução do Ensaio:

- Após moldagem e cura, os corpos-de-prova foram capeados com uma mistura de enxofre a quente, com uma espessura não superior a 2 mm;
- Foram limpos os pratos da prensa, e colocados os corpos-de-prova diretamente sobre o prato inferior da prensa de maneira que ficasse rigorosamente centrado;
- A seguir transmitiu-se uma carga de compressão ao corpo-de-prova, até seu rompimento, numa velocidade de solitação de $2,5 \text{ kgf/cm}^2$, por segundo.

A figura 3.5 detalha o ensaio de resistência a compressão axial.

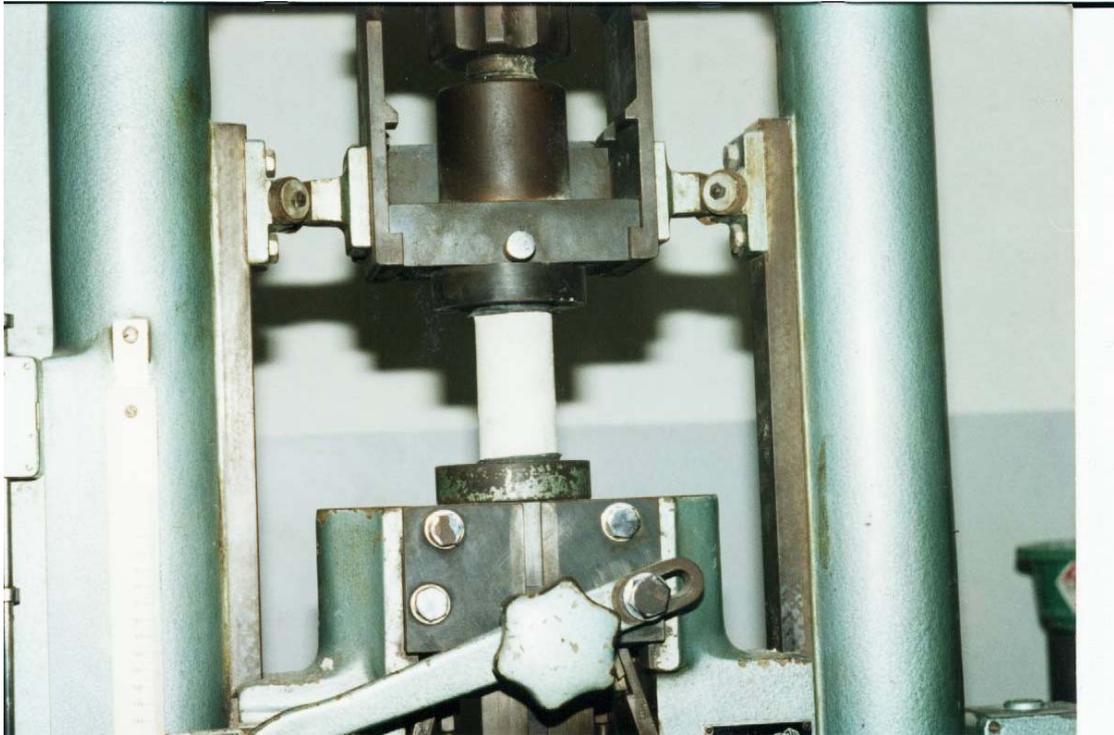


FIGURA 3.5 – Detalhe do ensaio de resistência à compressão axial

A tabela 3.6 apresenta os resultados dos ensaios de compressão axial dos diferentes traços de argamassa ensaiados.

TABELA 3.6 – Resultados obtidos nos ensaios de compressão axial

Traço	Corpo-de-prova	Resistência (MPa)	Resistência Média (MPa)	Desvio Padrão	Coef. Var. (%)
I	CP 1	1,22	1,43	0,210	14,72
	CP 2	1,64			
	CP 3	1,42			
II	CP 1	2,16	2,22	0,089	4,01
	CP 2	2,31			
	CP 3	2,17			
III	CP 1	3,95	3,99	0,051	1,27
	CP 2	4,05			
	CP 3	3,97			
IV	CP 1	1,21	1,15	0,053	4,58
	CP 2	1,11			
	CP 3	1,15			
V	CP 1	0,05	0,11	0,026	24,15
	CP 2	0,13			
	CP 3	0,12			
VI	CP 1	1,64	1,48	0,136	9,21
	CP 2	1,40			
	CP 3	1,40			

A figura 3.6 mostra, em detalhe, a forma de ruptura dos corpos-de-prova quando submetidos a esforços de compressão axial.



FIGURA 3.6 – Forma de ruptura dos corpos-de-prova submetidos a compressão axial

3.8.3 Resistência à tração por compressão diametral

Este ensaio tem por objetivo a determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos das argamassas em estudo.

Neste ensaio, o corpo-de-prova é colocado sobre o prato da máquina de compressão, em posição horizontal, repousando segundo uma geratriz.

Em seguida, aplica-se uma força de compressão de maneira progressiva e sem choques sobre o plano diametral do corpo-de-prova, até que se dê a ruptura por separação das duas metades do corpo de prova segundo o plano diametral.

3.8.3.1 Equipamentos utilizados:

Os equipamentos utilizados são os mesmos do ensaio de compressão axial.

3.8.3.2 Execução do Ensaio:

- Após moldagem, os corpos-de-prova foram submetidos a cura em câmara úmida com temperatura e umidade controladas;

- A figura 3.7 detalha o ensaio de resistência à tração por compressão diametral.

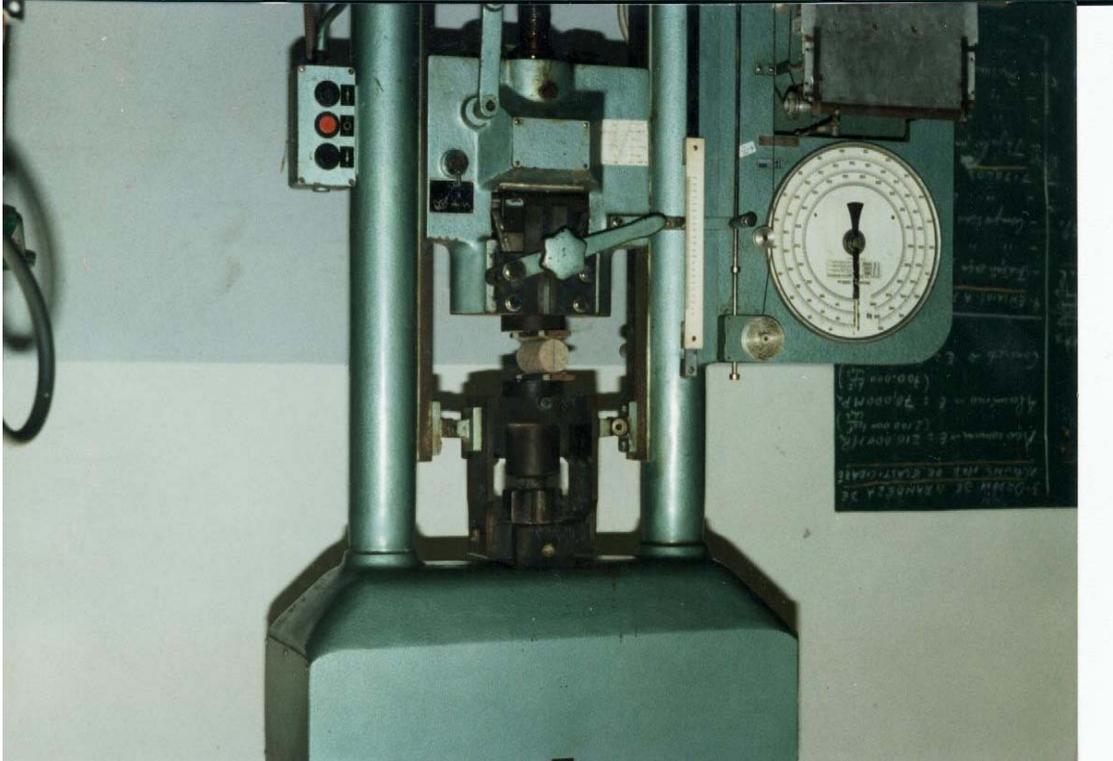


FIGURA 3.7 – Detalhe do ensaio de resistência à tração por compressão diametral

- Aos 28 dias de idade, os corpos-de-prova foram colocados repousando ao longo de uma geratriz sobre o prato da máquina de compressão;

- Entre o prato e o corpo-de-prova em ensaio, foram colocadas duas tiras de madeira compensada, isenta de defeitos, de comprimento igual ao da geratriz do corpo de prova e seção transversal com as seguintes dimensões:

$$b = (0,10 \pm 0,01) d$$

$$h = (0,50 \pm 0,10) \text{ cm}$$

- A seguir, foram ajustados os pratos da máquina para se obter uma ligeira compressão capaz de manter em posição o corpo-de-prova;

- A carga foi aplicada continuamente e sem choque, até a ruptura do corpo-de-prova.

- A tabela 3.7 apresenta os resultados dos ensaios de compressão diametral dos diferentes traços de argamassa ensaiados.

TABELA 3.7 – Resultados obtidos nos ensaios de tração por compressão diametral

Traço	Corpo-de-prova	Resistência (MPa)	Resistência Média (MPa)	Desvio Padrão	Coef. Var. (%)
I	CP 1	0,14	0,1367	0,0075	5,48
	CP 2	0,14			
	CP 3	0,13			
II	CP 1	0,16	0,1567	0,0075	4,78
	CP 2	0,15			
	CP 3	0,16			
III	CP 1	0,48	0,445	0,039	8,76
	CP 2	0,41			
	CP 3	0,45			
IV	CP 1	0,08	0,0812	0,0057	7,02
	CP 2	0,08			
	CP 3	0,09			
V	CP 1	0,006	0,0046	0,0015	32,69
	CP 2	0,0039			
	CP 3	0,0038			
VI	CP 1	0,20	0,2200	0,0235	10,67
	CP 2	0,24			
	CP 3	0,21			

3.8.4 Módulo de deformação Estática

Módulo de deformação é definido como a relação entre a tensão normal e a correspondente deformação.

Este ensaio tem o objetivo de determinar o módulo de deformação longitudinal de corpos-de-prova cilíndricos dos diferentes tipos de argamassa de revestimento ensaiados, sob carregamento estático, à compressão axial simples.

O carregamento escolhido foi o Tipo II - Módulo Secante.

3.8.4.1 Equipamentos utilizados:

- O aparelho utilizado para medir deformação foi o LVDT, com sensibilidade mínima de 10^{-5} de deformação específica e erro relativo máximo inferior a 1%;

- A aplicação de carga contínua e sem choques, foi feita através de prensa Universal, com capacidade de 5 toneladas.

A figura 3.8 mostra o equipamento utilizado para realização do ensaio do módulo de elasticidade.

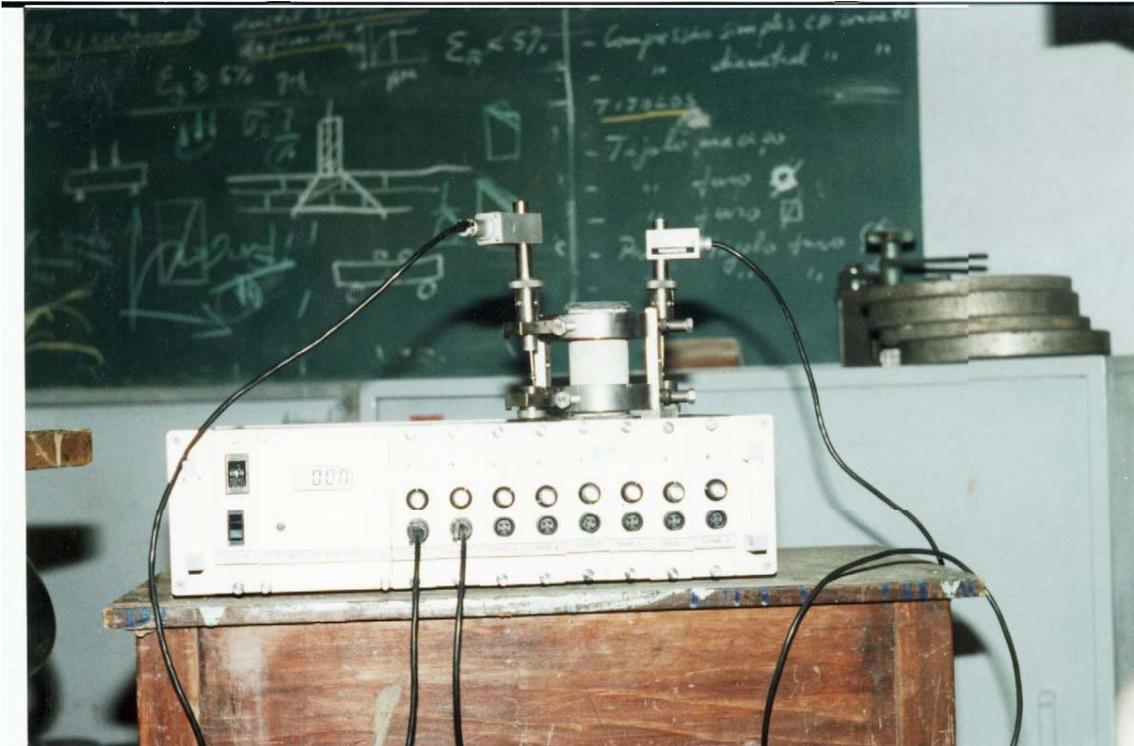


FIGURA 3.8 – Equipamento utilizado para realização dos ensaios do módulo de deformação

3.8.4.2 Execução do Ensaio:

- Após moldagem, os corpos-de-prova foram submetidos a cura em câmara úmida com temperatura e umidade controladas;

- Aos 28 dias de idade, o corpo-de-prova, devidamente instrumentado, foi centrado nos pratos da prensa;

- Foram compatibilizadas as deformações apresentadas pelas diferentes bases de medida, fazendo-se carregamento preliminar até 10% da carga prevista de ruptura;

- As leituras de deformação foram feitas conforme descrito abaixo:

- a) leitura $l_{0,1}$ à tensão 0,1 fc;

- b) leitura $l_{0,2}$ à tensão 0,2 fc;

.

.

.

- d) leitura $l_{0,8}$ à tensão 0,8 fc.

- Prosseguiu-se o carregamento à velocidade acima até a ruptura, anotando-se a tensão de ruptura final.

A figura 3.9 mostra em detalhe o corpo-de-prova, devidamente instrumentado, colocado na prensa para realização do ensaio.

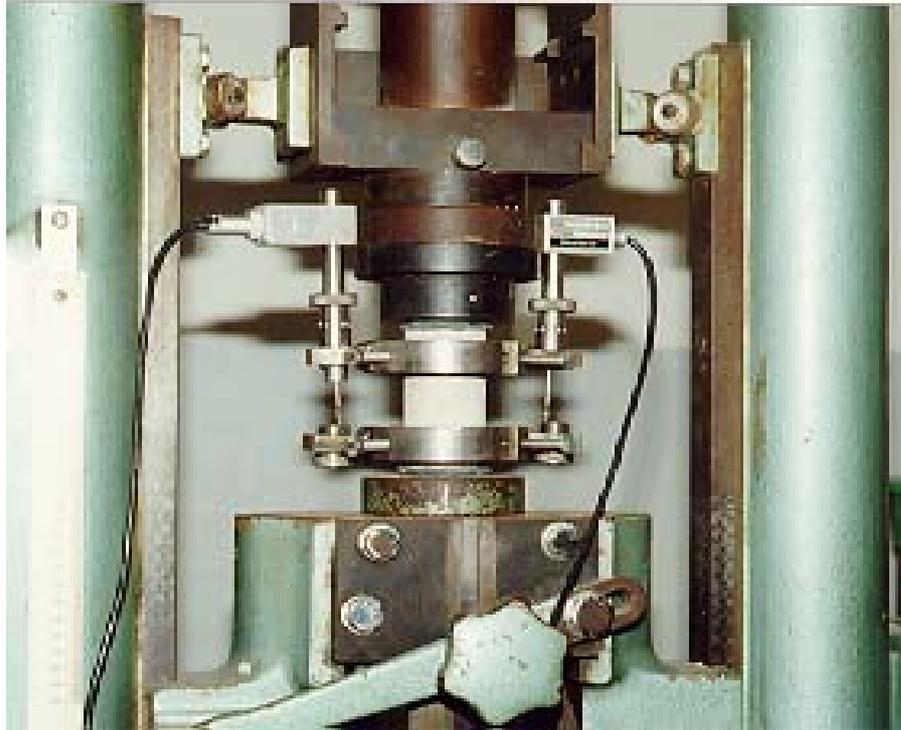


FIGURA 3.9 – Detalhe do ensaio do módulo de deformação estática

A tabela 3.8 mostra os resultados obtidos nos ensaios de módulo de deformação dos diferentes traços ensaiados.

TABELA 3.8 – Resultados obtidos nos ensaios do módulo de deformação

Traço	Corpo-de-prova	Módulo de Deformação Secante (MPa)	Módulo Médio (MPa)	Desvio Padrão	Coefic. Variação (%)
I	CP 1	1.357,51	1.472,14	140,40	9,53
	CP 2	1.628,74			
	CP 3	1.430,16			
II	CP 1	4.399,26	4.549,95	213,10	4,68
	CP 2	-			
	CP 3	4.700,63			
III	CP 1	7.714,28	8.004,14	255,66	3,19
	CP 2	8.197,53			
	CP 3	8.100,62			
IV	CP 1	1.239,27	1.183,09	182,41	15,42
	CP 2	1.330,80			
	CP 3	979,20			
V	CP 1	-	-	-	-
	CP 2	-			
	CP 3	-			
VI	CP 1	2.194,69	2.770,79	543,96	19,63
	CP 2	2.842,10			
	CP 3	3.275,59			

Obs.: -Os corpos-de-prova referentes ao traço V, romperam-se quando de sua acomodação nos pratos da prensa, não permitindo a realização do ensaio.

-Um dos corpos-de-prova do traço II rompeu-se por falha executiva.

3.8.5 Resistência de Aderência à Tração

Este ensaio tem o objetivo de determinar a resistência de aderência, à tensões normais, dos diferentes traços de argamassa de revestimento, aplicada sobre base de alvenaria de tijolos cerâmicos previamente chapiscada.

De acordo com a NBR 13749 os valores limites de resistência de aderência à tração, para emboço e camada única, não devem ser inferiores à 0,25 MPa para base de reboco ou pintura interna, 0,30 MPa para base de reboco ou pintura externa e, 0,20 MPa para tetos.

3.8.5.1 Equipamentos Utilizados:

- Equipamento mecânico de fabricação nacional, com articulação para aplicar um esforço de tração simples, capaz de permitir a aplicação manual, lenta e progressiva da carga.

- Pastilhas de alumínio de seção circular, com diâmetro de 50 mm, e espessura de 25 mm, com dispositivo no centro para serem acopladas ao equipamento de tração.

- Serra copo com bordas diamantadas, com diâmetro de 50 mm, para corte da argamassa endurecida;

- Furadeira elétrica para acionar a serra copo;

- Paquímetro com resolução de 0,5 mm.

3.8.5.2 Preparo dos corpos-de-prova:

- Sete dias antes da aplicação do emboço, a base a ser revestida foi chapiscada com argamassa de cimento e areia grossa, traço 1:3 e consistência bem fluida;

- A aplicação da argamassa de revestimento em estudo, foi feita com auxílio de um pedreiro, com a base na posição vertical, por técnica pré-estabelecida, e a camada resultante teve sua espessura entre 15 e 20 mm, a figura 3.10 mostra em detalhe a execução do revestimento;



FIGURA 3.10 – Execução dos painéis de revestimento em argamassa

- A área da base revestida com a argamassa em estudo, foi tal que permitisse a obtenção de 21 corpos de prova com diâmetro 50 mm.

Segundo Carasek (1991) existe uma perda elevada dos corpos-de-prova por falhas executivas e, estatisticamente seriam necessários no mínimo 13 corpos-de-prova para realização dos ensaios, assim sendo, optou em moldar 21 corpos-de-prova.

- A NBR 13528, não recomenda menos de 6 corpos-de-prova para um dado revestimento.

- O revestimento foi curado ao ar ambiente até os 28 dias de idade, data programada para o ensaio.

- Foram medidas e marcadas a seção dos corpos-de-prova, conforme figura 3.11;



FIGURA 3.11 – Demarcação das seções dos corpos-de-prova a serem ensaiados

- 48 horas antes da execução do ensaio, procedeu-se o corte dos corpos-de-prova, com auxílio de uma serra copo com bordas diamantadas e eixo central acoplado a uma furadeira para garantir a horizontalidade do corte.

- Foram tomados os cuidados necessários para garantir a estabilidade do copo e evitar vibrações prejudiciais à integridade do revestimento;

A figura 3.12 mostra o detalhe dos cortes dos corpos-de-prova realizados sobre os painéis de alvenaria em posição vertical;



FIGURA 3.12 – Execução dos cortes para obtenção dos corpos-de-prova

- O corte foi executado a seco até uma profundidade de 2 à 3 mm abaixo da superfície do substrato, observando-se para que a distância entre os corpos-de-prova cortados, ou entre estes e os bordos da base seja, no mínimo, 50 mm.

A figura 3.13 mostra os corpos-de-prova cortados, prontos para os ensaios de tração direta e cisalhamento.

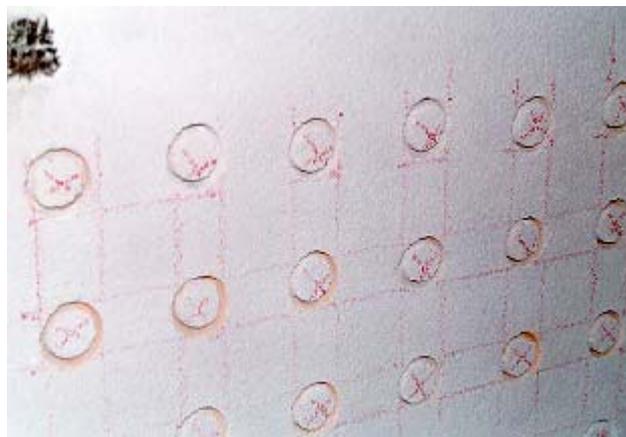


FIGURA 3.13 – Detalhe dos corpos-de-prova que serão submetidos aos ensaios de tração direta e cisalhamento

3.8.5.3 Execução do ensaio

- O revestimento foi Lixado e escovado para remoção de partículas destacáveis;
- 24 horas antes da execução do ensaio, colou-se as pastilhas circulares de alumínio com diâmetro 50 mm sobre cada corpo-de-prova, com cola resistente e de secagem rápida;
- Na idade prevista para o ensaio, foi acoplado o equipamento de tração à pastilha e, procedeu-se ao ensaio aplicando carga a uma velocidade baixa e constante;

Procedeu-se o ensaio dos corpos-de-prova do revestimento em estudo, utilizando como peso areia seca.

Registrou-se, para cada corpo-de-prova, além do valor da carga de ruptura, a posição em que se deu a ruptura:

- a) Se no substrato (chapisco ou base);
- b) Na argamassa de revestimento;
- c) Na interface destas superfícies.

A figura 3.14 mostra a forma de realização dos ensaios de resistência à tração direta por arrancamento.

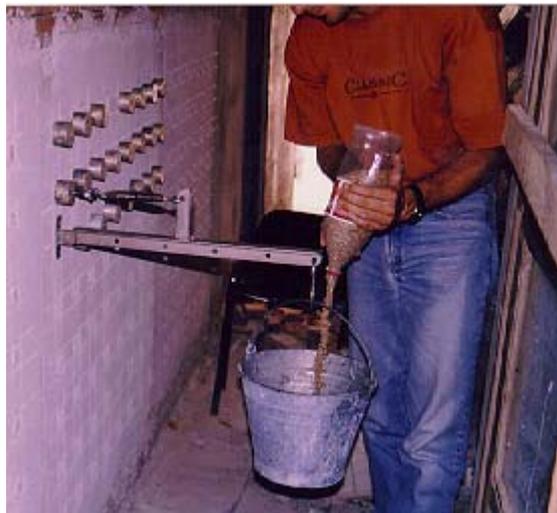


FIGURA 3.14 – Execução do ensaio de resistência à tração direta por arrancamento

Foram considerados apenas os resultados em que o rompimento ocorreu na interface revestimento/substrato, visto que, segundo a norma, nesta região o valor obtido pelo ensaio indica a verdadeira resistência de aderência, a tabela 3.9 mostra a média dos resultados.

TABELA 3.9 – Resultados médios obtidos nos ensaios de resistência à tração direta

Traço	N.º de corpos-de-prova	Resistência Média à Tração (MPa)	Desvio Padrão	Coef. Var. (%)
I	12	0,278	0,0078	28,06
II	11	0,303	0,0175	57,75
III	15	0,544	0,0147	27,02
IV	15	0,379	0,0123	32,45
V	14	0,231	0,0071	30,73
VI	14	0,397	0,0148	37,20

3.8.6 Resistência de Aderência ao Cisalhamento

Para determinação da resistência de aderência às tensões tangenciais dos diferentes traços de argamassa ensaiados, foi utilizado um mecanismo desenvolvido por Ioppi (1995), que utiliza os mesmos princípios do equipamento descrito na norma RILEM MR-20.

Selmo & Carasek, citados por Ioppi (1995), descrevem o limite prescrito pelo DTU 26.1 (CSTB, 1978), onde o valor médio de aderência deve ser no mínimo igual a 0,3 Mpa.

3.8.6.1 Equipamentos Utilizados:

- Camisa metálica com diâmetro de 50 mm, conforme;
- Calços plásticos;
- Braçadeira metálica com diâmetro de 50 mm;
- Torquímetro (marca TORK) com capacidade de até 36 N.m;
- Parafuso sextavado para acoplar a camisa metálica ao instrumento de medida.

3.8.6.2 Preparo dos corpos-de-prova:

- Sete dias antes da aplicação do emboço, a base a ser revestida foi chapiscada com argamassa de cimento e areia grossa, traço 1:3 e consistência bem fluida;

- A aplicação da argamassa de revestimento em estudo, foi feita com auxílio de um pedreiro, com a base na posição vertical, por técnica pré-estabelecida, e a camada resultante teve sua espessura entre 15 e 20 mm;

- A área da base revestida com a argamassa em estudo, foi tal que permitisse a obtenção de 21 corpos-de-prova com diâmetro 50 mm, dentro das condições previstas no parágrafo anterior.

- O revestimento foi curado ao ar ambiente até os 28 dias de idade, prazo programado para o ensaio.

- 48 horas antes da execução do ensaio procedeu-se o corte dos corpos-de-prova, com auxílio de uma serra copo com bordas diamantadas e eixo central acoplado a uma furadeira.

- O corte foi executado a seco até uma profundidade de 2 à 3 mm abaixo da superfície do substrato, observando-se para que a distância entre os corpos-de-prova cortados, ou entre estes e os bordos da base seja, no mínimo, 50 mm.

3.8.6.3 Execução do ensaio:

- Medida da seção dos corpos-de-prova;

- Colocação dos calços de plástico para proporcionar uma boa aderência da camisa metálica com as laterais da pastilha de argamassa;

- Introdução da camisa metálica no corte, até o contato com o substrato e aperto da braçadeira;

- Acoplamento do torquímetro e aplicação do torque de forma lenta e contínua, até a ruptura do corpos-de-prova;

- Se procede o exame e registro da leitura do instrumento e, da forma da ruptura: se no substrato, na argamassa de revestimento, ou na interface argamassa/substrato.

A figura 3.15 mostra o detalhe da execução do ensaio de cisalhamento por torção.

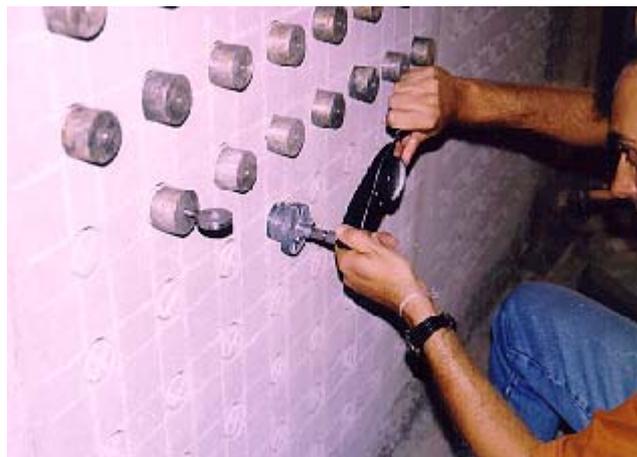


FIGURA 3.15 – Execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento

3.8.6.4 Cálculo dos resultados:

- O cálculo dos resultados é dado pela equação:

$$\tau_{\text{máx}} = 2Mt / \pi r^3$$

onde:

- $\tau_{\text{máx}}$ - Tensão de cisalhamento máxima em (Mpa)
- Mt - Momento torçor lido no instrumento em (N.mm)
- r - Raio do corpo de prova do revestimento em (mm)

A tabela 3.10 mostra a média dos resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento.

TABELA 3.10 – Resultados médios obtidos nos ensaios de cisalhamento

Traço	N.º de corpos-de-prova	Resistência Média à Torção (MPa)	Desvio Padrão	Coef. Var. (%)
I	19	0,4230	0,0980	23,16
II	21	0,4705	0,1875	39,85
III	21	0,5370	0,1168	21,75
IV	16	0,5120	0,0953	18,61
V	21	0,3860	0,0657	17,02
VI	20	0,5150	0,1547	30,03

3.8.7 Retração Por Secagem

O objetivo deste ensaio é a obtenção de um dado qualitativo da retração observada nas diferentes argamassas ensaiadas, sob condições padronizadas de moldagem, cura e armazenamento, devida a causas não mecânicas ou térmicas. Os ensaios foram realizados na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM que dispunha dos equipamentos necessários para execução dos ensaios em condições de uso.

3.8.7.1 Equipamentos Utilizados:

- Moldes prismáticos medindo 25 x 25 x 285 mm, com comprimento efetivo de medida de 250 mm;

- A extremidade de cada molde é equipada com dispositivos que fixem no local, durante a pega, um dos pinos de medida de aço inoxidável;
- Micrômetro graduado;
- Soquete de metal com 150 mm de comprimento, e face de compactação plana nas dimensões de 13 x 25 mm;
- Sala de moldagem com temperatura entre 20 e 28 °C, e umidade relativa superior a 50%;
- Câmara úmida com temperatura entre 21 e 25 °C, e umidade relativa > 95%;
- Tanque para cura submersa, com água potável saturada de cal à temperatura entre 20 e 25 °C;
- Banho termo regulador, recipiente com capacidade $\geq 15 \text{ dm}^3$ com água a temperatura entre $23 \pm 0,5 \text{ °C}$;
- Câmara de secagem com temperatura entre 21 e 25 °C e umidade relativa $50 \pm 4 \text{ °C}$;
- Copo “Griffin” capacidade de 400 ml, misturador e balança conforme NBR 7215.

3.8.7.2 Execução do Ensaio:

- A mistura foi mecânica e a moldagem efetuada em duas camadas, devidamente compactadas com soquete, retirou-se o excesso e alisou-se superfície com uma régua;
- Os corpos-de-prova foram curados nos moldes, na câmara úmida por ($23 \pm 0,5$) horas, contadas a partir do momento da adição da água de amassamento;
- A seguir os corpos-de-prova foram retirados dos moldes, evitando-se pancadas e não exercendo pressão sobre os pinos de medida;
- Os corpos-de-prova foram identificados de modo que fossem colocados sempre na mesma posição no aparelho de medida. Depois, foram submersos em água à temperatura ($23 \pm 0,5$) °C por 15 minutos. A primeira leitura foi feita 24 horas após retirá-los do banho.
- Curou-se os corpos-de-prova em água saturada de cal à temperatura entre (21 e 25) °C até atingir 28 dias de idade, quando se fez a segunda medida do comprimento.
- Armazenou-se os corpos-de-prova na câmara de secagem, para que as leituras seguintes fossem feitas nas idades de 32, 35, 42, e 56 dias e 12, 20, 36 e 68 semanas. Estas leituras foram feitas dentro da própria câmara de secagem.

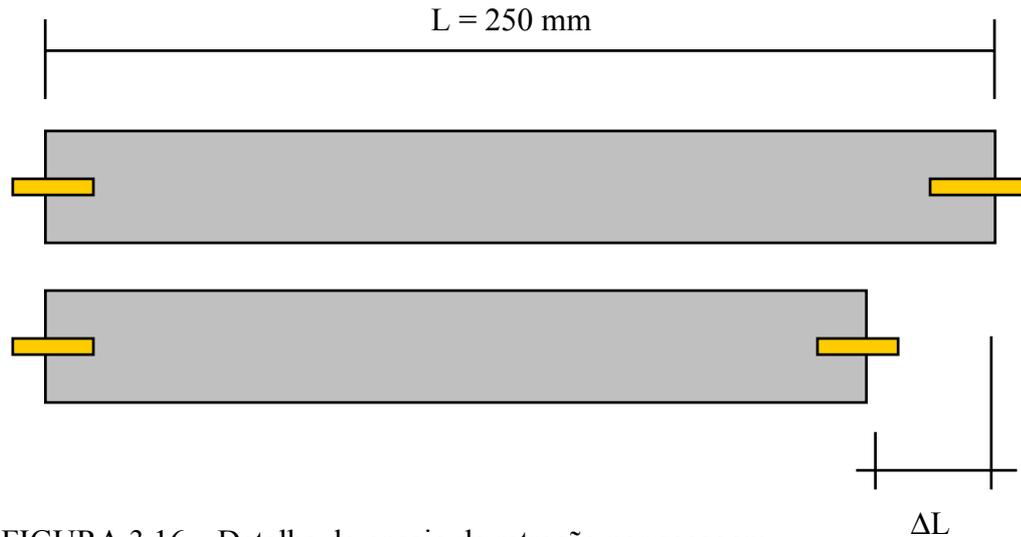


FIGURA 3.16 – Detalhe do ensaio de retração por secagem

A tabela 3.11 mostra a média dos resultados obtidos nos ensaios de retração por secagem.

TABELA 3.11 – Resultados médios obtidos nos ensaios de retração por secagem

Traço	Nº Corpos-de-Prova	Retração Média por Secagem (%)	Desvio Padrão	Coef. Var. (%)
I	3	-0,052	0,022	42,30
II	3	-0,158	0,212	134,17
III	3	-0,135	0,227	168,14
IV	2	-0,062	0,031	50,00
V	3	-0,049	0,006	12,24
VI	3	-0,02	0,010	50,00

3.8.8 Absorção de Água de Revestimento de Argamassa pelo Método do Cachimbo

O objetivo deste ensaio foi avaliar, em laboratório, a permeabilidade de um revestimento de parede em argamassa, através da propriedade de absorção de água sob uma pressão inicial de 92mm de coluna de água. Esta pressão de água corresponde à ação estática de um vento com velocidade aproximada de 140 km/h.

3.8.8.1 Equipamentos Utilizados

- Cachimbo de vidro, confeccionado conforme figura 3.17;
- Pisseta plástica com capacidade de 25 ml ;

- Cronometro;
- Massa de vedação (mastique).

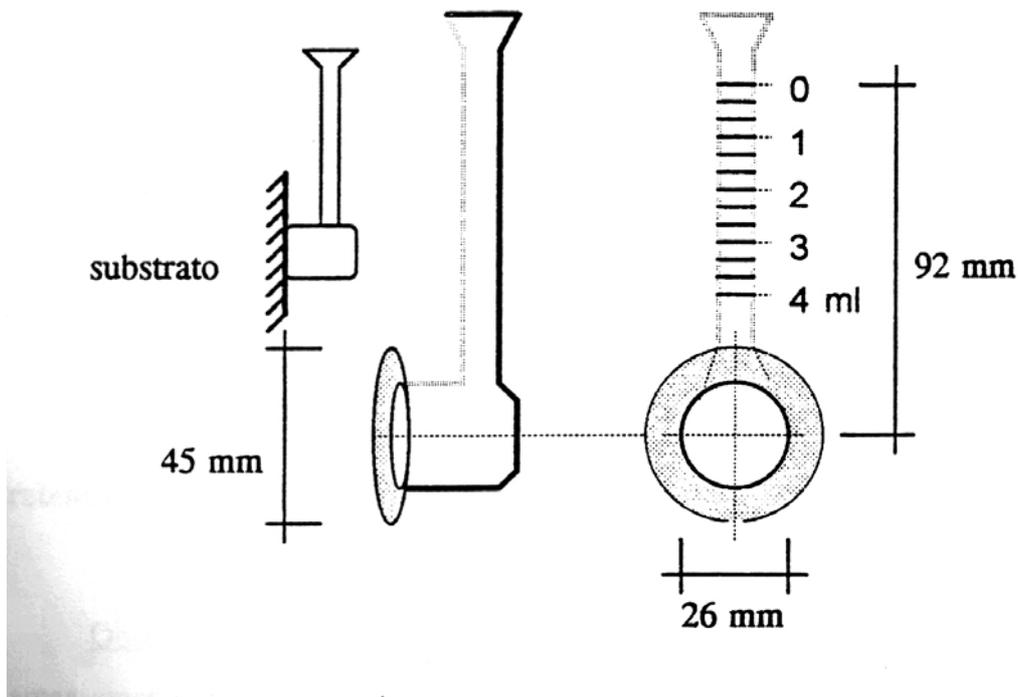


FIGURA 3.17 – Detalhe do cachimbo utilizado para o ensaio de absorção d'água

3.8.8.2 Execução do ensaio

- Modelou-se com as mãos uma porção de mastique em forma cilíndrica e envolveu-se o bordo do cachimbo de vidro com a tira resultante;
- Fixou-se o cachimbo de vidro na parede revestida, comprimindo o mastique sobre a argamassa de revestimento;
- Com o auxílio da pisseta plástica, encheu-se, rapidamente, o cachimbo de vidro com água potável, até a referência do nível zero, e acionou-se o cronômetro;
- A cada minuto, eram efetuadas e registradas as leituras da diminuição do nível d'água, em cm^3 , até completar 15 minutos ou, o nível d'água atingir a marca de 4 cm^3 ;
- Como recomendado, o ensaio foi executado em três locais do revestimento, distanciados de mais de 1 metro.

A figura 3.18 mostra o detalhe da execução do ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo.



FIGURA 3.18 – Execução do ensaio de absorção de água

- Para avaliação dos resultados, consignou-se nas ordenadas de um gráfico os valores médios do nível d'água, cm^3 , obtidos a cada minuto, nos três diferentes locais de aplicação do “cachimbo”, as tabelas 3.12 e 3.13 mostram os resultados de absorção de água.

TABELA 3.12 – Resultados médios de absorção de água em função do tempo

Traço	Absorção Média (cm^3)/minuto
I	0,42
II	0,27
III	0,31
IV	0,27
V	0,37
VI	0,50

TABELA 3.13 Resultados de absorção de água ao longo do tempo

Tempo (min)	Absorção (cm ³)					
	traço I	traço II	traço III	traço IV	traço V	traço VI
1	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	1,2
2	1,1	0,9	0,9	0,8	1,0	2,0
3	1,6	1,1	1,3	1,0	1,4	2,5
4	2,0	1,4	1,6	1,2	1,7	2,8
5	2,3	1,6	1,9	1,4	2,0	3,4
6	2,7	1,8	2,1	1,5	2,3	3,7
7	3,1	2,0	2,3	1,6	2,6	3,8
8	3,4	2,1	2,5	1,7	2,9	4,0
9	3,6	2,3	2,8	1,9	3,2	
10	3,6	2,5	3,0	2,0	3,4	
11	3,6	2,6	3,2	2,1	3,6	
12	3,7	2,8	3,4	2,3	3,7	
13	3,9	3,0	3,6	2,4	3,8	
14	4,0	3,2	3,8	2,5	3,9	
15		3,3	4,0	2,7	4,0	

TABELA 3.14 – Tabela geral dos resultados obtidos em todos os ensaios

Traços	I	II	III	IV	V	VI
	1:2:9	1:2:7	1:1:6	1:9	1:1:10	1:6
	ci:cal:ar	ci:cal:ar	ci:cal:ar	ci:arg. Pré-	ci:pozolan:ar	ci:ar
Propriedades		+ Sika1		misturada		+ morter
Consumo de cimento	9,09	11,10	14,30	11,10	9,09	16,60
(%)Volume						
Consumo de cal	16,67	20,00	12,50	13,00	-	-
(%) Volume						
Relação água/cimento	2,67	2,12	1,85	1,83	3,75	1,95
Relação água/aglom.	0,89	0,71	0,92	0,98	1,88	1,95
Relação areia/finos	3,0	2,33	3,0	2,57	5,0	6,0
Resistência à						
compressão Axial	1,43	2,22	3,99	1,15	0,11	1,48
(MPa)						
Resistência à tração						
por compressão	0,14	0,157	0,44	0,08	0,004	0,22
diametral (MPa)						
Módulo de						
deformação estática	1.472,14	4.549,95	8.004,14	1.183,09	0	2.770,79
(MPa)						
Resistência de						
aderência à tração	0,28	0,30	0,54	0,38	0,23	0,39
(MPa)						
Resistência de						
aderência ao	0,42	0,47	0,54	0,51	0,39	0,51
cisalhamento (MPa)						
Retração (%)	0,052	0,158	0,135	0,062	0,049	0,02
Absorção (cm3)	2,25	1,49	1,75	1,52	1,91	3,09

4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

Esta análise tem por objetivo fazer um comparativo entre as argamassas estudadas, através da avaliação dos resultados encontrados em cada propriedade ensaiada, procurando relacionar estes resultados aos componentes de cada traço.

Todavia, esta relação torna-se difícil devido a grande variedade de componentes constituintes dos traços ensaiados.

Assim sendo, para a análise dos resultados de cada uma das propriedades, os traços foram divididos em dois grupos. O primeiro composto por argamassas que não apresentam aditivos em sua composição (traços I, III e IV), e o segundo, composto por argamassas que utilizam aditivos na sua composição (traços II, V e VI).

Estatisticamente as propriedades foram analisadas com auxílio da tabela ANOVA, levando-se em consideração todos os valores individuais obtidos dos ensaios. Esta análise encontra-se detalhada no Anexo A e nos permite fazer as seguintes considerações:

4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

No que se refere à resistência à compressão axial, pode-se observar que os traços III e V diferiram significativamente entre si e em relação a todos os demais traços estudados.

Nota-se, também, uma diferença significativa quando comparamos o traço II com os traços I e IV e o traço IV com o traço VI.

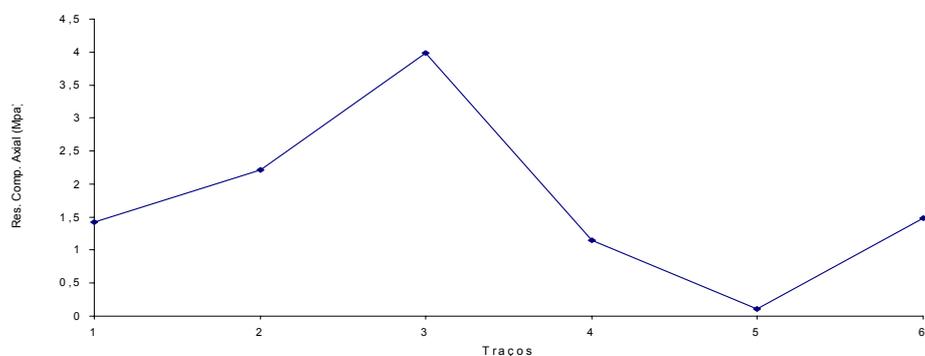


FIGURA 4.1 Resistência média à compressão axial

A figura 4.1 mostra que o traço III foi o que apresentou o melhor desempenho quando submetido a esforços de compressão axial, enquanto que o traço V foi o que apresentou o pior desempenho na análise comparativa.

Pode-se concluir com o auxílio da figura 4.2 que, para os traços que não utilizam aditivos na sua composição (traços I, III e IV) e existem diferenças significativas nos resultados, o aumento de resistência à compressão axial tem uma tendência de proporcionalidade direta ao consumo de cimento.

Ao se analisar os traços que utilizam aditivos em sua composição (traço II, V e VI), nota-se que esta relação de proporcionalidade direta se mantém entre os traços que apresentam diferenças significativas em seus resultados.

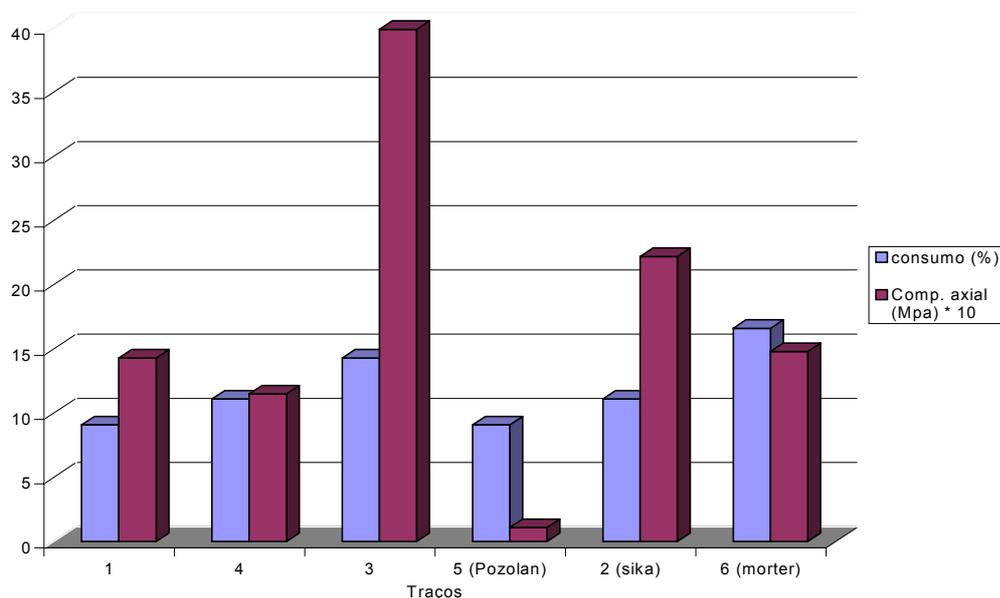


Figura 4.2 – Gráfico do consumo de cimento x resistência à compressão

Para Martinelli (1993) a resistência à compressão axial é uma das propriedades da argamassa melhorada com o aumento do consumo de cimento, o que vem de encontro aos resultados aqui obtidos.

Porém, não se consegue estabelecer uma relação entre os traços que utilizam e aqueles que não utilizam aditivos na sua composição.

Cabe ressaltar que esta propriedade é meramente indicativa de desempenho, não sendo, portanto, definidora na indicação de determinado traço.

Já que as normas brasileiras não definem valores mínimos para estas propriedades, a definição quanto ao tipo de argamassa a ser utilizada pode ficar condicionada ao uso específico do revestimento e a resultados de outros ensaios como aderência e permeabilidade.

4.2 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Em relação à resistência à tração por compressão diametral, pode-se observar que houve diferença significativa entre todos os traços estudados, com exceção do traço I quando comparado aos traços II.

A figura 4.3 mostra que o traço III foi o que apresentou o melhor desempenho quando submetido a esforços de tração por compressão diametral, enquanto que o traço V foi o que apresentou o pior desempenho na análise comparativa.

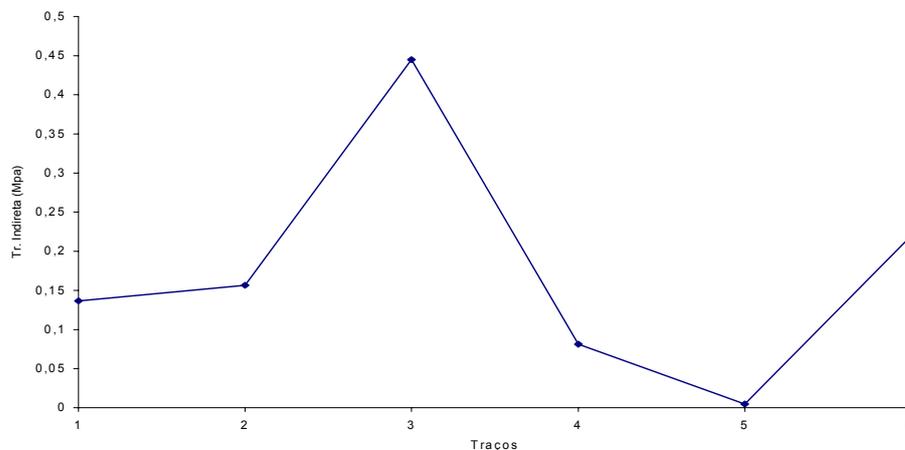


FIGURA 4.3 - Resistência média à tração por compressão diametral

Como nos ensaios de resistência a compressão axial, nos traços que não utilizam aditivos na sua composição (traços I, III e IV) e apresentaram diferenças significativas nos seus resultados, o aumento de resistência à tração por compressão diametral tem uma tendência de proporcionalidade direta ao consumo de cimento.

Verifica-se que para os traços que utilizam aditivos na sua composição (traço II, V e VI) esta relação de proporcionalidade direta entre consumo de cimento e o aumento de resistência não se altera, independentemente de apresentarem diferença significativa em seus resultados, este fato pode ser visualizado através da figura 4.4.

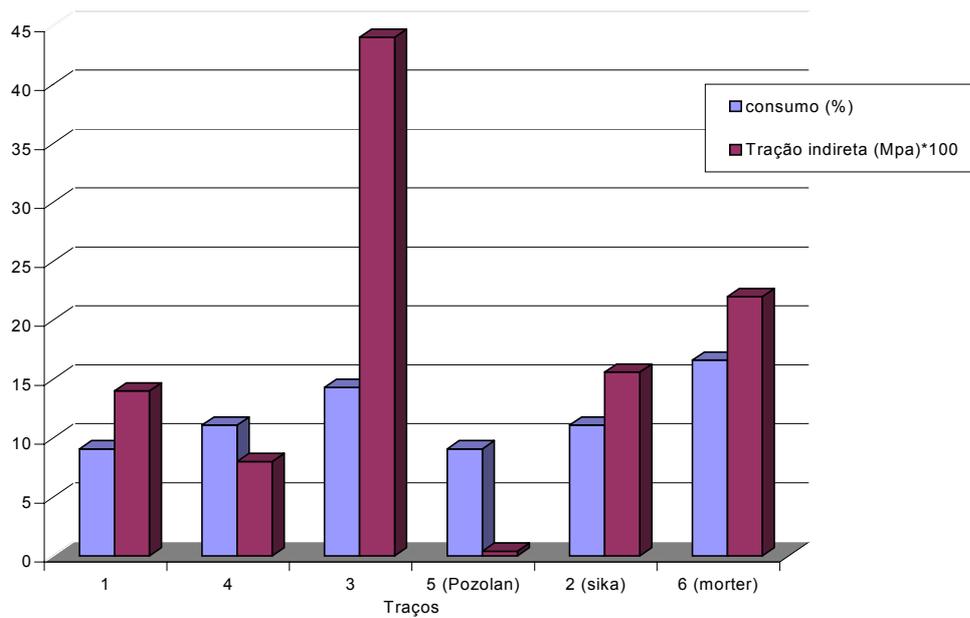


Figura 4.4 - Gráfico do consumo de cimento x resistência à tração indireta

Martinelli (1993) afirma que dentre as propriedades das argamassas que são melhoradas com o aumento do consumo de cimento encontra-se a resistência à tração, este fato pode ser comprovado nos resultados aqui encontrados.

Também nesta propriedade, não se consegue estabelecer uma relação entre as resistências mecânicas dos traços que utilizam aditivos em sua composição e aqueles que não utilizam.

4.3 MÓDULO DE DEFORMAÇÃO ESTÁTICA

Quanto ao módulo de deformação, verifica-se que houve diferença significativa entre a maioria dos traços ensaiados. O traço III variou significativamente de todos os traços, o traço II variou significativamente quando comparado, também, com os traços I, IV e V e, o traço V também variou significativamente quando comparado com o traço VI.

A figura 4.5 mostra que o traço III foi o que apresentou o módulo de elasticidade mais elevado, enquanto o traço V foi o que apresentou o mais baixo módulo.

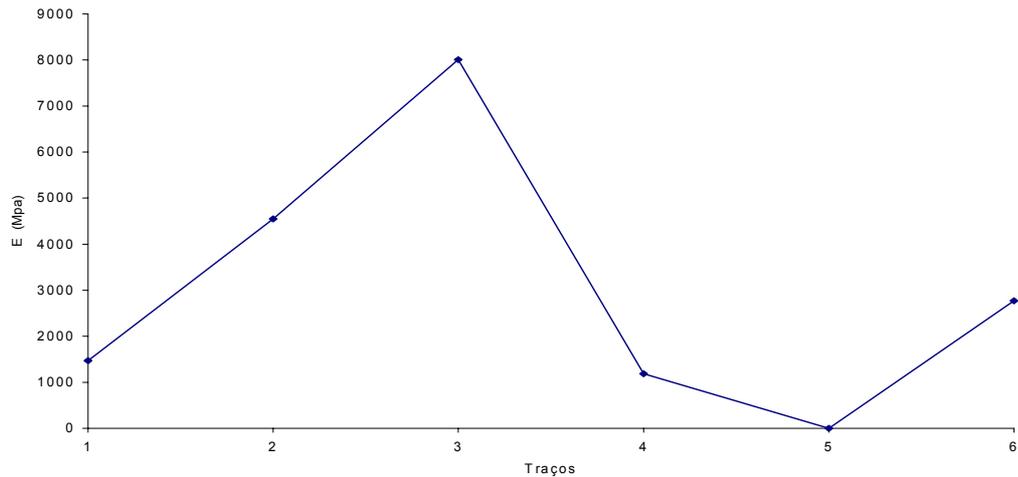


FIGURA 4.5 - Módulo de deformação médio dos traços ensaiados

Verifica-se que, onde existem diferenças significativas nos resultados, tanto para os traços que não utilizam aditivos na sua composição (traços I, III e IV), com os que utilizam (traço II, V e VI), o aumento do módulo de elasticidade tem uma tendência de proporcionalidade direta ao consumo de cimento, como pode ser observado através da visualização da figura 4.6.

Como nos ensaios anteriores, não se consegue estabelecer uma relação entre os traços que utilizam aditivos em sua composição e aqueles que não utilizam, pode-se observar que o traço III apesar de possuir um menor consumo de cimento quando comparado com o traço VI, possui um módulo de elasticidade bem mais elevado.

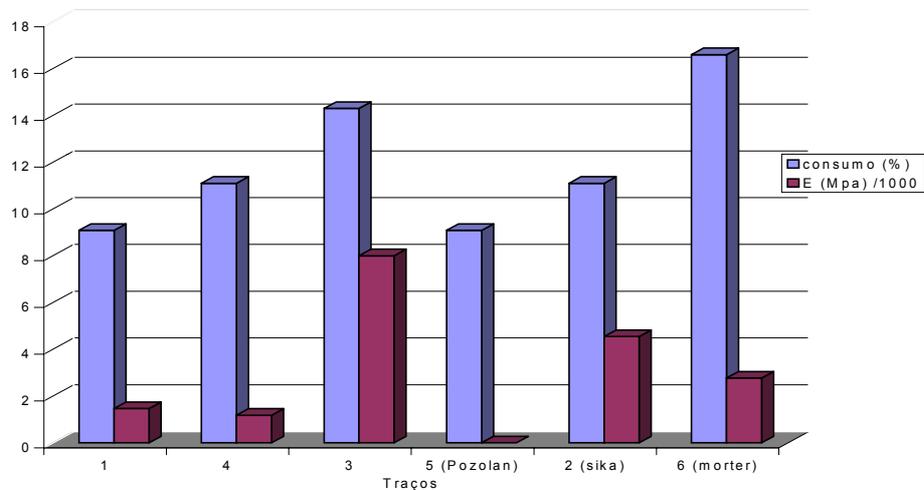


Figura 4.6 - Gráfico do consumo de cimento x módulo de elasticidade

Algumas pesquisas realizadas anteriormente, no que tange ao módulo de elasticidade, tem em seus resultados a mesma tendência aqui apresentada, entre elas podemos citar as realizadas por:

Fiorito (1994), onde o autor afirma que as argamassas ricas, ou muito ricas, por possuírem um elevado teor de cimento apresentam um módulo de elasticidade elevado.

Martinelli (1989), que afirma ser o módulo de deformação crescente com o aumento da resistência mecânica.

Sabbatini (1990) afirma que as argamassas com elevado consumo de cimento apresentam pouca capacidade de se deformarem, prejudicando, assim, o desempenho dos revestimentos.

4.4 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

No ensaio de resistência de aderência à tração por arrancamento, pode-se concluir que houve diferença significativa entre o traço III e todos os demais traços estudados, também o traço I variou significativamente quando comparado com os traços IV e VI.

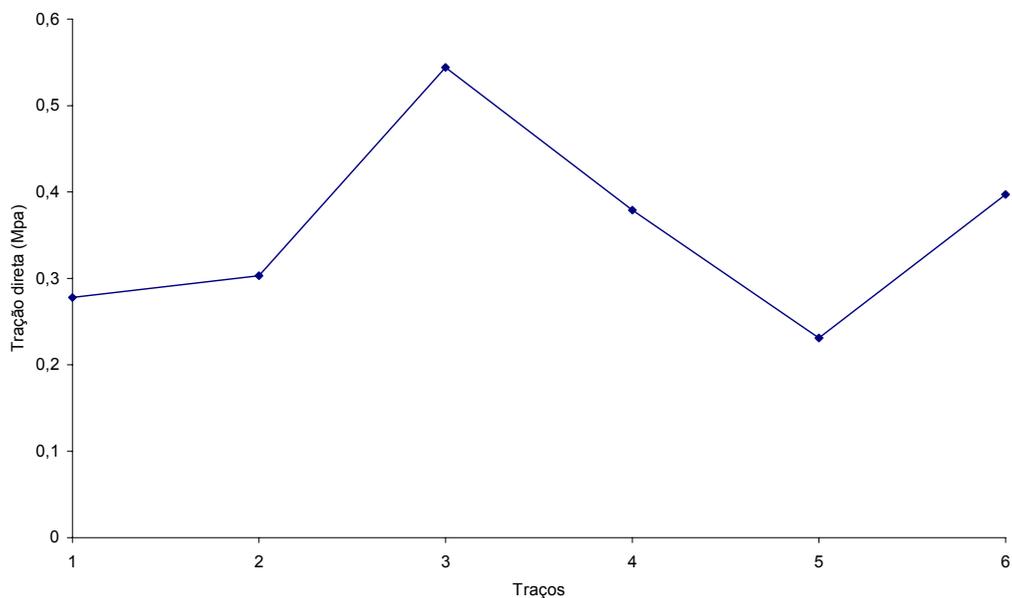


FIGURA 4.7 - Resistência média de aderência à tração por arrancamento

A figura 4.7 mostra que o traço III foi o que apresentou o melhor desempenho quando submetido a esforços de tração direta, enquanto que o traço V foi o que apresentou o pior desempenho na análise comparativa.

Verifica-se que quase todos os traços tiveram seus resultados acima dos limites mínimos estabelecidos pela NBR 13749, com exceção dos traços I e V.

O traço I teve seus resultados incompatíveis para utilização como revestimento externo, já o traço V torna-se incompatível para revestimento interno e externo, sendo, no entanto, possível sua utilização como revestimento de forro.

Com auxílio da figura 4.8, pode-se concluir que tanto para os traços que não utilizam aditivos na sua composição (traços I, III e IV), como para aqueles que utilizam (traços II, V e VI), houve uma relação de proporcionalidade direta entre o aumento de resistência de aderência à tração e o consumo de cimento, independentemente de ter havido diferenças significativas em seus resultados. Isto se justifica à medida que o alto teor de cimento, além de conferir resistência, favorece a penetração das partículas finas nos poros da base, aumentando a ancoragem, Módulo 7 do DTC (1997).

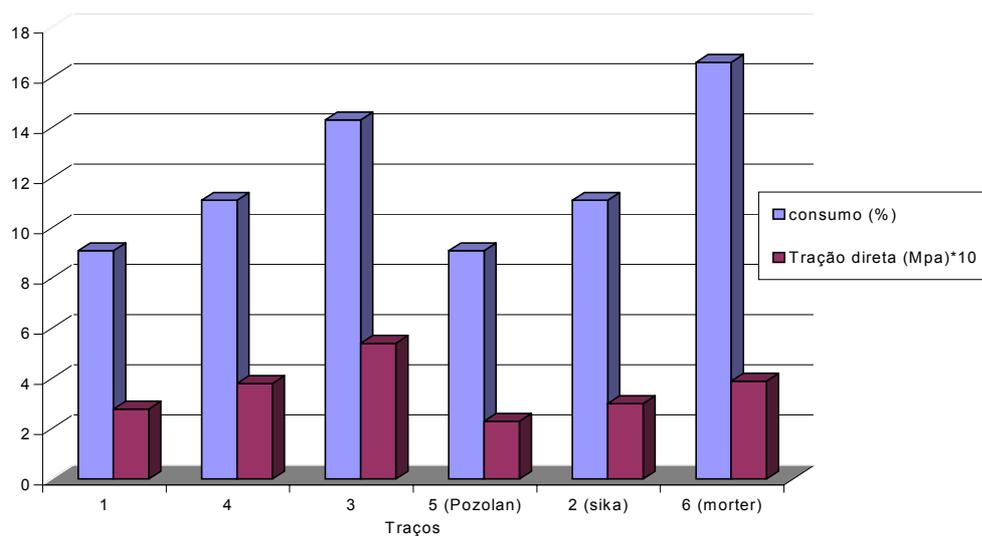


Figura 4.8 - Gráfico do consumo de cimento x tração direta

Apesar do consumo de cimento reger a resistência de aderência à tração, este fator não consegue estabelecer uma ligação entre os dois grupos de argamassas.

4.5 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO

Em relação à resistência de aderência ao cisalhamento por torção, pode-se observar que o traço V diferiu significativamente quando comparado com os traços III, IV e VI.

A figura 4.9 mostra que o traço III foi o que apresentou o melhor desempenho quando submetido a esforços de torção, enquanto o traço V foi o que apresentou o pior desempenho na análise comparativa.

No entanto, todos os traços apresentam valores médios superiores ao mínimo estabelecido pelo DTU 26.1 (CSTB, 1978), citado por Ioppi (1995), que é de 0,3 Mpa.

Concluí-se que tanto para os traços que não utilizam aditivos na sua composição (traços I, III e IV), como para aqueles que utilizam (traços II, V e VI), houve uma relação de proporcionalidade direta entre o aumento de resistência de aderência ao cisalhamento e o consumo de cimento, este fato pode ser visualizado com auxílio da figura 4.10. Como na aderência à tração, o alto teor de cimento, além de conferir resistência, favorece a penetração das partículas finas nos poros da base, aumentando a ancoragem, Módulo 7 do DTC (1997).

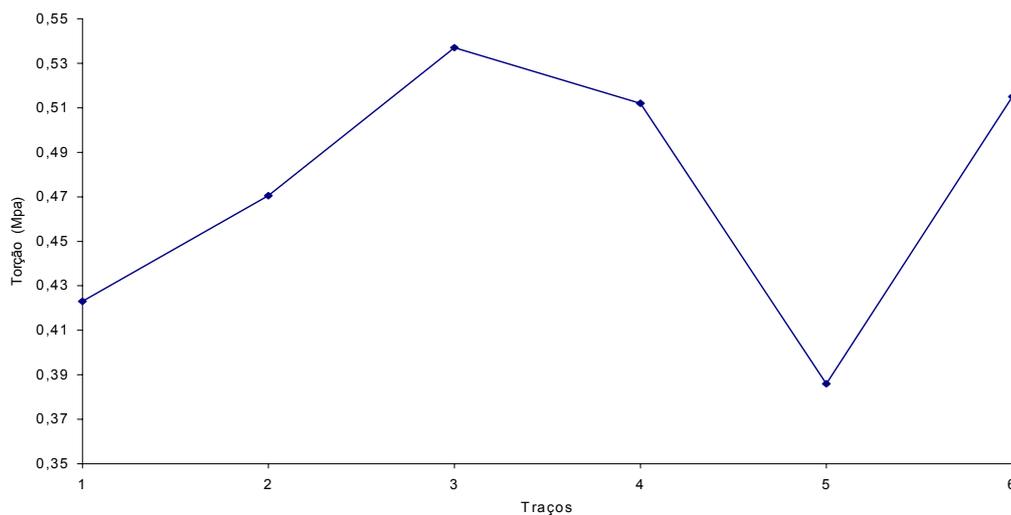


FIGURA 4.9 - Resistência média de aderência ao cisalhamento por torção

Para Martinelli (1993) as propriedades mecânicas das argamassas são melhoradas pelo aumento do consumo de cimento. Entre estas propriedades encontram-se as resistências de aderência e à tração e ao cisalhamento, o que, mais uma vez, vem ao encontro dos resultados aqui apresentados.

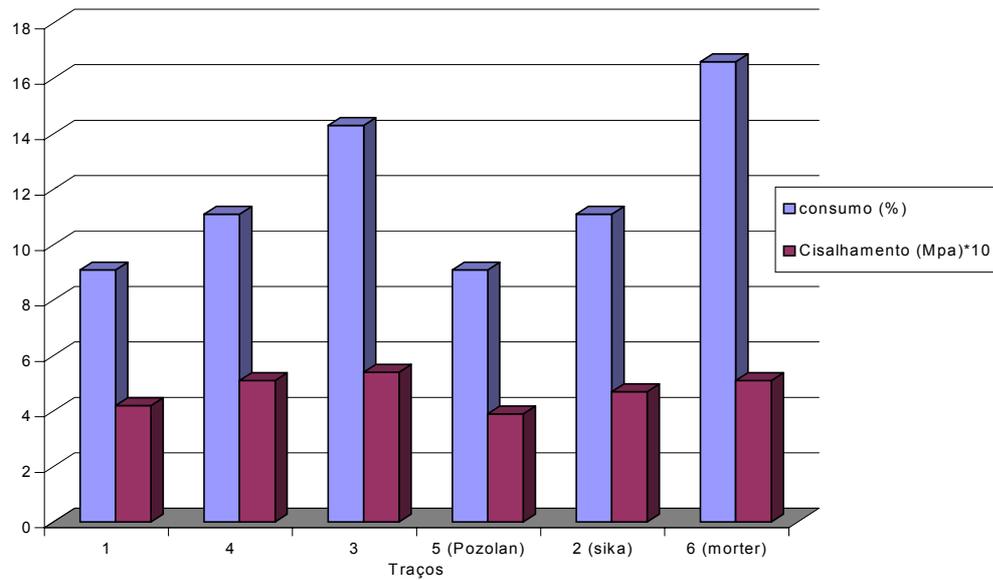


Figura 4.10 - Gráfico do consumo de cimento x torção por cisalhamento

No entanto, o consumo de cimento não consegue estabelecer uma ligação entre os dois grupos de argamassas estudadas.

Ao se analisar o conjunto de resistências mecânicas até aqui ensaiadas pode-se concluir, com auxílio da figura 4.11, que todas possuem graficamente a mesma conformação, ou seja, existe, também, uma relação direta entre as propriedades até aqui ensaiadas. Este fato vem de encontro a Martinelli (1993), onde o autor afirma que as resistências mecânicas, representadas pelas resistências à compressão, à tração por compressão diametral, de aderência a tração e ao cisalhamento, são melhoradas com o aumento do consumo de cimento.

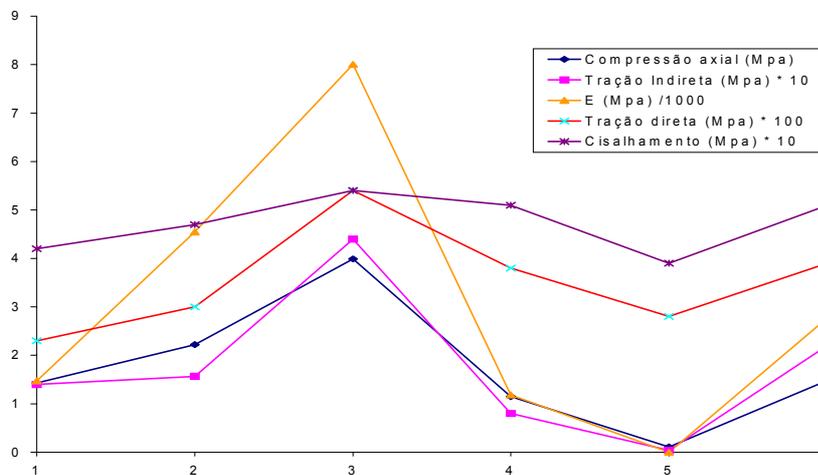


Figura 4.11 – Gráfico dos traços x propriedades ensaiadas

4.6 RETRAÇÃO POR SECAGEM

Quando submetidos ao ensaio de retração por secagem, observa-se que não houve diferença significativa entre os traços estudados.

A figura 4.12 mostra que, dentre os traços estudados, o traço VI foi o que apresentou o melhor desempenho no que se refere a retração por secagem, já o traço II foi o que apresentou a maior retração na análise comparativa.

Conclui-se que para os traços que não utilizam aditivos na sua composição (traços I, III e IV), o consumo de cimento é diretamente proporcional a retração apresentada, isto pode ser visualizado através da figura 4.13.

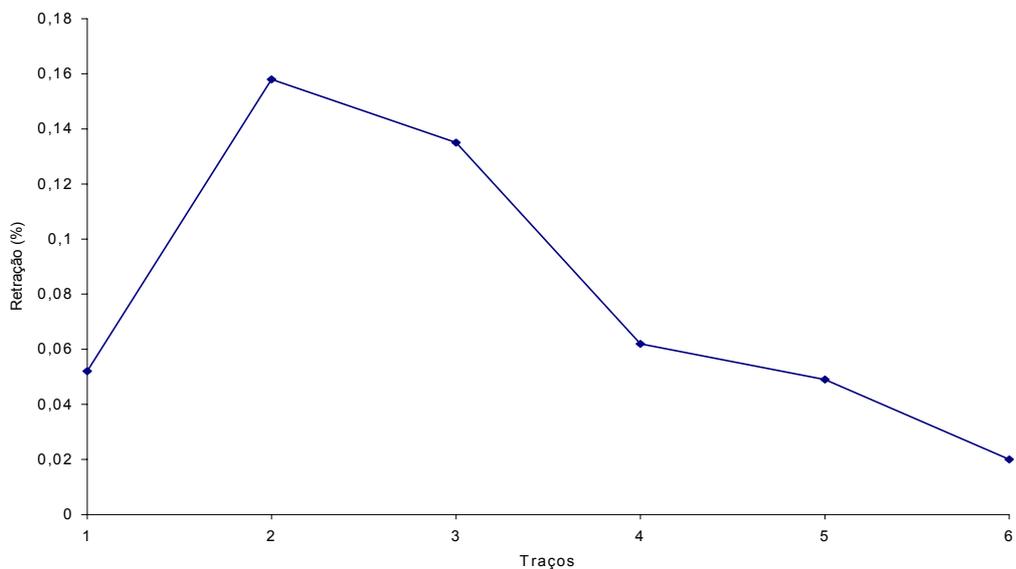


FIGURA 4.12 - Retração por Secagem

Em relação aos traços que utilizam aditivos em sua composição (traços II, V e VI), esta relação de proporcionalidade direta ocorre para os traços II e V.

O traço VI apesar de possuir um maior consumo de cimento foi o que apresentou a menor retração, isto se justifica à medida que este traço utiliza um aditivo incorporador de ar. Este componente quando adicionado à argamassa gera o surgimento de micro bolhas, com isto, ocorre uma descontinuidade na estrutura da argamassa o que dificulta a passagem da água de amassamento para a alvenaria ou para o exterior, diminuindo, assim, a retração da argamassa em questão.

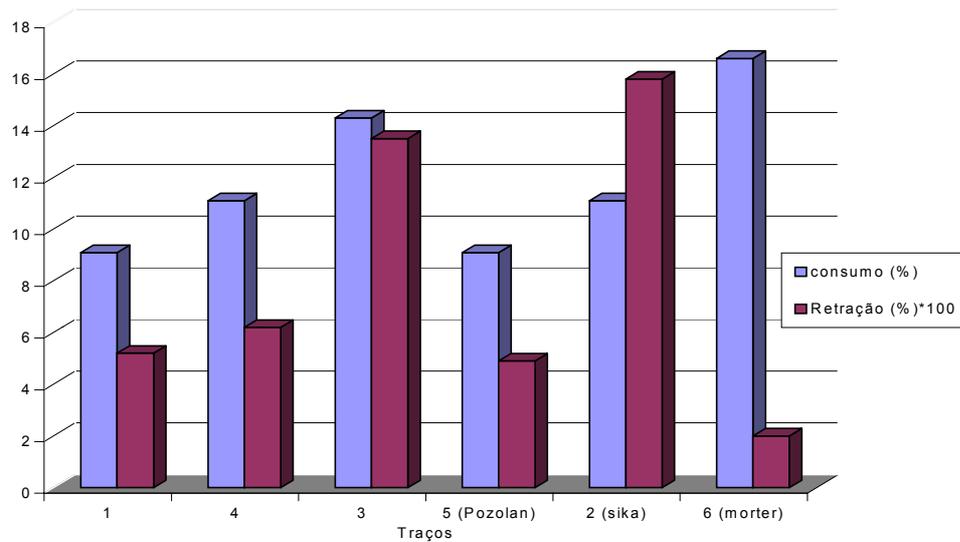


Figura 4.13 - Gráfico do consumo de cimento x retração por secagem

Fiorito (1994) afirma que em argamassas mais ricas há uma notável influência da retração, fato este que pode ser comprovado nos resultados aqui encontrados.

Já em relação à cal, nota-se uma relação de proporcionalidade inversa entre o aumento de seu consumo e a retração apresentada para os traços que não utilizam aditivos em sua composição (traços I, III e IV).

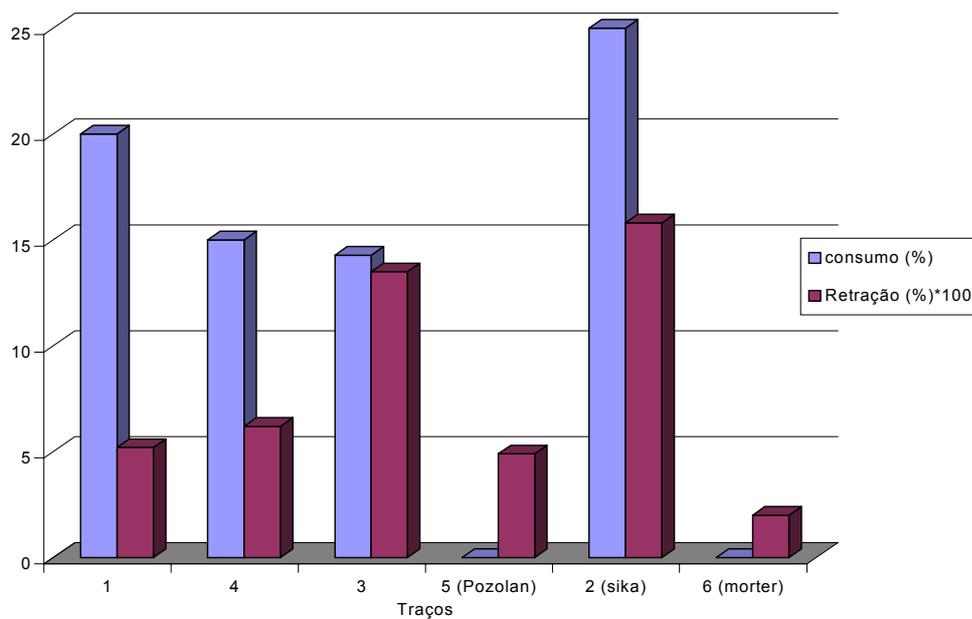


Figura 4.14 - Gráfico do consumo de cal x retração por secagem

A figura 4.14 nos mostra que o traço I, que possui o maior consumo de cal dentre os traços que não utilizam aditivos em sua composição (traços I, III e IV), apresentou a menor retração. Isto se justifica a medida a cal aumenta a retenção de água da argamassa gerando uma diminuição da velocidade de saída da água de amassamento e, com isso, uma diminuição da retração.

Em relação aos traços que utilizam aditivos em sua composição (traços II, V e VI), verifica-se que, para os traços em estudo, houve uma influência dos aditivos nos resultados obtidos com uma diminuição da retração.

Também para esta propriedade, não se consegue estabelecer uma ligação entre os dois grupos de argamassas estudadas.

4.7 ABSORÇÃO DE ÁGUA

No que se refere a absorção de água pode-se concluir que os traços I e VI diferiram significativamente entre si e quando comparado com os demais traços em estudo, houve também diferença significativa na comparação do traço V com os traços II e IV.

A figura 4.15 mostra que em média, até o oitavo minuto, os traços II e IV absorveram a mesma quantidade de água, mas a figura 4.19 mostra que dentre os traços estudados, o traço IV foi o que apresentou o menor índice final de absorção de água, enquanto que o traço VI foi o que apresentou o pior desempenho na análise comparativa.

Verifica-se que, para os traços que não utilizam aditivos em sua composição (traços I, III e IV), existe uma relação de proporcionalidade direta entre o aumento da permeabilidade das argamassas e o aumento da relação água/cimento, logo, o traço com menor relação água/cimento, traço mais rico, menos poroso, possui uma menor absorção de água, isto pode ser visualizado através da figura 4.16.

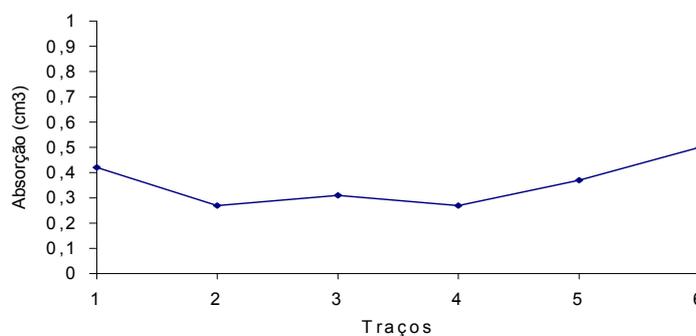


Figura 4.15 – Absorção média de água (cm³)/minuto – até o oitavo minuto

Em relação à cal, verifica-se que neste grupo o traço com menor índice de absorção, traço IV, utiliza argamassa pré-misturada. Isso parece justificar-se a medida que obtemos, neste caso, uma maior hidratação da cal em relação aos traços I e III, visto que existe um maior tempo de contato da cal com a umidade.

Já para as argamassas que utilizam aditivos em sua composição (traços II, V e VI), existe uma relação de proporcionalidade direta entre o aumento da permeabilidade das argamassas com a relação água/aglomerante, como nos mostra a figura 4.17.

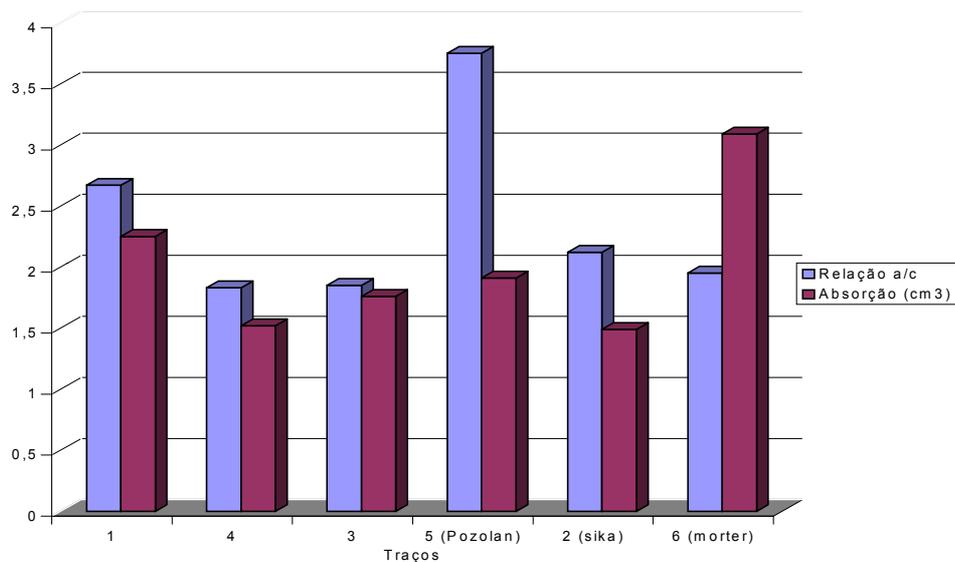


Figura 4.16 – Gráfico da relação água cimento x absorção de água

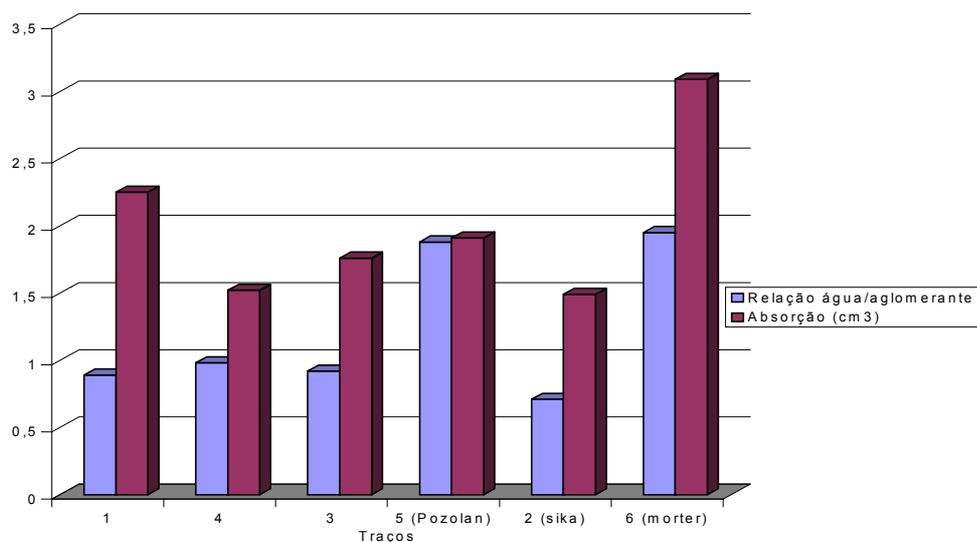


Figura 4.17 – Gráfico da relação água/aglomerante x absorção de água

Não se pode afirmar que a utilização da cal tenha influência nos resultados, visto que o traço II que apresentou a mais baixa permeabilidade, é o único do grupo que possui este aglomerante, mas, está acrescido de um aditivo impermeabilizante, o que pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Outro fator que parece justificar os resultados encontrados é a relação areia/finos, observa-se que em ambos os grupos o aumento da absorção de água é diretamente proporcional ao aumento da relação areia/finos. Isto se justifica a medida que o aumento desta relação resulta numa argamassa mais porosa e, portanto, mais permeável. Oliveira (1959) afirma que com a diminuição da relação material ativo/material inerte a permeabilidade aumenta, este fato é facilmente visualizado com auxílio da figura 14.18.

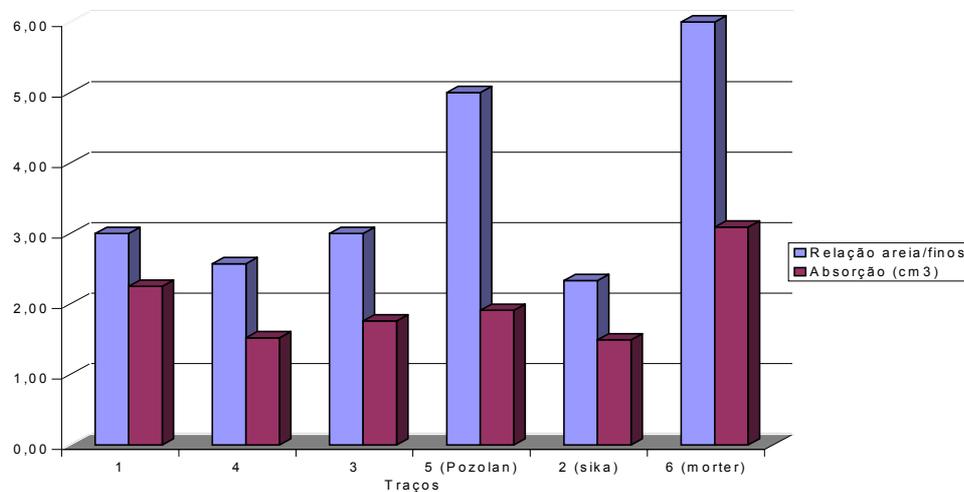


Figura 4.18 – Gráfico da relação areia/finos x absorção de água

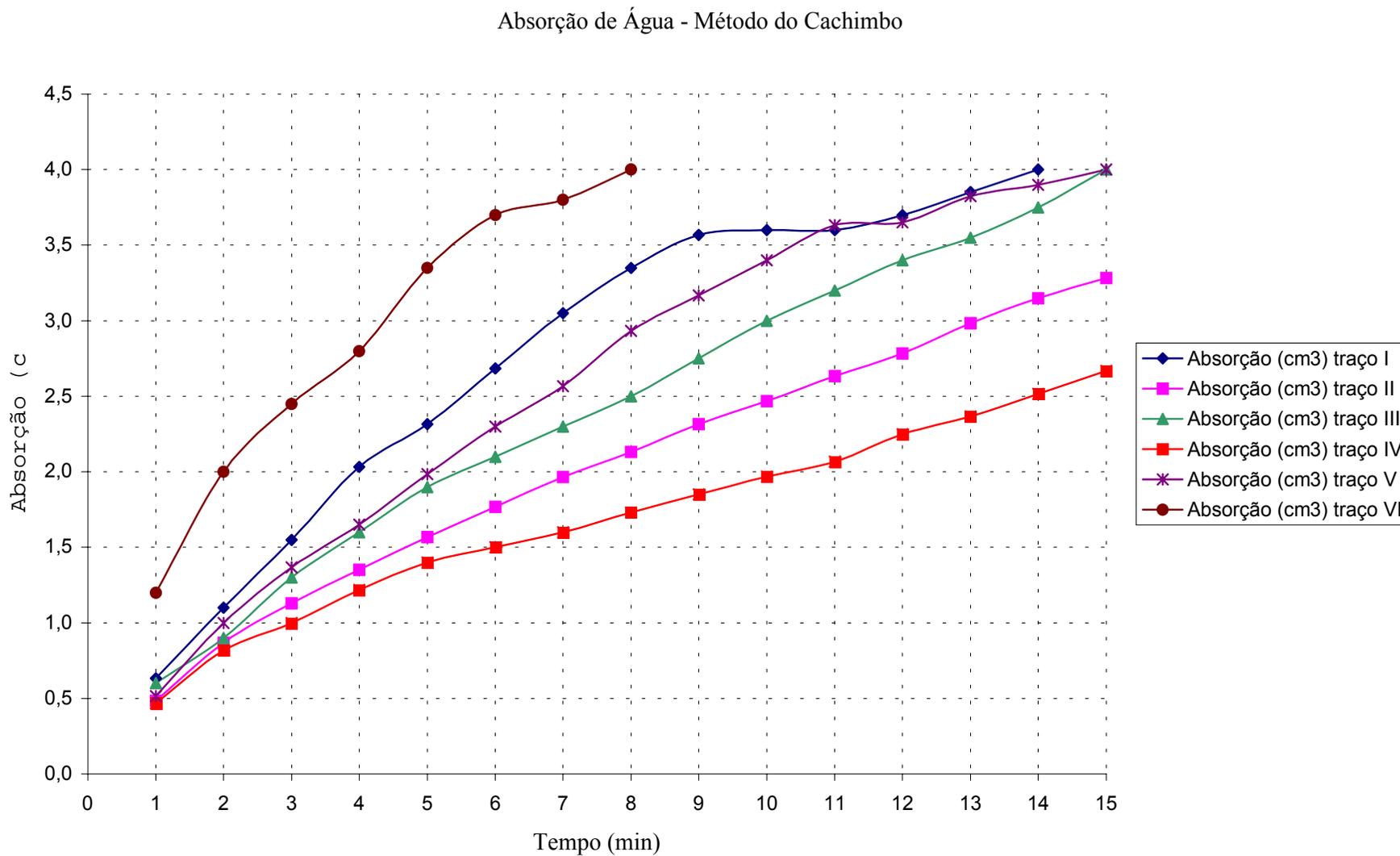


FIGURA 4.19 – Curvas de absorção de água

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

5.1 CONCLUSÕES

Através de uma análise comparativa dos resultados obtidos nos ensaios realizados, pode-se observar que existe uma relação de proporcionalidade direta entre o consumo de cimento e o aumento da resistência mecânica dos traços ensaiados. Isto parece justificar-se a medida que as argamassas mais ricas são mais compactas, menos porosas pelo maior teor de pasta aglomerante e, conseqüentemente, apresentam melhores resistências.

Isto pode ser comprovado através dos ensaios de resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, do módulo de elasticidade, da resistência de aderência à tração e resistência de aderência ao cisalhamento, onde o consumo de cimento foi o maior responsável pelos resultados obtidos.

Em relação à cal, pode-se afirmar que seu acréscimo não parece ter influenciado nos resultados obtidos, isto se justifica a medida que o ganho de resistência proporcionado por este componente é lento ao longo do tempo e, nestes ensaios, os corpos de prova foram ensaiados aos 28 dias de idade.

Portanto, é viável afirmar-se que o aumento do consumo de cimento é o maior responsável pela melhoria das propriedades das argamassas e, conseqüentemente, um bom indicador de sua qualidade no estado endurecido.

No entanto, cabe salientar que argamassas com teores elevados de cimento, podem apresentar em algumas de suas propriedades, como a retração e o módulo de elasticidade, resultados insatisfatórios.

Através da análise da conformação dos gráficos que representam os resultados, consegue-se observar, com auxílio da figura 4.11, uma tendência muito forte de relação entre os ensaios mecânicos, apesar do elevado coeficiente de variação apresentado pelos ensaios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento.

Assim sendo, pode-se tomar a resistência à compressão axial como propriedade controladora da qualidade dos revestimentos com argamassas, uma vez que esta propriedade é de fácil avaliação.

Outros dois fatores podem ter influenciado na obtenção destes resultados, a variação na granulometria da areia e o próprio aditivo. Quanto ao primeiro, seria necessária a realização de ensaios específicos com a finalidade de se avaliar esta influência, o que não ocorre nesta pesquisa, e em relação ao segundo, torna-se difícil esta afirmação a medida que não se conhece o efeito que cada aditivo provoca nos traços estudados.

Em relação aos traços, nota-se que o traço III foi o que apresentou o melhor desempenho no conjunto das propriedades ensaiadas, chegando a diferir significativamente, num grande número de resultados, dos demais traços estudados.

Nas propriedades em que não apresentou o melhor desempenho, como retração por secagem e absorção de água, obteve o penúltimo e terceiro melhor resultado respectivamente e, o mais importante nestes dois casos é que, não diferiu significativamente dos traços com melhor desempenho. Com isso, pode-se concluir que este traço pode ser utilizado sem restrições técnicas para argamassa de revestimento, apesar de ser considerado, por muitos, um traço muito forte para esta finalidade.

Já o traço V, apresentou o pior desempenho quando submetido à avaliação da maioria das propriedades ensaiadas, diferindo significativamente dos demais traços.

Embora não se tenha feito nenhum ensaio de abrasão, verificou-se que o traço em questão se esfarela com facilidade.

Em outra propriedade, a absorção de água, apresentou o antepenúltimo melhor desempenho, não chegando, no entanto, a diferir significativamente dos demais traços.

Trata-se de um traço com desempenho muito abaixo dos demais, devendo, portanto, haver restrições quando de sua utilização, mesmo que não existam parâmetros normativos mínimos estabelecidos para o desempenho da maioria das propriedades das argamassas.

O traço VI apresentou o pior desempenho quando submetido ao ensaio de absorção de água, chegando, a diferir significativamente dos demais resultados.

Todavia, nas demais propriedades ensaiadas, o traço em questão apresentou bom desempenho quando comparado com os demais traços, sendo, portanto, sua utilização indicada para revestimentos que não estarão em contato com a umidade, logo, não deve ser utilizado para revestimentos externos.

Os traços I, II e IV localizaram-se numa faixa intermediária na análise comparativa das propriedades ensaiadas.

Como se pode observar, as propriedades das argamassas de revestimento variam de acordo com os componentes e a proporção em que são utilizados em cada traço, cabendo, portanto, ao responsável técnico a escolha da argamassa mais adequada em função de sua

utilização.

Para locais onde existe a necessidade de traços resistentes, como revestimentos expostos a intempéries, a impactos e ao cisalhamento, deve-se fazer a opção por traços com maior resistência mecânica, mais ricos, com considerável consumo de cimento, como os traços III e II.

Já, para locais onde não existe a necessidade de traços muito resistentes deve-se fazer a opção por traços mais pobres, com menor consumo de cimento, menor módulo de elasticidade e, conseqüentemente, mais elásticos e menos sujeitos a fissuras, como os traços I e IV.

Para locais onde os revestimentos ficam expostos a umidade, recomenda-se traços com baixa absorção de água, aqueles com baixa relação água/cimento e areia/finos como os traços II e IV.

Porém, juntamente com a finalidade de sua utilização, é recomendável verificar-se a real necessidade da utilização de argamassas que apresentaram, nos ensaios realizados, valores extremos.

Tecnicamente, para os traços estudados, observamos que o traço III foi o que apresentou o melhor conjunto de resultados e o traço V o mais baixo desempenho. Porém, deve-se levar em consideração que um conjunto de outras argamassas apresentaram resultados satisfatórios, sendo, portanto, de suma importância um estudo da viabilidade econômica entre as argamassas aqui ensaiadas.

Este fator pode vir a ser determinante quando da escolha da argamassa a ser empregada, optando-se, talvez, por um dos traços que apresentaram, nos resultados dos ensaios, valores intermediários, uma vez que não existem valores mínimos estabelecidos por normas, para a maioria das propriedades, que nos levem a desconsiderar estas argamassas.

Ficam dificultadas as conclusões de uma maneira mais contundente, uma vez que não existem normas específicas que determinem parâmetros mínimos para avaliação de algumas propriedades das argamassas de revestimento.

Na medida que, muitas vezes, os traços são escolhidos sem o conhecimento mais aprofundado das respostas que estes darão frente às solicitações a que serão impostos, os resultados aqui obtidos ficam como indicativo de desempenho que poderão auxiliar quando da escolha do traço de argamassa para revestimento.

5.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Com o intuito da continuidade desta pesquisa fica como sugestão para futuros trabalhos a determinação do volume de vazios, da porosidade e, a possibilidade de um estudo da viabilidade econômica das argamassas aqui estudadas. Pois, com o incremento destes novos resultados, podemos traçar um paralelo entre as propriedades e o custo destas argamassas, chegando-se, quem sabe, a um traço ideal para a região.

Também como sugestão, fica a possibilidade de um estudo mais aprofundado dos traços que utilizam aditivos, procurando melhorar as propriedades destas argamassas em função da variação dos materiais constituintes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. D. **Materiais de Construção**. 6ª ed. Coleção Didática n.º 10. Editora da Universidade Federal de Goiás. Goiânia 1987. 363p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Specification for application of portland cement-based plaster**. In: Annual Book of ASTM Standards. Easton, 1987. ASTM C 926.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar**. In: Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1989 ASTM C 144.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Mortar for Unity Masonry**. In: Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1989. ASTM C 270.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Ready-Mixed Mortar for Unity Masonry**. In: Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1990. ASTM C 1142.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units**. In: Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1986. ASTM C 952.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Measuring the Drying Shrinkage of Masonry Mortar**. In: Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1990. ASTM C 1148.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry**. In: Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1991. ASTM C 780.
- AZEREDO, H. A. **Dosagens das argamassas empregadas na construção de edifícios**. São Paulo, 1978. EPUSP. Dissertação Mestrado.
- AZEREDO, H. A. **O edifício e seu acabamento**. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1990.

- BAUER, E. et al. **Geração de parâmetros de referência para controle de recebimento de agregados para argamassas de revestimento.** In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Salvador, 1997.
- BOLORINO, H.; CINCOTTO, M. A. **A influência do tipo de cimento nas argamassas.** In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Salvador, 1997.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS 5262 **External referended finishes.** London, BSI, 1976. 21 p. (Code of Practice 221).
- BUCHER, H. **Argamassas de Cimento: Características e Composição.** Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, junho 1988. 17p.
- BUCHER, H.; NAKAKURA, E. **A capacidade de Deformação de Argamassas Colantes à Base de Cimento Portland.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Goiânia, 1995. Anais. pág. 167-176.
- CAMPITELI, V. et al. **Dosagem Experimental de Argamassas Mistas a partir de Cal Virgem Moída.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Goiânia, 1995. Anais. pág. 73-82.
- CARASEK, H.C.; DJANIKIAN, J. G. **Avaliação da trabalhabilidade para argamassas de assentamento e revestimento.** In: Congresso Brasileiro de Cimento. ABCP. São Paulo, 1993.
- CARASEK, H.C. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** São Paulo, 1996. USP. Tese Doutorado.
- CARASEK, H.C. **Ensaio de aderência para revestimento de argamassa.** In: Anais da XXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural. Porto Alegre, RS, 1991.
- CARASEK, H. C. et al. **Estudo do Comportamento das Argamassas de Assentamento Contendo Saibro.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Goiânia, 1995. Anais. pág. 153-164.
- CARASEK, H. C. & CAMPAGNOLO, J.L. **Aderência de argamassas de assentamento para alvenaria estrutural.** In: 10º Encontro Nacional Construção. Gramado, RS. 1990.
- CARNEIRO, A. M. P. **Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia – Sistemática das empresas de construção civil de Porto Alegre.** Porto Alegre, 1993. UFRGS. Dissertação Mestrado.

- CARNEIRO, A. M. P.; CINCOTTO, M. A. **Distribuição granulométrica para argamassas.** Revista Técnica. São Paulo. março/abril, 1997.
- CARVALHO F.º, A. C.; LIMA, R. C. et. al. **Caracterização das Argamassas Usuais da Região Metropolitana do Recife - PE.** Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, 1995.
- CAVALHEIRO, O.P. **Argamassa de Assentamento: Receita, Dosagem ou Adequação de Traço.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Goiânia, 1995. Anais. pág. 134-142.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Hydrofuges de surface-choix et mise en geuvre. CSTC. Bruxelles, fev. 1982 b. (Note d'information technique 140). p.23.
- 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.
- CINCOTTO, M. A. et al. **Propriedades das argamassas de cimento:cal:areia.** In: Seminário sobre argamassas, IBRACON. São Paulo, 1985.
- CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: Análise e recomendações.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 1989.
- CINCOTTO, M. A. et al.. **Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio.** Instituto de Pesquisas tecnológicas. São Paulo, 1995.
- COZZA, E. **Cal à prova.** Revista Técnica. São Paulo, nov/dez, 1997.
- DA SILVA, T. M. P. Análise comparativa da influência do substrato na aderência dos revestimentos com argamassa. T. C. Passo Fundo, 2000.
- DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado; análise das manifestações típicas e levantamento dos casos ocorridos no estado de Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1988. Dissertação de Mestrado.
- DIN 18550, PARTE 1 – **Plaster terminology and requirements, Deutsche Norm.** Berlin, DIN, 1967.
- FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** PINI. São Paulo, 1994.
- FORMOSO, C.T. et al. **Um estudo sobre as perdas de materiais na industria da**

- construção civil e suas principais causas.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC – São Paulo, 1993. Anais. P.571-580.
- GUIMARÃES, J. E. P. et al. **A evolução da consolidação dos revestimentos das alvenarias com argamassas contendo cal hidratada.** In: Seminário sobre argamassas, IBRACON, São Paulo, 1985.
- GUIMARÃES, J. E. P.; CINCOTTO, M. A. **As aplicações da cal nas construções civil: Patologia das argamassas.** Associação Brasileira dos Produtores de Cal – ABPC. São Paulo, 1985.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 6474. Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
- **NBR 7175. Cal hidratada para argamassas - Especificação.** Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7200. Revestimento de paredes e tetos com argamassas: materiais, preparo, aplicação e manutenção.** Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 7211. Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, ABNT, 1983.
- NBR 7215. Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão .** Rio de Janeiro, ABNT, 1991.
- **NBR 7222. Argamassas e concretos – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- NBR 7224. Cimento e outros materiais em pó – Determinação da área específica.** São Paulo, ABNT, 1996.
- NBR 7251. Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- NBR 8214 Assentamento de azulejos - Procedimento.** Rio de Janeiro, ABNT, 1983.
- NBR 8490. Argamassas endurecidas para alvenaria estrutural – Retração por secagem – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
- NBR 8522. Concreto – Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão-deformação – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

- NBR 9776. Agregados – Determinação da massa específica de agregados.** São Paulo, ABNT, 1987.
- NBR 11579. Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira nº 200 – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1991.
- NBR 11581. Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega –** São Paulo, ABNT, 1991.
- NBR 13276. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência padrão – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
- NBR 13279. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio.** São Paulo, ABNT, 1995.
- NBR 13528. Revestimento de paredes e/ou tetos de argamassas inorgânicas: Determinação da resistência de aderência à tração – método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
- NBR 13529. Revestimento de paredes e/ou tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.** ABNT. Rio de Janeiro, Março, 1995.
- NBR 13749. Revestimento de paredes e/ou tetos de argamassa inorgânica– Especificação.** ABNT. Rio de Janeiro, Março, 1996.

INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES – RILEM. **MR-20 Determination of the bond strength of renderings by torsion tests; Testing methods of mortars and rendering.** 1st. Ed. France, RILEM, 1982.

IOPPI, P.R. **Estudo da aderência de argamassas de revestimento em substratos de concreto.** UFSC. Florianópolis, 1995. Dissertação Mestrado.

IOSHIMOTO, E. **Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais,** Tecnologia de Edificações, Editora PINI. São Paulo, 1988. p. 545-548.

JOHN, V. .M. et al. **Desempenho de argamassas mistas e com aditivos orgânicos.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. São Paulo, 1993. Anais. Vol. 1, p 271-280.

JOISEL, A. **Fissuras y grietas en morteros y hormigones; sus causas y remedios.** 5ª ed. Barcelona. Editores Técnicos Asociados, 1981. p 15-65, p 92-94.

- LAND, F.R. **Argamassas de assentamento e revestimento**. Escola Politécnica da USP/BNH-CEF. Relatório Final, Julho. 1987.
- LARA, D. et al. **Dosagem das Argamassas**. In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Goiânia, 1995. Anais. pág. 63-72.
- MARTINELLI, F. A.; HELENE, P. R. L. **Usos, Funções e Propriedades das Argamassas Mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimento de Alvenarias**. Boletim Técnico PCC/47. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.
- MARTINELLI, F. A. **Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenarias**. EPUSP. São Paulo, 1989, Dissertação de Mestrado.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Estudo sobre a técnica executiva de revestimentos de argamassa sobre paredes de alvenaria**. In: International Seminar on Structural Masonry for developing countries, 5 th, Florianópolis, 1994, Anais, UFSC/ANTAC, p. 594-607.
- MIBIELLI, J. G. **Estudo da aderência de revestimentos cerâmicos externos**. UFSC. Florianópolis. Santa Catarina, 1994.
- MÓDULO 7 DO DTC – **Tecnologia e desenvolvimento s/c Ltda**. Sinduscon -Goiânia, 1997.
- MORALES, G.; BENINI, W. C. M. **Caracterização das diferentes marcas de cales comercializadas na região da grande Londrina**. In: II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 1997, Salvador.
- MUÑOZ, R. C. **Materiais de construção civil**. UFES. Espírito Santo, 1994.
- MURRAY, I. H. **The adhesion of cementitious render to a Brick background**. Garston, Building Research Establishment, Aug. 1983.
- OLIVEIRA, H. P. **Uma introdução para o emprego racional das argamassas nos edifícios**. Universidade da Bahia. Salvador, 1959.
- PETRUCCI, E. **Materiais de Construção**. 5ª ed. Editora Globo. Porto Alegre, 1980. 435p.
- PINTO, J. N. **Elementos para dosagem de argamassas**. Multipress. Santa Maria, 1986.
- POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede**. UFRGS Porto Alegre, 1985. Dissertação Mestrado.
- SABBATINI, F. H. **Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria Resistente**.

- Boletim Técnico 02/86. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986.
- SABATTINI, F. H. **Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas.** In: 13º Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto. São Paulo, 1990.
- 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 fachadas dos edifícios.** USP. São Paulo, 1989. Dissertação de Mestrado.
- SILVA, M. R. **Materiais de Construção.** 1ª ed. Editora Pini. São Paulo, 1985. 266p.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** Pini: EPUSP: IPT. São Paulo, 1989.
- THURLER, C.; FERREIRA, V. **A evolução da Resistência de Aderência de Algumas Argamassas Colantes Nacionais.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Goiânia, 1995. Anais. pág.177-186.
- TRISTÃO, F.; HOMAN, H. **Análise de Métodos de Ensaio para Caracterização das Argamassas de Revestimento das Edificações.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Goiânia, 1995. Anais. pág. 226-235.
- VERÇOZA, Ê. J. **Patologia das edificações.** Porto Alegre: Sagra, 1991.
- YOSHIDA, A.T.; BARROS, M. **Caracterização de Argamassas no Estado Fresco: Peculiaridades na Análise de Argamassas Industrializadas.** In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Goiânia, 1995. Anais. pág. 53-62.

ANEXO A

Tabela Anova para ensaios de resistência à compressão axial

DESIGN: 1 – way ANOVA, fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: COMPRESSÃO
 BETWEEN: 1 – TRAÇO (6): I II III IV V VI
 WITHIN: none

STAT. GENERAL MANOVA		Tukey HSD test; variable COMPRES. (argamas.sta) Probabilities for Post-Hoc Tests MAIN EFFECT: TRAÇO					
TRAÇO		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		1.42667	2.213333	3.990000	1.156667	.100000	1.480000
I	(1)		.000170*	.000159*	.105230	.000159*	.991023
II	(2)	.000170*		.000159*	.000159*	.000159*	.063375
III	(3)	.000159*	.000159*		.000159*	.000159*	.000159*
IV	(4)	.105230	.000159*	.000159*		.000159*	.040732*
V	(5)	.000159*	.000159*	.000159*	.000159*		.000159*
VI	(6)	.991023	.063375	.000159*	.040732*	.000159*	

Tabela Anova para ensaios de resistência à tração por compressão diametral

DESIGN: 1 – way ANOVA, fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: TRAÇÃO
 BETWEEN: 1 – TRAÇO (6): I II III IV V VI
 WITHIN: none

STAT. GENERAL MANOVA		Tukey HSD test; variable TRAÇÃO (argamas.sta) Probabilities for Post-Hoc Tests MAIN EFFECT: TRAÇO					
TRAÇO		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		.1373333	.1566667	.4453333	.0810000	.0046667	.2193333
I	(1)		.813053	.000159*	.033735*	.000170*	.002334*
II	(2)	.813053		.000159*	.004367*	.000160*	.017078*
III	(3)	.000159*	.000159*		.000159*	.000159*	.000159*
IV	(4)	.033735*	.004367*	.000159*		.004079*	.000165*
V	(5)	.000170*	.000160*	.000159*	.004079*		.000159*
VI	(6)	.002334*	.017078*	.000159*	.000165*	.000159*	

Tabela Anova para ensaios do módulo de deformação estática

DESIGN: 1 – way ANOVA, fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: MÓDULO
 BETWEEN: 1 – TRAÇO (6): I II III IV V VI
 WITHIN: none

STAT. GENERAL MANOVA		Tukey HSD test; variable MÓDULO (argamas.sta) Probabilities for Post-Hoc Tests MAIN EFFECT: TRAÇO					
TRAÇO		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		1472.137	3632.970	8004.144	1183.090	0.000000	2770.793
I	(1)		.025150*	.000159*	.995059	.179477	.278930
II	(2)	.025150*		.000212*	.010803*	.000532*	.668810
III	(3)	.000159*	.000212*		.000159*	.000159*	.000162*
IV	(4)	.995059	.010803*	.000159*		.365293	.131326
V	(5)	.179477	.000532*	.000159*	.365293		.004339*
VI	(6)	.278930	.668810	.000162*	.131326	.004339*	

Tabela Anova para ensaios de resistência de aderência à tração por arrancamento

DESIGN: 1 – way ANOVA, fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: TRAÇÃO DIRETA
 BETWEEN: 1 – TRAÇO (6): I II III IV V VI
 WITHIN: none

STAT. GENERAL MANOVA		Tukey HSD test; variable TRAÇÃO DIRETA (cisalha1.sta) Probabilities for Post-Hoc Tests MAIN EFFECT: TRAÇO					
TRAÇO		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		.0227167	.0302400	.0543105	.0379053	.0276706	.0396956
I	(1)		.551461	.000121*	.006663*	.863429	.001977*
II	(2)	.551461		.000126*	.517264	.993119	.293168
III	(3)	.000121*	.000126*		.002176*	.000121*	.010206*
IV	(4)	.006663*	.517264	.002176*		.171182	.998266
V	(5)	.863429	.993119	.000121*	.171182		.071397
VI	(6)	.001977*	.293168	.010206*	.998266	.071397	

Tabela Anova para ensaios de resistência de aderência ao cisalhamento por torção

DESIGN: 1 – way ANOVA, fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: CISALHAMENTO
 BETWEEN: 1 – TRAÇO (6): I II III IV V VI
 WITHIN: none

STAT. GENERAL MANOVA		Tukey HSD test; variable CISALHAMENTO (cisalha1.sta) Probabilities for Post-Hoc Tests MAIN EFFECT: TRAÇO					
TRAÇO		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		.4277368	.4705714	.5372381	.5120000	.3860952	.5158677
I	(1)		.897060	.082829	.403674	.907672	.269898
II	(2)	.897060		.542425	.930157	.275130	.866623
III	(3)	.082829	.542425		.992000	.002969*	.994690
IV	(4)	.403674	.930157	.992000		.048711*	.999999
V	(5)	.907672	.275130	.002969*	.048711*		.018912*
VI	(6)	.269898	.866623	.994690	.999999	.018912*	

Tabela Anova para ensaios de retração por secagem

DESIGN: 1 – way ANOVA, fixed effects
 DEPENDENT: 1 variable: RETRAÇÃO
 BETWEEN: 1 – TRAÇO (6): I II III IV V VI
 WITHIN: none

STAT. GENERAL MANOVA		Tukey HSD test; variable RETRAÇÃO (argamas.sta) Probabilities for Post-Hoc Tests MAIN EFFECT: TRAÇO					
TRAÇO		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		-.052000	-.158667	-.134667	-.062000	-.049333	-.020000
I	(1)		.915459	.969203	.999999	1.000000	.999625
II	(2)	.915459		.999908	.962903	.907383	.793281
III	(3)	.969203	.999908		.989169	.964861	.889996
IV	(4)	.999999	.962903	.989169		.999998	.999186
V	(5)	1.000000	.907383	.964861	.999998		.999755
VI	(6)	.999625	.793281	.889996	.999186	.999755	

Tabela Anova para ensaios de absorção de água

DESIGN: 1 – way ANOVA, fixed effects, isolated control group

DEPENDENT: 1 variable: ABSORÇÃO

BETWEEN: 1 – TRAÇO (6): I II III IV V VI

2- TEMPO (9): 1 2 3 4 5 6 7 8 9

WITHIN: none

STAT. GENERAL MANOVA			Tukey HSD test; variable ABSORÇÃO (cachimbo.sta) Probabilities for Post-Hoc Tests MAIN EFFECT: TRAÇO					
TRAÇO TEMPO			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			2.251852	1.496296	1.755556	1.522222	1.911111	3.088889
I	....	(1)		.000118*	.000140*	.000118*	.009577*	.000118*
II	....	(2)	.000118*		.096337	.999840	.000799*	.000118*
III	....	(3)	.000140*	.096337		.173661	.610332	.000118*
IV	....	(4)	.000118*	.999840	.173661		.001920*	.000118*
V	....	(5)	.009577*	.000799*	.610332	.001920*		.000118*
VI	....	(6)	.000118*	.000118*	.000118*	.000118*	.000118*	