



DETERMINAÇÃO DAS VARIAÇÕES NAS PROPRIEDADES DA ARGAMASSA
DE REVESTIMENTO COM A ADIÇÃO DE RESINA (BASE PVA).

BELO HORIZONTE

2011



CARLOS ALEXANDRE DOS SANTOS OLIVEIRA
ILCEU DE LIMA BASTOS

DETERMINAÇÃO DAS VARIAÇÕES NAS PROPRIEDADES DA ARGAMASSA
DE REVESTIMENTO COM A ADIÇÃO DE RESINA (BASE PVA).

Projeto de pesquisa desenvolvido para apresentação
de Trabalho de Conclusão do Curso de Pós-
Graduação em Patologia nas Obras Civis, Pós-
Graduação *lato sensu*, do instituto IDD, para obtenção
do grau de especialista em Patologia nas Obras Civis.

Orientador: Prof. Msc. Luis Cesar Siqueira De Luca

BELO HORIZONTE

2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TCC

Por

CARLOS ALEXANDRE DOS SANTOS OLIVEIRA

ILCEU DE LIMA BASTOS

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, DO
INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A
SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) ____ de _____ de _____.

Nome do Professor Orientador

Nome do Professor Co-orientador

Nome do terceiro professor integrante da banca

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil professor De Luca pela valiosa colaboração e ensinamentos.

Ao laboratório de ensaios de materiais da Contecnologia Ltda, pelo apoio destinado na realização dos ensaios para obtenção dos resultados fornecidos no presente trabalho.

A empresa Solução Engenharia e ao engenheiro civil Otávio Vieira pelo apoio em toda a realização do curso.

As amigas Silvana e Jaxslane pela contribuição na realização de pesquisas e formatações.

Aos nossos pais e mães, pelo carinho e confiança depositada.

As nossas esposas e filhos pela paciência, carinho e amor incondicional.

Agradecemos a Deus pela força, saúde e a oportunidade de vencermos mais uma batalha.

Carlos A. S. Oliveira e Ilceu Lima Bastos

RESUMO

O presente trabalho visa determinar as variações nas propriedades da argamassa de emboço após a adição de resina (base PVA) na proporção de 6,0% sobre o peso do cimento. Para a determinação das variações foram executados dois painéis de argamassa, um sem a adição da resina (base PVA) denominado de painel de referência e outro com a adição da resina que foi denominado de painel experimental. Posteriormente foram realizados os seguintes ensaios em ambos os painéis: resistência de aderência a tração, resistência a tração na flexão, resistência a compressão, módulo de deformação, índice de consistência padrão, densidade de massa e teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água. Dentre os resultados observou-se que após a adição da resina (base PVA) a argamassa, apresentou um aumento na resistência à tração na flexão em relação à argamassa de referência aos 28 dias. Quanto aos sete dias e 14 dias foi menor e aos 21 dias foram semelhantes, isto devido ao atraso da hidratação do cimento, provocado pela adição da resina. Perceberam-se ainda aos 28 dias as argamassas modificadas possuem maior capacidade de absorver deformações.

Palavras Chaves: Resina (base PVA), Argamassa de emboço, Propriedades da argamassa.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura dos revestimentos	19
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Características e aspectos relativos à produção de argamassas.....	21
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Espessuras admissíveis de revestimento interno e externo para parede	22
Tabela 2 – Nível de exigência das propriedades do revestimento de argamassas	26
Tabela 3- Limites de resistência de tração.....	27
Tabela 4 - Exigências e reológicas para argamassas	29
Tabela 5 - Traço em massa e volume de argamassa de referência	32
Tabela 6 - Teores de polivinila (PVA)	32
Tabela 7- Propriedades do cimento utilizado.	33
Tabela 8 - Propriedades da CAL	33
Tabela 9 - Análise granulométrica do agregado miúdo.....	34
Tabela 10 - Caracterização física do agregado miúdo.....	35_Toc311546985
Tabela 11- Característica da resina (base PVA)	36
Tabela 12- Índice de consistência com seus respectivos a/c NBR-1327.....	51
Tabela 13- Resultado da retenção de água	52
Tabela 14- Resultados teor de ar incorporado e densidade de massa.....	53
Tabela 15 – Resultado da resistência à tração	54
Tabela 16 – Resultado da resistência à compressão (MPa).....	55
Tabela 17- Resultados médios de resistência de aderência à tração (MPa) em alvenaria de bloco de concreto chapiscado (NBR13528).....	57
Tabela 18 - Resultados médios de resistência de aderência à tração (MPa) em alvenaria de bloco de concreto chapiscado (NBR13528).....	58
Tabela 19- Resultado do módulo de deformação e deformação específica	59

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Vista da separação da cal.....	34
Foto 2 – Vista da pesagem da areia na balança.	35
Foto 3 – Vista do acetato de polivinila na proveta	36
Foto 4 e 5 – Vista da execução dos painéis em construção.....	37
Foto 6 e 7 – Vista da mistura da argamassa na betoneira, em detalhe a adição da areia e resina (base PVA).....	38
Foto 8 – Vista da aplicação da argamassa no painel	39
Foto 9 – Vista dos painéis identificados	39
Foto 10 – Vista da limpeza da mesa	41
Foto 11– Vista do tronco cônico no centro da mesa.....	41
Foto 12 – Vista da medição do índice consistência.....	42
Foto 13 e 14 – Vista do funil de Buchner e do operador realizando ensaio	43
Foto 15- Vista do recipiente de material não absorvente.	44
Fotos 16 e 17 – Vistas da realização do ensaio de teor de ar incorporado.	45
Foto 18 – Vista do corpo de prova na prensa para realização do ensaio de tração na flexão.....	46
Fotos 19 e 20 – Vistas da moldagem e início de rompimento dos corpos de prova.	47
Fotos 21 e 22 – Vista da execução do ensaio no painel de argamassa.	47
Foto 23 – Vista do distanciamento da retirada de cada testemunho.....	48
Foto 24 e 25 – Vista de corpo de prova na Pavitest.	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Analise comparativa do resultado da retenção de água.....	52
Gráfico 2 – Comparativo da densidade de massa.....	53
Gráfico 3 – Comparativo do teor de ar incorporado.....	53
Gráfico 4 – Analise comparativa do resultado de resistencia a tração na flexão. 55	
Gráfico 5 – Evolução das argamassas nos intervalos de tempo.	56
Gráfico 6 – Comparativo do resultado de resistência a aderência.....	58
Gráfico 7 – Análise comparativa do Módulo de deformação.....	59

Sumário

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO.....	4
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	5
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FOTOS	8
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. PROBLEMA.....	13
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. Objetivo Geral	14
1.2.2. Objetivos Específicos.....	14
1.3. HIPÓTESE.....	14
1.4. JUSTIFICATIVAS	14
1.4.1. Justificativas Tecnológicas.....	15
1.4.2. Justificativas Econômicas	15
1.4.3. Justificativas Sociais	15
1.4.4. Justificativas Ecológicas	15
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. O REVESTIMENTO EM ARGAMASSA.....	17
2.2. DEFINIÇÃO DE ARGAMASSA	18
2.3. CONSTITUINTES DA ARGAMASSA	19
2.4. ESTRUTURA DOS REVESTIMENTOS	19
2.4.1. Base ou Substrato	19
2.4.2. Chapisco	20
2.4.3. Emboço.....	21
2.4.4. Reboco.....	21
2.5 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA	22
2.5.1 Propriedades no Estado Fresco	22

2.5.1.1	Massa específica e teor de ar incorporado	23
2.5.1.2	Trabalhabilidade	24
2.5.1.3	Aderência inicial	24
2.5.1.4	Retenção de água	25
2.5.2	Propriedades no Estado Endurecido	25
2.5.2.1	Aderência	26
2.5.2.2	Capacidade de absorção de deformações	27
2.5.2.3	Retração	28
2.5.2.4	Resistência Mecânica	28
2.5.2.5	Durabilidade	29
2.5.2.6	Permeabilidade	29
3.	PROGRAMA EXPERIMENTAL	31
3.1.	O TRAÇO	31
3.2.	MATERIAIS	32
3.2.1.	Cimento	32
3.2.2.	Cal	33
3.2.3.	Agregado miúdo	34
3.2.4.	Acetato de Polivinila (Resina PVA)	35
3.3.	SUBSTRATO	36
3.4.	PREPARO DA ARGAMASSA DE EMBOÇO	37
3.5.	APLICAÇÃO DA ARGAMASSA DE EMBOÇO	38
3.6.	OS ENSAIOS	40
3.6.1.	Propriedades analisadas no estado fresco	40
3.6.1.1	Índice de consistência padrão	40
3.6.1.2	Capacidade de retenção de água	42
3.6.1.3	Densidade de massa e teor de ar incorporado	43
3.6.2.	Propriedades analisadas no estado endurecido	45
3.6.2.1	Resistência a tração na flexão	45
3.6.2.2	Resistência a compressão	46
3.6.2.3	Resistência de aderência à tração	47
3.6.2.4	Módulo de deformação	48

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	50
4.1. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NO ESTADO FRESCO...	50
4.1.1. Índice de consistência padrão.....	50
4.1.2. Capacidade de retenção de água	51
4.1.3. Densidade de massa e teor de ar incorporado	52
4.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NO ESTADO ENDURECIDO	54
4.2.1. Resistência a tração na flexão	54
4.2.2. Resistência a compressão	55
4.2.3. Resistência de aderência à tração	56
4.2.4. Módulo de deformação	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta como temática principal o estudo de adição de resina (base PVA) na argamassa de emboço para determinação das variações em algumas propriedades da argamassa em seu estado fresco e endurecido, as quais serão estudadas através da realização dos seguintes ensaios através de programa experimental: resistência de aderência a tração, resistência a tração na flexão, resistência a compressão, módulo de deformação, índice de consistência padrão, densidade de massa e teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água.

É importante ressaltar que a modificação de concretos e argamassas por polímeros e/ou resinas (particularmente de base látex) traz significantes alterações nas propriedades dos materiais. De uma forma geral observam-se melhorias nas propriedades econômicas gerais (compressão/tração) acompanhadas de diminuição do módulo de elasticidade (OHAMA, YOSHIHIKO 1987). O aparecimento de fissuras que são comuns aos revestimentos de fachadas pode ser diminuído à medida que se aumenta o teor do polímero, contribuindo para o aumento da durabilidade do sistema de revestimento (OLIVEIRA, J.A.C. 1999), estes polímeros empregados em argamassas modificadas são geralmente acetato de polivinila (PVA), acrílico (ACR), e estireno-butadieno (CBR), os quais tendem a causar alterações nas propriedades no estado fresco e endurecido, que são elas: teor de água, consistência, retenção de água, adesão inicial, aumento da durabilidade, aderência acompanhada de possível incremento na capacidade de deformação.

1.1.PROBLEMA

Quais as variações nas propriedades supracitadas da argamassa para emboço quando adicionada resina (base PVA) na proporção de 6,0% com relação à massa do cimento?

1.2. OBJETIVOS

Neste item apresentam-se os objetivos gerais e específicos da pesquisa que será desenvolvida.

1.2.1.Objetivo Geral

Determinar através de ensaios as variações nas propriedades da argamassa com a adição de resina (base PVA) na proporção de 6,0% sobre o peso do cimento.

1.2.2.Objetivos Específicos

- ✓ Verificar as variações nas propriedades da argamassa com a adição da resina (base PVA);
- ✓ Comparar os resultados obtidos para determinar quais as principais vantagens de tal adição na argamassa.

1.3.HIPÓTESE

Espera-se que com a adição da resina (base PVA) na argamassa, melhore principalmente sua resistência de aderência e capacidade de absorção de deformações, pois com esta melhoria a tendência é de um acréscimo na vida útil, diminuindo os custos com reparos precoces e manifestações patológicas prematuras.

1.4.JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para o desenvolvimento da pesquisa.

1.4.1.Justificativas Tecnológicas

A tecnologia de execução de revestimentos de argamassa em nosso país é extremamente deficiente, o que tem conduzido a situações inaceitáveis em termos dos níveis de problemas patológicos apresentados por estes revestimentos. Nossa pesquisa tem objetivo de ampliar o espectro de conhecimentos tecnológicos relativos ao sistema de revestimentos com a adição de resina (base PVA), para que com este conhecimento reduza o número de patologias prematuras.

1.4.2.Justificativas Econômicas

Com uma melhor qualidade das argamassas, conseqüentemente aumentará sua vida útil, reduzindo custos precoce com manutenções e/ou recuperações, que sempre impactam diretamente.

1.4.3.Justificativas Sociais

Como todo conhecimento não sistematizado a técnica do revestimento vem se degradando e perdendo qualidade, muitas vezes expondo a estrutura total ou parcialmente, o que gera um enorme desconforto para o usuário.

Deve-se assim implantar desenvolvimento de tecnologias para aumentar a vida útil das estruturas de forma a não expor situações de manifestações patológicas, diminuindo tal desconforto social.

1.4.4.Justificativas Ecológicas

Pela análise da realidade da construção, temos encontrado inúmeras manifestações patológicas apresentadas por revestimentos, com enormes volumes de recursos desperdiçados na sua execução. Com a melhoria na qualidade do material a tendência é diminuir estes problemas, o que gera menos reparo e conseqüentemente uma quantidade menor de resíduo, reduzindo o impacto ambiental.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realização deste trabalho dividiu-se basicamente em duas distintas etapas:

- a) Revisão Bibliográfica feita através de levantamentos e estudos tais como: livros, normas, teses, dissertações, artigos técnicos para auxílio nas etapas a seguir.
- b) Programa Experimental para determinação das variações nas propriedades da argamassa, com a realização dos seguintes ensaios: resistência de aderência à tração, resistência de tração na flexão, resistência à compressão, módulo de deformação, índice de consistência padrão, teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho será dividido em cinco capítulos, sendo:

Capítulo 1: foi realizada uma introdução ao tema onde apresenta: o problema de pesquisa e seus objetivos, hipótese, justificativas para a realização do estudo e os procedimentos metodológicos adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica que conceitua a argamassa e suas propriedades e o sistema de revestimento.

O **Capítulo 3** discorre sobre o programa experimental executado neste trabalho, apresentando a descrição dos passos adotados para execução dos painéis de argamassa, com e sem a adição da resina para a realização de ensaios.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados obtidos nos ensaios realizados apresentando comparativo com a utilização da resina.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

Neste capítulo foram apresentados os principais fundamentos do trabalho, com o problema de pesquisa, os objetivos e as justificativas que motivaram sua realização.

No capítulo seguinte será apresentada a revisão bibliográfica do estudo que servirá como base para realização do programa experimental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados conceitos e estudos relacionados aos temas pesquisados que se inicia com o sistema de revestimento e finaliza com as propriedades da argamassa em seu estado endurecido. Esta pesquisa serviu como base para realização do programa experimental descrito no próximo capítulo.

2.1.O REVESTIMENTO EM ARGAMASSA

O revestimento em argamassa é uma tecnologia construtiva que na sua essência tem seu uso desde a Idade Média. Inicialmente eram constituídos, na sua grande maioria, proveniente da mistura de cal e areia. Com a invenção do cimento Portland as argamassas sofreram uma evolução. Com a adição desse produto, conseguiram ter sua resistência aumentada e a aderência às bases onde eram aplicadas muito melhoradas, já nas primeiras idades.

Segundo Bauer (2005) pode ser classificado como um conjunto de subsistemas, cujas funções vão desde proteção da alvenaria até funções de natureza estética.

Os revestimentos de argamassa têm em geral, as seguintes funções:

- a) Proteger as vedações e a estrutura contra a ação de agentes agressivos precoce das mesmas, aumentar a durabilidade e reduzir os custos de manutenção.
- b) Auxiliar as vedações a cumprir as suas funções tais como: isolamento termo-acústico, estanqueidade à água e os gases e segurança ao fogo.
- c) Função estética de acabamento, valorização da construção.

d) Função de substrato, para revestimento de pastilhas, cerâmicas, azulejos ou fôrmica.

2.2. DEFINIÇÃO DE ARGAMASSA

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

A NBR 13529 (ABNT, 1995) define a argamassa para revestimento como sendo “uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”. Nesta mesma norma brasileira são definidos outros termos usuais envolvendo o revestimento executado à base de cimento e cal, ou ambos, quanto ao campo de sua aplicação. Podem-se encontrar definições como:

- ✓ Adições: materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos, adicionados às argamassas para modificar as suas propriedades e cuja quantidade é levada em consideração no proporcionamento;
- ✓ Argamassa de cal: argamassa preparada com cal como único aglomerante;
- ✓ Argamassa de cimento: argamassa preparada com cimento como único aglomerante;
- ✓ Revestimento: é o recobrimento de uma superfície lisa ou áspera com uma ou mais camadas sobrepostas de argamassa, em espessura normalmente uniforme, apta a receber um acabamento final.

2.3.CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

A argamassa é constituída essencialmente de agregados miúdos e de aglomerantes, que em geral são cimento Portland, cal (que pode ser substituída por aditivos) e/ou gesso.

2.4.ESTRUTURA DOS REVESTIMENTOS

O revestimento de argamassa é formado por camadas com funções e características específicas, conforme detalhe da figura 1.

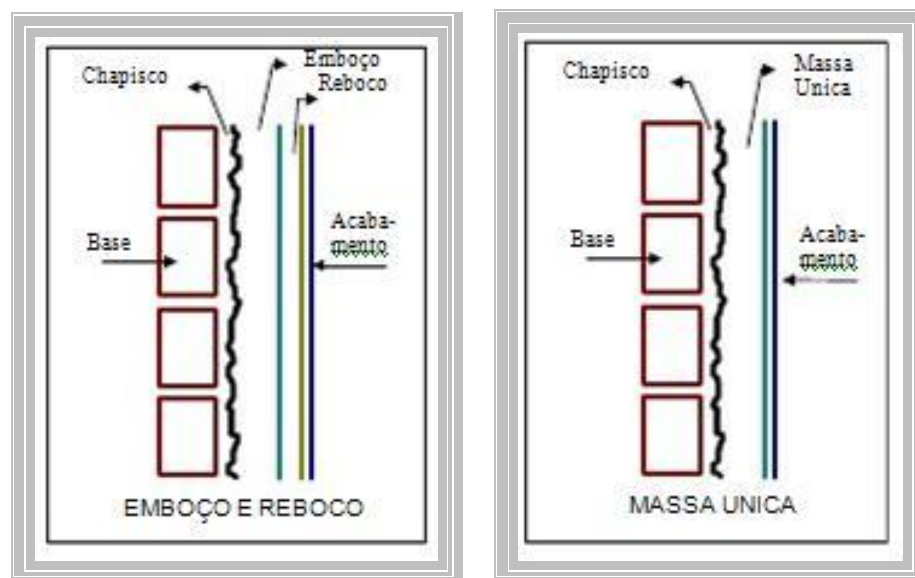


Figura 1- Estrutura dos revestimentos

Fonte: Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa
São Paulo, 1998.

2.4.1. Base ou Substrato

Pode-se definir substrato como uma base para aplicação das camadas de revestimento, sendo os mais usuais as bases de alvenaria e estrutura de concreto.

Conforme a NBR 13529 (ABNT, 1995) a base ou substrato são paredes ou tetos constituídos de material inorgânico, não metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.

A NBR 7200 (ABNT, 1998) especifica que as bases de revestimentos devem atender às exigências de planeza, prumo e nivelamento fixados nas normas de alvenaria e estrutura de concreto.

2.4.2. Chapisco

É uma camada que serve como elemento de ligação entre o revestimento e o substrato, com a função de cobrir, regularizar e melhorar a aderência da base com o revestimento.

A NBR 13529 (ABNT 1995) define chapisco como uma “camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a camada de revestimento.”

Com base nisto o uso do chapisco é sempre indicado e aplicado, devendo o mesmo seguir suas especificações de projeto. Existem diferentes tipos de chapisco: o tradicional, o industrializado e o rolado. As principais características de cada um deles são apresentadas no quadro 01.

ARGAMASSA DOSADA NO CANTEIRO
Central de produção = número de equipamentos de mistura adequado ao volume diário de consumo e próxima ao estoque dos materiais e ao equipamento de transporte vertical.
Estocagem individual de cada material = maior área de estocagem
Interferência como transporte vertical de outros materiais
ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA
Central de produção = caso não seja produzida nos próprios pavimentos do edifício
Possibilidade de redução da ocupação do canteiro e interferência com o transporte vertical dos outros materiais = produção nos pavimentos
Diminuição das áreas de estocagem = estocagem dos sacos de argamassa maior facilidade de controle e estocagem do material

ARGAMASSA FORNECIDA EM SILO
Dispensa a organização de uma central de produção = local para instalação do silo Diminuição das áreas de estocagem = todos os materiais constituintes da argamassa ficam armazenados no próprio silo Maior facilidade de controle e estocagem do material Mistura feita no equipamento acoplado no próprio silo = pode existir interferência ou não com o transporte dos outros materiais Mistura no pavimento = elimina-se a interferência do transporte dessa argamassa com outros materiais, otimizando a execução do revestimento.

Quadro 1- Características e aspectos relativos à produção de argamassas.

Fonte: Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa -
São Paulo, 1998

2.4.3.Emboço

Segundo Carasek (2007) e a NBR 13529 (1995) o emboço é uma “camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.” Normalmente é aplicado sobre o chapisco, mas também pode ser aplicado diretamente sobre a base preparada, o emboço deve promover uma boa ancoragem e possuir uniformidade de absorção para que haja boa aderência entre as duas camadas.

É muito importante ressaltar que o emboço somente poderá ser aplicado após a completa pega do chapisco, segundo Yazigi (2006).

2.4.4.Reboco

O reboco pode ser definido basicamente como uma camada de revestimento aplicada sobre o emboço ou diretamente sobre o substrato.

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 1995), o reboco trata-se da “camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final”.

Sua espessura deve ser apenas o suficiente para constituir uma película fina e contínua, com a superfície lisa, regular e com pouca porosidade, pois ela atua como suporte para pintura em geral.

A NBR 13749 (ABNT, 1996) estabelece as seguintes espessuras para revestimento interno e externo de paredes e tetos conforme a Tabela 1:

REVESTIMENTO	ESPESSURA (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Teto interno e externo	$e \leq 20$

Tabela 1- Espessuras admissíveis de revestimento interno e externo para parede

Fonte: ABNT – NBR 13749 (1996)

2.5 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA

Para que cumpram adequadamente suas funções é necessário que o revestimento em argamassa apresente um conjunto de propriedades específicas, tanto em seu estado fresco quanto em seu estado endurecido, os quais serão apresentados a seguir.

2.5.1 Propriedades no Estado Fresco

Entende-se como estado fresco sendo o período decorrido entre a mistura de aglomerantes e agregado miúdo com água e o início das reações de pega.

Sabattini (2000) cita as principais propriedades nesse estado sendo: massa específica e teor de ar incorporado, trabalhabilidade, retenção de água, aderência inicial e retração na secagem.

2.5.1.1 Massa específica e teor de ar incorporado

É a relação entre a massa e o volume do material, podendo esta ser absoluta ou relativa. Para a determinação da massa específica absoluta não são considerados os vazios existentes no volume da argamassa. Já na relativa, também chamada como massa unitária, consideram-se os vazios. Ela é imprescindível na dosagem das argamassas, para a conversão do traço em massa para volume, quem são comumente empregados na produção das argamassas em obra.

A NBR 13278 (ABNT, 1995) prescreve que o cálculo da densidade de massa (A), no estado fresco é realizado através da seguinte equação:

(1). Equação de cálculo da densidade de massa (A)

$$A = \frac{M_c - M_v}{V_r} \quad (1)$$

Onde:

M_c = massa do recipiente cilíndrico, contendo argamassa de ensaio, em g;

M_v = massa do recipiente cilíndrico de PVC vazio, em gramas;

V_r = volume do recipiente cilíndrico de PVC, em cm³.

O teor de ar incorporado pode ser definido como a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa, sendo que a medida que cresce o teor de ar, a massa específica relativa da argamassa diminui. Ambas as propriedades influem diretamente em outras da argamassa ainda em seu estado fresco, como a trabalhabilidade que será tratada a seguir.

É importante ressaltar que o teor de ar da argamassa pode ser aumentado através dos aditivos incorporadores de ar, porém o uso destes aditivos deve ser muito criterioso, pois tal aumento pode inclusive prejudicar a resistência mecânica e a aderência da argamassa por exemplo.

A NBR 13278 (ABNT, 1995) define a seguinte equação para o cálculo do teor de ar incorporado na argamassa (A_I):

(2). Equação para cálculo do teor de ar incorporado na argamassa (Al)

$$Al - 100 \times \{1 - A/B\} \quad (2)$$

Onde:

A - valor da densidade da massa

B - densidade de massa teórica da argamassa, sem vazios.

2.5.1.2 Trabalhabilidade

Pode-se dizer que é uma propriedade de avaliação qualitativa, pois segundo Carasek (2007) determina a facilidade com que as argamassas podem ser misturadas em seu estado fresco.

Uma argamassa é considerada trabalhável quando:

- a) Deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluida;
- b) Mantém-se coesa ao ser transportada, mas não adere a colher ao ser lançada;
- c) Distribui-se facilmente e preenche todas as reentrâncias da base;
- d) Não endurece rapidamente quando aplicada.

A trabalhabilidade é uma propriedade complexa, resultante da conjunção de diversas outras propriedades, tais como: consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial.

2.5.1.3 Aderência inicial

É a capacidade que a argamassa apresenta para ancorar na superfície da base através da penetração da pasta nos poros, reentrâncias e saliências seguidos do endurecimento gradativo da pasta. Esta propriedade está relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, pela ancoragem da argamassa da base,

através da pasta nos poros, reentrâncias e saliências seguidas do endurecimento da pasta.

A aderência inicial depende das outras propriedades da argamassa no estado fresco e das características da base de aplicação, como: porosidade, rugosidade, condições de limpeza da superfície de contato efetivo entre a argamassa e a base.

Para a obtenção de uma adequada aderência inicial, a argamassa deve apresentar a trabalhabilidade e retenção de água adequada à sucção da base e as condições de exposição, devendo ser comprimida após sua aplicação para promover maior contato com a base.

2.5.1.4 Retenção de água

Segundo Maciel e Barros (1998) retenção de água é a capacidade que a argamassa apresenta de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação, ela permite que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativa, promovendo a adequada hidratação do cimento e conseqüente ganho de resistência.

Podemos determinar e avaliar a retenção de água pelo método da norma NBR 13277 (ABNT, 2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.

2.5.2 Propriedades no Estado Endurecido

As propriedades da argamassa no estado endurecido equivalem às propriedades do próprio revestimento, porém o nível de exigência não é o mesmo para todos, a tabela 2 mostra através de uma escala qualitativa que cresce de 1 a 5, a variação do nível de exigência das propriedades de maior relevância para o revestimento, que serão tratadas na seqüência.

PROPRIEDADES	CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO				
	Interno			Externo	
	Paredes		Teto	Paredes	
	Base Pintura	Base Cerâmica		Base Pintura	Base Cerâmica
Capacidade de aderência	1	2	5	3	4
Capacidade de absorver deformações	3	1	3	4	2
Resistência à tração e compressão	1	2	1	3	4
Resistência ao desgaste superficial	3	1	1	2	1
Durabilidade	2	2	1	4	3

Tabela 2 – Nível de exigência das propriedades do revestimento de argamassas

2.5.2.1 Aderência

Segundo Maciel, Barros e Sabbatini (1998) a aderência é uma propriedade que o revestimento tem em manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. É resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa.

A aderência depende das propriedades da argamassa no estado fresco, dos procedimentos de execução do revestimento, da natureza e características da base e da sua limpeza superficial.

A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser medida através do ensaio de arrancamento por tração. De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 1996) o limite de resistência de aderência a tração para o revestimento de argamassa varia de acordo com o local de aplicação e tipo de acabamento conforme a tabela 3.

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

Tabela 3- Limites de resistência de tração

Fonte: ABNT – NBR 13749 (1996)

A aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico devido, basicamente, a penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação.

2.5.2.2 Capacidade de absorção de deformações

Maciel, Barros e Sabbatini (1998) definem como a propriedade que o revestimento apresenta quando exposto a pequenas tensões, devendo suportar as mesmas sem apresentar rupturas ou deformações que comprometam sua estrutura, aderência, estanqueidade e durabilidade. Elas podem ser de grande ou de pequena amplitude segundo Carasek (2007).

O revestimento só tem a responsabilidade de absorver as deformações de pequena amplitude que ocorrem em função da ação da umidade ou da temperatura e não as de grande amplitude, provenientes de outros fatores, como recalques estruturais, por exemplo:

- ✓ Do módulo de deformação da argamassa, pois quanto menor for o módulo de deformação, maior será a capacidade de absorver deformações;
- ✓ Da espessura das camadas, pois espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade, tomando sempre o cuidado para não se ter espessuras excessivas que comprometam a aderência;
- ✓ Das juntas de trabalho do revestimento, pois elas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para se ter um revestimento sem fissuras prejudiciais;

✓ Da técnica de execução, pois a compressão após a aplicação da argamassa e, também durante o acabamento superficial, iniciado no momento correto, contribuirão para um revestimento sem fissuras. O aparecimento de fissuras prejudiciais compromete a aderência, a estanqueidade, o acabamento superficial e a durabilidade do revestimento.

2.5.2.3 Retração

De acordo com Carasek (2007) a retração é o resultado de um mecanismo complexo, associado com a variação de volume da pasta aglomerante e apresenta papel fundamental no desempenho das argamassas aplicadas, especialmente quanto à estanqueidade e à durabilidade.

A retração ocorre devido à perda rápida e acentuada da água de amassamento e pelas reações na hidratação dos aglomerantes, fatos que provocam as fissuras nos revestimentos. As argamassas ricas em cimento apresentam maiores disponibilidades para o aparecimento de fissuras durante a secagem. Segundo Fiorito (2003), o endurecimento da argamassa é acompanhado por uma diminuição do volume em função da perda de água evaporável ocasionada pelas relações de hidratação.

2.5.2.4 Resistência Mecânica

Segundo Carasek (2007), a resistência mecânica é a propriedade dos revestimentos possuem em 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.

A NBR 13281 (ABNT, 2001) prescreve que os requisitos mecânicos e reológicos das argamassas devem estar em conformidade com as exigências indicadas na tabela 4 a seguir:

Características	Identificação	Limites	Método
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	NBR 13279
	II	$\geq 4,1$ e $\leq 8,0$	
	III	$> 8,0$	
Capacidade de retenção de água (%)	Normal	≥ 80 e ≤ 90	NBR 13277
	Alta	> 90	
Teor de ar incorporado (%)	A	< 8	NBR 13278
	B	≥ 8 e ≤ 18	
	C	> 18	

Tabela 4 - Exigências e reológicas para argamassas

Fonte: ABNT NBR 13281/2001

2.5.2.5 Durabilidade

É a propriedade da argamassa de resistir ao ataque de meios e agentes agressivos, mantendo suas características físicas e mecânicas inalteradas com o decorrer do tempo e de sua utilização.

Maciel, Barros e Sabbatini (1998), definem a durabilidade da argamassa com uma propriedade de uso do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento frente às ações do meio externo ao longo do tempo. É importante frisar que diversos fatores prejudicam a durabilidade dos revestimentos, tais como: fissuração, espessura excessiva, cultura e proliferação de microorganismos, qualidade das argamassas e a falta de manutenção.

2.5.2.6 Permeabilidade

Esta propriedade da argamassa está relacionada com a passagem de água pela camada de revestimento, constituída de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido como de vapor, ela ainda está bastante relacionada ao conjunto base-revestimento. Nesta propriedade o revestimento deve ser estanque à água, impedindo a sua percolação. Mas, é recomendável que o

revestimento seja permeável ao vapor para favorecer a secagem de umidade de infiltração (como a água da chuva, por exemplo) ou decorrente da ação direta do vapor de água, principalmente nos banheiros. Quando existem fissuras no revestimento, o caminho para percolação da água é direto até a base e, com isso, a estanqueidade da vedação fica comprometida.

A propriedade de permeabilidade depende da natureza da base, da composição e dosagem da argamassa, da técnica de execução, da espessura da camada de revestimento e do acabamento final.

Este capítulo consistiu numa revisão bibliográfica dos assuntos inerentes à temática do trabalho, abordando o sistema de revestimento, e suas propriedades. Este conhecimento foi utilizado para a execução do programa experimental descrito no capítulo a seguir.

3.PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo, será apresentado um experimento realizado com o intuito de determinar as variações nas propriedades da argamassa com a adição da resina (base PVA) que é o acetato de polivilina na proporção de 6% com relação ao peso do cimento misturado em uma argamassa convencional mista de cimento cal e areia.

O programa experimental consiste na execução de um painel de argamassa de emboço de traço 1:1: 6, o qual foi denominado de painel de referência e um outro painel com o mesmo traço apenas acrescentando o acetato de polivinila na proporção supracitada, o qual foi denominado de painel experimental. Ambos foram submetidos aos seguintes ensaios: resistência de aderência a tração, resistência à tração na flexão, resistência à compressão, módulo de deformação, índice de consistência padrão, densidade de massa e teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água.

Alguns parâmetros foram considerados padronizados durante o estudo para uma correta leitura dos resultados.

Quanto à argamassa de emboço, os parâmetros constantes foram:

- a) o tipo de substrato;
- b) a composição, o processo de produção e a forma de lançamento das argamassas utilizadas.

3.1.O TRAÇO

O traço da argamassa foi produzido em laboratório, considerando-se as características dos materiais previamente determinados. É importante ressaltar que ao longo de toda pesquisa, foram mantidos inalterados o cimento, a cal e a areia.

A mistura foi feita a partir de um estudo de dosagem realizado onde se buscou atingir uma resistência mínima de aderência a traços de 0,30 MPa sendo aplicada a argamassa em um substrato de bloco de concreto chapiscado. O traço utilizado segue detalhado na tabela 5 a seguir:

Traço	Volume	Massa	A/C	Teor de cimento
	Cimento, cal, areia	Cimento, cal, areia	Massa	% massa
T1	1:0, 87:5, 26	1:1: 6	1,38	14,28

Tabela 5 - Traço em massa e volume de argamassa de referência

Segue a seguir na tabela 6 o teor de acetato de polivinila adicionado no traço.

Teor	d/m ³	P cimento ¹	P aglomerantes ²
Traço 1	14, 432	6,0%	3,2%

Tabela 6 - Teores de polivinila (PVA)

3.2.MATERIAIS

A seguir serão descritos detalhadamente as principais características dos materiais utilizados:

3.2.1.Cimento

O cimento utilizado foi o cimento foi do tipo CP-II-F-32, marca Ciplan.

Segue abaixo na tabela 7 as propriedades do cimento:

Método de ensaio	Propriedades		CP II-E-32	
			Amostra Utilizada	NBR-11578
NBR-6474	Massa específica kg/dm ³		3,13	-
NBR-7215	Resistência à compressão MPa	3 dias	26,8	≥ 10
		7 dias	32,8	≥ 20
		28 dias	41,6	≥ 32
NBR-7224	Superfície específica Blaine (m ² /kg)		352	≥ 260
NBR-7251	Massa unitária no estado solto		1,18	-

	kg/dm ³			
NBR-11579	Finura resíduo na peneira ABNT 0, 075 mm		6,4%	≤12%
NBR-11581	Tempo de início de pega		2,0h e 55min	≥1h
NBR-11582	Expansibilidade a quente (mm)		0,5	≤5

Tabela 7- Propriedades do cimento utilizado.

3.2.2.Cal

A cal utilizada foi do tipo hidratado calcítica CHI, marca MASSICAL, fabricada pela ICAL. Segue abaixo na tabela 8 as propriedades da cal.

Método de ensaio	Propriedades	Cal hidratada	
		Amostra Utilizada	NBR-7175
NBR-6474	Massa específica (kg/dm ³)	2,65	-
NBR-7224	Superfície blaine (m ² kg)	913	-
NBR-7251	Massa unit. no est. solto(kg/dm ³)	0,72	-
NBR-9205	Estabilidade	Sim	Sem defeito
NBR-9206	Plasticidade	128	≥ 110
NBR-9207	Incorporação de areia	2,5	≤ 2,2
	Peneira ABNT 0,6 mm	0,3%	≤ 0,5%
NBR-9289	Finura peneira ABNT 0,075mm	10,5%	≤ 15%
NBR-9290	Retenção de água	82%	≥ 80%

Tabela 8 - Propriedades da CAL

A foto 1 a seguir ilustra o material utilizado.



Foto 1 – Vista da separação da cal

3.2.3. Agregado miúdo

Foi utilizado como agregado miúdo uma areia lavada fina proveniente do Rio Tijuco, Região da cidade de Prata – MG (areia natural), cuja granulometria e caracterização física seguem nas Tabelas 9 e 10 a seguir:

Abertura da peneira	Areia natural	
	% Retida individual	% Retida acumulada
4,8	0,21	0,21
2,4	3,04	3,25
1,2	10,20	13,45
0,6	28,64	42,09
0,3	32,07	74,16
0,15	19,35	93,51
< 0,15	6,49	100,0
Total	100,00	-

Tabela 9 - Análise granulométrica do agregado miúdo.

Ensaio realizado	Unidade	Norma	Resultado médio
Módulo de finura	-	NBR-7217	2,26
Classificação	-	NBR-7211	Fina zona 2
Massa unitária solta	g/cm ³	NBR-7251	1,642
Massa específica	g/cm ³	NBR-9776	2,642
Absorção de água	(%)	NBR-9777	0,912
Teor de material pulverulento	(%)	NBR-7219	1,92

Tabela 10 - Caracterização física do agregado miúdo.

A foto 2 a seguir ilustra a areia já separa e sobre a balança para pesagem.



Foto 2 – Vista da pesagem da areia na balança.

3.2.4. Acetato de Polivinila (Resina PVA)

A resina utilizada (base PVA) utilizada foi o acetato de polivinila, cujas características seguem a seguir na Tabela 11:

Características	
Aspecto	Branco leitoso
Teor de sódios	44±1%
PH	4-5
Massa específica g/cm ³	1,02

Tabela 11- Característica da resina (base PVA)

A foto 3 mostra o acetato de polivinila que também está sendo nomeado no trabalho como resina (base PVA) na proveta.



Foto 3 – Vista do acetato de polivinila na proveta

3.3.SUBSTRATO

Para realização do trabalho foi construído como substrato um painel de alvenaria com bloco de concreto chapiscado de 2,40m de comprimento por 1,40 m de altura, o qual foi dividido em duas áreas iguais de 1,20 m de largura por 1,40 de altura.

Após a aplicação das argamassas, fez-se o sarrafeamento e esperou em torno de 28 minutos para o desempenho.

As fotos 4 e 5 demonstram a construção dos painéis.



Foto 4 e 5 – Vista da execução dos painéis em construção

3.4.PREPARO DA ARGAMASSA DE EMBOÇO

As argamassas foram preparadas através de mistura em uma betoneira com capacidade de 120 litros com eixo inclinado, utilizando-se dosagem em massa a uma temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e uma umidade relativa de 52% (ambiente do laboratório), sendo a introdução dos materiais a seguinte:

- ✓ Para argamassa de referências: agregado miúdo, cal, cimento e água.
- ✓ Para argamassa experimental: agregado miúdo, cal, cimento e acetato de polivinila diluído na água.

Após a adição da água de amassamento a argamassa foi misturada na betoneira por um período de 5 minutos seguindo em repouso de 15 minutos.

Após este repouso, a argamassa foi misturada por mais 3 minutos e em seguida descarregada da betoneira. As fotos 6 e 7 a seguir ilustram a colocação dos materiais na betoneira.



Foto 6 e 7 – Vista da mistura da argamassa na betoneira, em detalhe a adição da areia e resina (base PVA)

3.5.APLICAÇÃO DA ARGAMASSA DE EMBOÇO

A argamassa foi lançada sobre o substrato de forma manual. A espessura do revestimento foi fixada em 25 ± 5 mm. Após a aplicação da argamassa, aguardou-se o ponto de sarrafeamento do revestimento. Decorrido este tempo de espera, o pedreiro cortou a argamassa excedente por meio de uma régua de alumínio.

Posteriormente, executou-se o desempeno da superfície com uma desempenadeira de madeira. O acabamento final adotado foi áspero.

É importante ressaltar que ambos os painéis de argamassa foram realizados na mesma data, utilizando-se a mesma mão de obra, equipamentos e procedimentos de execução. O acabamento dos painéis também foi padronizado, a fim de evitar resultados distorcidos. A foto 8 a seguir mostra o painel com parte do revestimento lançado.



Foto 8 – Vista da aplicação da argamassa no painel

A foto 9 ilustra os painéis executados e devidamente identificados, sendo o primeiro da esquerda para a direita o painel de referência e o outro painel experimental.



AR – referencia



AE - experimental

Foto 9 – Vista dos painéis identificados

3.6.OS ENSAIOS

Serão apresentados os ensaios realizados neste programa experimental, os quais foram subdivididos pelas propriedades da argamassa em seu estado fresco e no estado endurecido.

3.6.1.Propriedades analisadas no estado fresco

Serão apresentados os ensaios realizados com a argamassa em estado fresco.

3.6.1.1 Índice de consistência padrão

O ensaio de determinação do índice de consistência foi realizado de acordo com a NBR-13276/2005, estando o laboratório com a temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $(60 \pm 5)\%$.

Para realização do ensaio utilizou-se a seguinte aparelhagem:

- a) Balança com resolução de 0,1 g;
- b) Mesa para índice de consistência, conforme a ABNT NBR 7215;
- c) Molde tronco cônico, conforme a ABNT NBR 7215;
- d) Soquete metálico, conforme a ABNT NBR 7215;
- e) Misturador mecânico, conforme a ABNT NBR 7215;
- f) Paquímetro com resolução de 1mm próprio para medição até 300 mm.

Antes do início do ensaio o tampo da mesa foi limpo com pano umedecido para que a superfície permaneça ligeiramente úmida, conforme observa na foto 10 a seguir:



Foto 10 – Vista da limpeza da mesa

Logo após a preparação da argamassa foi preenchido o tronco cônico em três camadas sucessivas com alturas iguais e aplicação de 15, 10 e 5 golpes respectivamente com a utilização de soquete metálico. O rasamento da argamassa no tronco cônico foi efetuado com a utilização de régua metálica. A Foto 11 ilustra a colocação do tronco cônico no centro da mesa conforme determinação da NBR 13726/2005.



Foto 11– Vista do tronco cônico no centro da mesa

O índice de consistência corresponde à média das três medidas de diâmetro, expressa em milímetros, sendo arredondada ao número inteiro mais próximo. Observa na foto 12 execução de medida de diâmetro.



Foto 12 – Vista da medição do índice consistência

3.6.1.2 Capacidade de retenção de água

O ensaio de capacidade de retenção de água consiste na medição do diâmetro de umidade no papel de filtro que fica em contato com a argamassa em diversos tempos. Foram medidos três intervalos de tempo sendo respectivamente 2,7 e 10 minutos sendo que foi tirada a média de cada intervalo de tempo para realização de uma leitura. O ensaio foi realizado de acordo com a ABNT NBR 13277/2005, tendo sido utilizados os seguintes aparelhos:

- a) Funil de Buchner: modificado, conforme ABNT NBR 9290, com bomba a vácuo;
- b) Discos de papel-filtro: qualitativos, com 200 mm de diâmetro;
- c) Soquete metálico, conforme ABNT NBR 7215;
- d) Régua metálica, bisotada com comprimento mínimo de 300 mm;
- e) Balança com alta resolução
- f) Cronômetro
- g) Diversos utensílios de laboratório.

As Fotos 13 e 14 ilustram a realização dos ensaios.



Foto 13 e 14 – Vista do funil de Buchner e do operador realizando ensaio

3.6.1.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado

Este ensaio foi realizado de acordo a determinação da ABNT NBR 13728/2005, tendo sido utilizado os seguintes aparelhos:

- a) Balanção de alta resolução;
- b) Recipiente de material não absorvente de capacidade aproximada de 400 cm³;
- c) Placa de vidro transparente quadrada de 100 mm e espessura de 3 mm;
- d) Diversos utensílios de laboratório.

Foi pesado o recipiente vazio com a placa de vidro para registrar a massa (mv) e posteriormente foi pesado o recipiente com água e com a placa de vidro registrando sua massa (ma). A Foto 15 a seguir ilustra o recipiente utilizado.



Foto 15- Vista do recipiente de material não absorvente.

A densidade de massa foi calculada através da seguinte equação:

(3). Equação de densidade de massa (A)

$$d = \frac{mc - mv}{Vr} \times 1000 \quad (3)$$

Onde:

mc – é a massa do recipiente contendo a argamassa, em gramas

mv – é a massa do recipiente vazio;

vr - é o volume do recipiente, em centímetros.

A densidade de massa da argamassa deve ser expressa em quilogramas por metro cúbico, arredondada ao inteiro mais próximo, conforme ABNT NBR 13278/2005.

O teor de ar incorporado foi calculado através da seguinte equação:

(4). Equação de cálculo de teor de ar

$$A = 1000 \left(1 - \frac{d}{d_t} \right) \quad (4)$$

Onde:

d = é o valor da densidade de massa em gramas por centímetro cúbico

d_t = é o valor da densidade de massa teórica da argamassa, em gramas por centímetro cúbico, sem vazios. Por se tratar de uma das propriedades específicas da argamassa no estado fresco foi executado um ensaio do teor de ar incorporado em aparelhagem própria conforme fotos 16 e 17 a seguir.



Fotos 16 e 17 – Vistas da realização do ensaio de teor de ar incorporado.

3.6.2. Propriedades analisadas no estado endurecido

Serão apresentados a seguir os ensaios realizados na argamassa no estado endurecido.

3.6.2.1 Resistência a tração na flexão

Para realização deste ensaio foram moldados 04 corpos-de-prova prismáticos de seção quadrada 25 mm x 25 mm x 280 mm de cada argamassa, os quais foram rompidos no equipamento em prensa hidráulica aos sete e vinte oito dias. Os corpos de provas foram posicionados no dispositivo de apoio do equipamento de ensaio de modo que a face rasada não ficasse em contato com os dispositivos de apoio e carga do equipamento, conforme observa-se na foto 18 a seguir.



Foto 18 – Vista do corpo de prova na prensa para realização do ensaio de tração na flexão.

A NBR 13729/2005 prescreve que caso o desvio absoluto máximo seja superior a 0,3 MPa, deverá ser calculada uma nova média, desconsiderando o valor discrepante, identificando-o no relatório, com um asterisco. Este ensaio é considerado válido quando o resultado for constituído da média de no mínimo dois corpos de prova, caso contrário o ensaio deverá ser refeito.

3.6.2.2 Resistência a compressão

Para realização deste ensaio foram ensaiados 8 corpos-de-prova de 5x10cm de cada argamassa nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias de idade, após cura em câmara úmida, com temperatura de $26 \pm 4^\circ\text{C}$ e umidade de $90 \pm 10\%$. Os corpos de provas foram rompidos na prensa hidráulica cuja capacidade é de 40 toneladas. As fotos 19 e 20 a seguir ilustram o início da moldagem dos corpos de prova e também a colocação na prensa para rompimento.



Fotos 19 e 20 – Vistas da moldagem e início de rompimento dos corpos de prova.

A NBR 13729/2005 prescreve que caso o desvio absoluto máximo seja superior a 0,5 MPa, deverá ser calculada uma nova média, desconsiderando o valor discrepante, identificando-o no relatório, com um asterisco. Este ensaio é considerado válido quando o resultado for constituído da média de no mínimo quatro corpos de prova, caso contrário o ensaio deverá ser refeito.

3.6.2.3 Resistência de aderência à tração

O ensaio de determinação de resistência de aderência a tração foi realizado nos painéis estando a argamassa com idade de 28 (vinte e oito dias), sendo que para cada painel de argamassa foram executados 12 arrancamentos com o equipamento descrito no item 3.1 da NBR 13528 (ABNT, 2010), por meio da imposição de um carregamento axial de tração conforme pode ser observado nas fotos 21 e 22 a seguir.



Fotos 21 e 22 – Vista da execução do ensaio no painel de argamassa.

Para reduzir a variabilidade de operação, alguns cuidados foram considerados: o ensaio foi executado mantendo-se sempre o eixo de aplicação da carga perpendicular ao plano de revestimento.

Atendendo ao disposto da NBR 13528 (ABNT, 2010), para cada painel analisado foram preparados doze corpos de prova, sendo distribuídos de forma aleatória, mantendo-se um espaço mínimo de 50 mm entre si, evitando-se os cantos e quinas, conforme observa-se na foto 23 a seguir:



Foto 23 – Vista do distanciamento da retirada de cada testemunho.

3.6.2.4 Módulo de deformação

Não há entre as normas brasileiras alguma que seja específica para determinação do módulo de deformação de argamassas. Portanto, foi feita uma adaptação, empregando-se o plano de carregamento tipo 2, definido pela NBR-8522 (ABNT/1984) e velocidade de aplicação de carga de 4TF/min. Foram moldados 6 corpos de prova 10x20 cm sendo 2 utilizados no ensaio de determinação da resistência à compressão para cada traço de argamassa. As fotos 24 e 25 a seguir mostram corpo de prova na prensa.



Foto 24 e 25 – Vista de corpo de prova na Pavitest.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos ensaios realizados na argamassa de emboço durante o programa experimental: resistência de aderência a tração, resistência a tração na flexão, resistência a compressão, módulo de deformação, índice de consistência padrão, densidade de massa e teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água, bem como a análise comparativa com a argamassa sem a adição de 6,0% do acetato de polivinila a qual foi denominada de argamassa de referência. A argamassa com a adição da resina (base PVA) foi denominada de argamassa experimental.

Serão subdivididos em dois grupos, visto que os ensaios foram realizados com a argamassa em seu estado fresco e também em seu estado endurecido.

4.1. RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NO ESTADO FRESCO

Serão apresentados a seguir os resultados e análises elaboradas com a argamassa em seu estado fresco.

4.1.1.Índice de consistência padrão

Quanto à dosagem com a adição da resina (base PVA) observa-se a redução de água para uma mesma trabalhabilidade em relação à argamassa de referência, conseqüentemente ocorre uma diminuição da relação água/cimento.

O índice de consistência foi obtido a partir da média de três determinações. Observa-se de uma forma geral que com a adição da resina (base PVA) a quantidade de água para atingir a plasticidade diminui em relação à argamassa de referência.

Argamassa	Índice de consistência Mm	A/C
AR-Argamassa de referência	272	1,38
	275	1,38
	279	1,38
AE – Argamassa experimental	281	1,25
	272	1,25
	286	1,25

Tabela 12- Índice de consistência com seus respectivos a/c NBR-1327

O índice de consistência para todas as amostras ensaiadas, praticamente não foram alteradas, porem a relação a/c foi reduzida na argamassa experimental, indicando grande influência no aumento de suas características.

4.1.2.Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água consiste na medição do diâmetro de umidade no papel de filtro que fica em contato com a argamassa em diversos tempos. A capacidade de reter água de amassamento da argamassa aumentou na argamassa experimental com a adição da resina (base PVA). Esse aumento pode contribuir tanto no estado endurecido quanto no sistema de revestimento.

A retenção de água foi determinada de acordo com a NBR-13277 na tabela 13 são mostradas as médias de três determinações para cada tempo.

Argamassa	Diâmetro em (mm)		
	2 minutos	7 minutos	10 minutos
AR-referência	76	84	86
	78	92	96
	78	85	89
Média	77	87	90

AE- experimental	63	71	74
	60	73	73
	69	75	75
Média	61	73	74

Tabela 13- Resultado da retenção de água

O gráfico 1 a seguir mostra o comparativo das argamassas em cada intervalo de tempo medido.

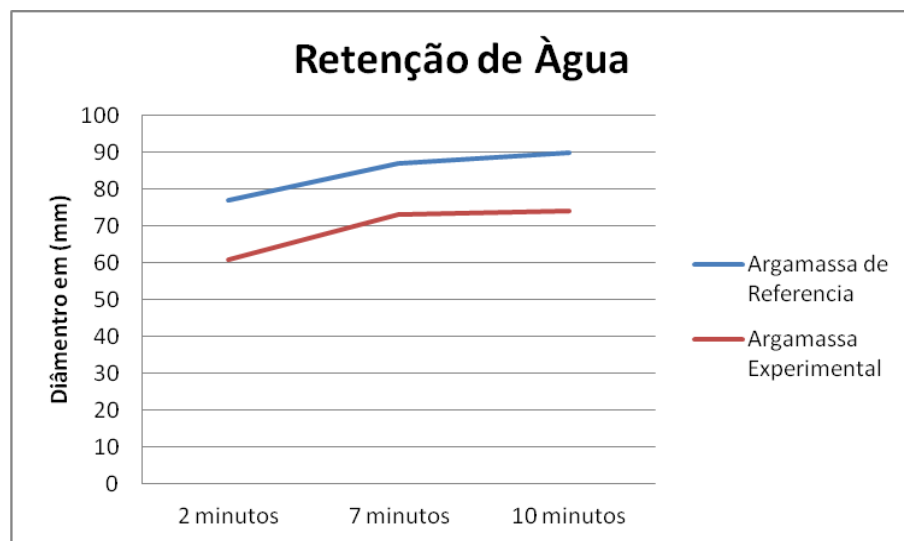


Gráfico 1 – Análise comparativa do resultado da retenção de água.

4.1.3.Densidade de massa e teor de ar incorporado

Dentre os ensaios realizados o que se mostrou mais sensível à adição da resina, foi o teor de ar incorporado, conforme é apresentado na tabela 14. Este fato deve ser analisado, visto que o alto teor de ar incorporado da argamassa pode prejudicar a estanqueidade e a resistência à compressão, porém o obtido ainda é aceitável, conforme observa-se na tabela 14 a seguir.

Argamassa	Densidade de massa no estado fresco	Teor de ar incorporado %
AR referência	1799	16,2
AE experimental	1612	21,4

Tabela 14- Resultados teor de ar incorporado e densidade de massa

Os gráficos 2 e 3 a seguir mostram o comparativo das argamassas.

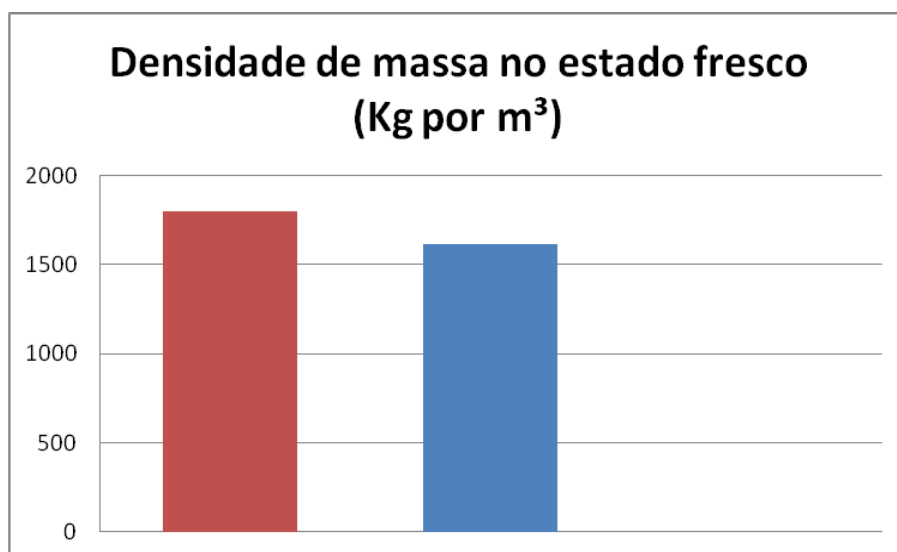


Gráfico 2 – Comparativo da densidade de massa

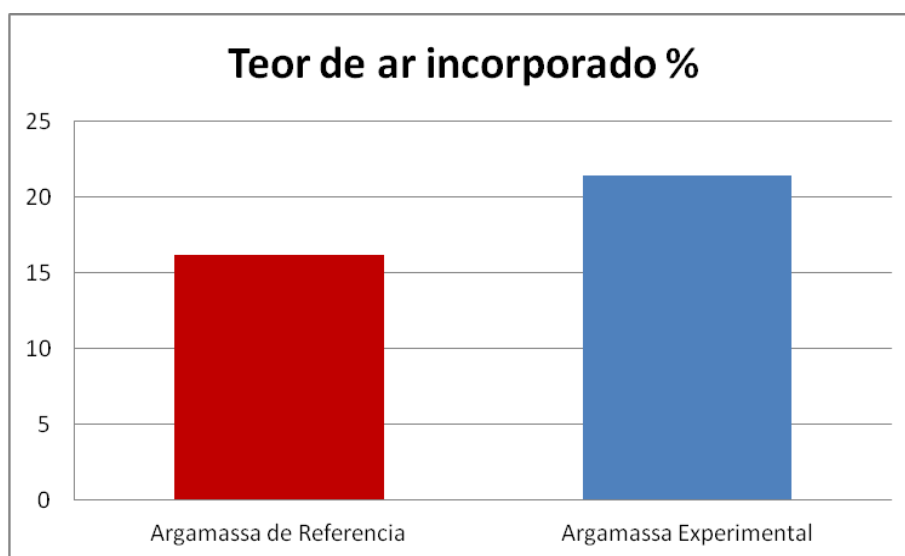


Gráfico 3 – Comparativo do teor de ar incorporado.

4.2.RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS NO ESTADO ENDURECIDO

Serão apresentados a seguir os resultados e análises elaboradas com a argamassa em seu estado endurecido.

4.2.1.Resistência à tração na flexão

A argamassa experimental apresentou um aumento de 50% em sua resistência à tração aos 28 dias. Já aos 7 dias a argamassa experimental, obteve resistência menor em relação à argamassa de referência. O ocorrido pode ser devido às modificações das propriedades de hidratação do cimento. A tabela 15 a seguir apresenta o resultado do ensaio aos 7 e 28 dias.

Resistência à Tração		
Argamassa	7 dias	28 dias
AR referencia	0,4	0,6
	0,5	0,6
Média	0,5	0,6
AE experimental	0,1	0,9
	0,3	0,8
Média	0,2	0,9

Tabela 15 – Resultado da resistência à tração

O grafico 4 a seguir ilustra exemplifica a variação da resistência, que foi bem menor aos 7 dias, porém aos 28 dias apresentou um ganho de resistencia da ordem de 50% com relação a argamassa de referência.

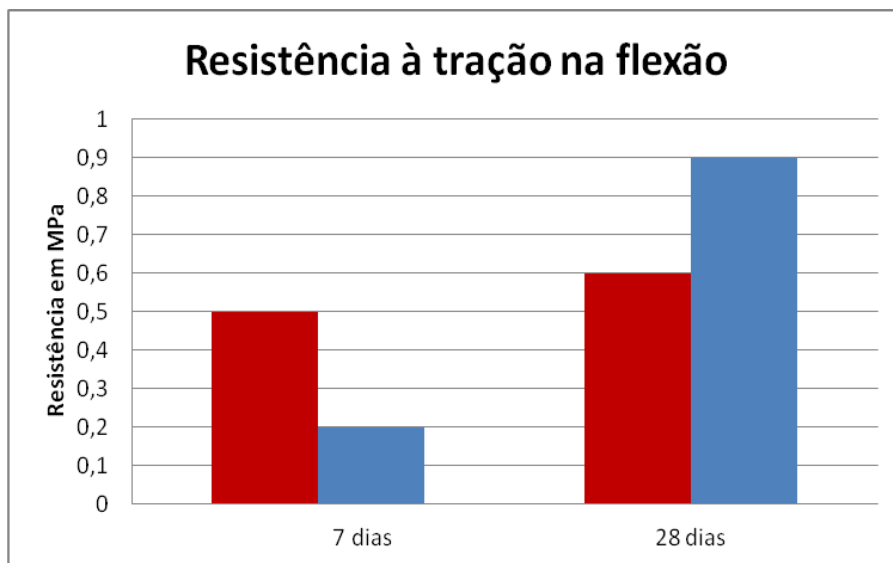


Grafico 4 – Analise comparativa do resultado de resistencia a tração na flexão.

4.2.2. Resistência à compressão

Os resultados mostram que a resistência mecânica da argamassa experimental aos 28 dias é maior cerca de 10% que a argamassa de referência. Já aos 7, 14 e 21 dias a resistência é menor, sendo que pode ter ocorrido dado a modificação das propriedades de hidratação do cimento, a qual ocorreu mais lentamente. A Tabela 16 a seguir apresenta os resultados do ensaio.

Argamassa	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
AR Referencia	1,4	2,6	6,4	6,6
	1,2	4,1	5,8	6,1
Média	1,3	3,4	6,1	6,4
AE experimental	0,9	1,6	5,8	7,2
	1,1	1,6	4,9	6,8
Média	1,0	1,6	5,4	7,0

Tabela 16 – Resultado da resistência à compressão (MPa)

O gráfico 5 a seguir mostra a evolução da resistência de ambas às argamassas. Observa-se que a argamassa de referência mantém um crescimento considerável até 21 dias e um pequeno crescimento de 21 a 28 dias. Já a argamassa com a adição da resina

(base PVA) apresenta um pequeno crescimento até 14 dias. Após essa idade apresenta grande crescimento.

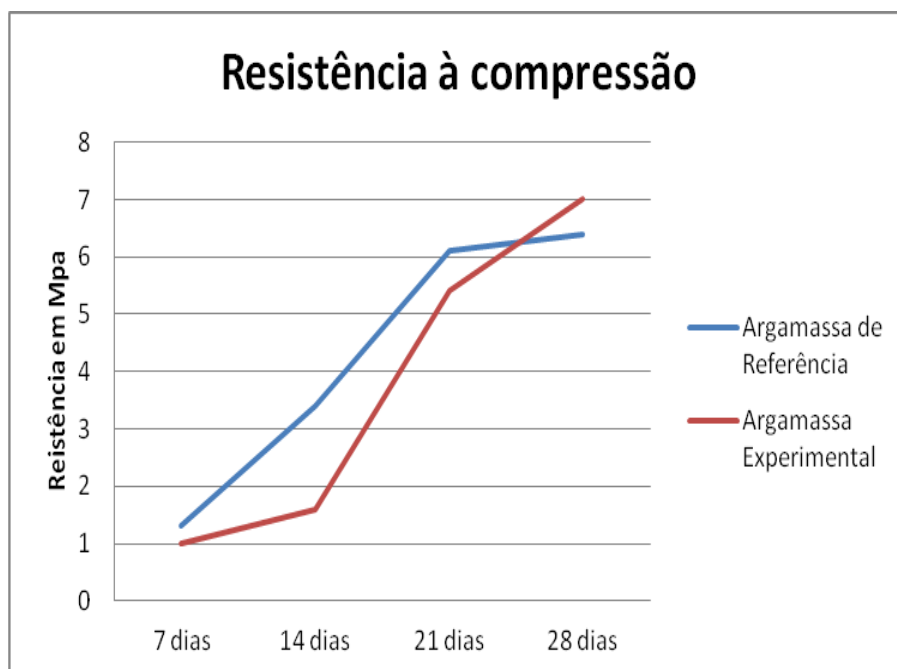


Gráfico 5 – Evolução das argamassas nos intervalos de tempo.

4.2.3. Resistência de aderência à tração

Os resultados apresentaram uma grande ocorrência de ruptura no chapisco e não na camada de revestimento. Porém ainda desta forma, apresentou um aumento da ordem de 16% comparada a argamassa sem a adição da resina. A tabela 17 a seguir detalha os resultados da argamassa de referência.

AR – Argamassa de referência								
Cp n.º	Carga de ruptura N	Tensão de ruptura MPa	Forma de ruptura					
			sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/pasta
01	124	0,37	70	15	15	-	-	-
02	1037	0,53	82	17	3	-	-	-
03	822	0,42	65	10	15	10	-	-
04	489	0,25	90	10	-	-	-	-

05	665	0,34	95	5	-	-	-	-
06	1193	0,61	100	-	-	-	-	-
07	822	0,42	100	-	-	-	-	-
08	450	0,23	40	38	12	-	10	-
09	802	0,41	65	15	20	-	-	-
10	1095	0,56	80	20	-	-	-	-
11	900	0,46	95	5	-	-	-	-
12	822	0,42	50	40	5	-	-	-
Média		0,42	-					

Sub – Substrato

Sub/Arg – Substrato/Argamassa

Arg -Argamassa

Arg/Cola – Argamassa/Cola

Cola – Cola

Cola/Pasta – Cola/Pastilha

Tabela 17- Resultados médios de resistência de aderência à tração (MPa) em alvenaria de bloco de concreto chapiscado (NBR13528)

A tabela 18 a seguir apresenta o resultado do ensaio do painel experimental.

AE – Argamassa experimental								
Cp n.º	Carga de ruptura N	Tensão de ruptura MPa	Forma de ruptura					
			sub	Sub/arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/pasta
01	1252	0,64	100	-	-	-	-	-
02	939	0,48	85	10	-	-	5	-
03	1213	0,62	99	10	-	-	-	-
04	704	0,36	65	20	5	10	-	-
05	626	0,32	45	25	-	10	20	-
06	802	0,41	50	40	-	10	-	-
07	509	0,26	35	25	10	5	15	10
08	1213	0,62	100	-	-	-	-	-
09	998	0,51	100	-	-	-	-	-
10	1115	0,57	100	-	-	-	-	-
11	626	0,32	40	40	20	-	-	-

Tipo argamassa	Módulo de deformação (GPa)	Deformação específica $\times 10^{-3}$
AR- referencia	2, 719	$1,381 \times 10^{-3}$
AE- experimental	1, 642	$4,923 \times 10^{-3}$

Tabela 19- Resultado do módulo de deformação e deformação específica

O gráfico 7 a seguir faz uma análise comparativa dos resultados.

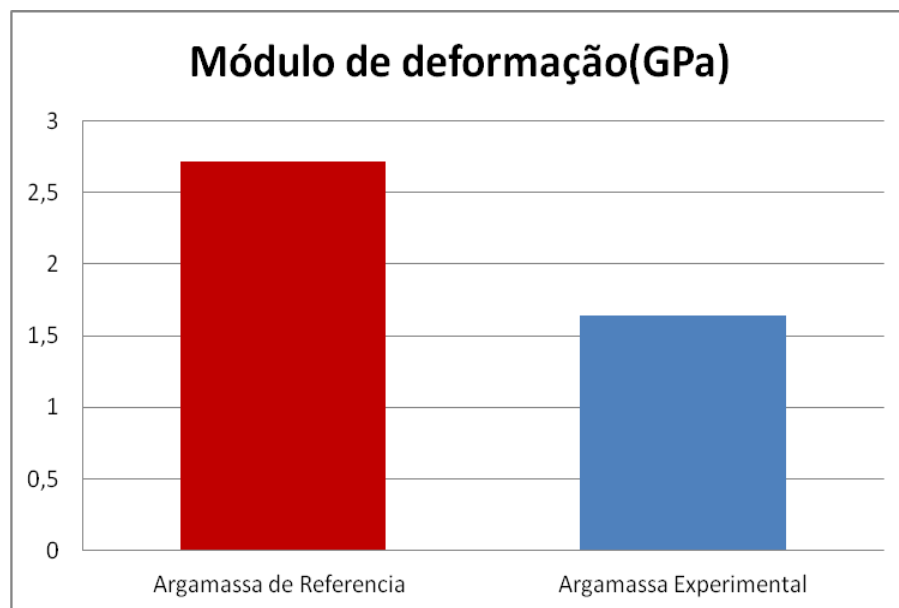


Gráfico 7 – Análise comparativa do Módulo de deformação

O presente capítulo apresentou as análises feitas através dos resultados dos ensaios. No próximo capítulo serão apresentadas as principais considerações finais do trabalho e sugestões para o aprimoramento do mesmo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No presente capítulo serão expostas as considerações finais que a realização do programa experimental proporcionou além de sugestões para futuros trabalhos, como aperfeiçoamento deste.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que foram atingidos os objetivos pré-estabelecidos no início deste trabalho e corroborou-se a hipótese de que com a adição da resina (base pva) na proporção de 6,0% com relação ao peso do cimento a argamassa apresentou diversas melhorias em suas propriedades. Estas melhorias contribuirão para um melhor conhecimento e qualidade do sistema de revestimento, dentre as quais é importante evidenciar as seguintes:

- a) Aumento de 50% da resistência à tração na flexão medida aos 28 dias.
- b) Aumento de 10 % da resistência à compressão medida aos 28 dias.
- c) Diminuição do módulo de deformação em aproximadamente 65%, o que proporciona uma maior capacidade de deformação, diminuindo a fissuração.
- d) Aumento de 16% da resistência de aderência a tração.

Vale ressaltar que estes resultados referem tão somente ao traço ensaiado com os materiais utilizados.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de aperfeiçoar o programa experimental realizado neste trabalho, sugere-se para futuros trabalhos:

- a) Desenvolver pesquisas com novos traços e dosagens diferentes da resina (base pva);
- b) Propor alternativas com utilização de polímeros de base acrílica;
- c) Utilizar a resina (pva) em argamassas industrializadas efetuando variações no consumo;
- d) Avaliar o comportamento da argamassa em sua propriedade de retração;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-8522
concreto: Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão
deformação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-7215:
Cimento Portland – determinação da resistência à compressão

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-13277:
Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos –
Determinação da Retenção de Água – Método de ensaio.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-13749:
Revestimento de paredes e teto em argamassas inorgânicas - Especificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-7175: Cal
hidratada para argamassas - Requisitos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-13278:
Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e teto -
Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado - método de ensaio.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-13276:
Argamassa para Assentamento de paredes e Revestimentos de Paredes e Tetos –
Determinação do teor de água para obtenção do índice de Consistência Padrão -
Método de Ensaio.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-13528: Revestimento de Paredes e tetos em argamassas inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência à Tração - Método de Ensaio.

AKIAMA, S.; MEDEIROS, J.S.; SABBATINI, F.H. Flexibilidade de argamassas adesivas. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DAS ARGAMASSAS, 2.; 1997, Salvador. Anais... Salvador: CETA; ANTAC, 1997. p.233-245.

OHAMA, Y. Principle of Látex Modification and Typical Properties of Látex-Modified Mortars and Concretes 1987, (ACI MATERIALS JOURNAL, Technical Paper).

CINCOTTO, MARIA ALBA et al. (1995). Argamassa de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio. Instituto de Pesquisas do estado de São Paulo – IPT. São Paulo. (Publicação IPT 2378).

CINCOTO, M.A., Argamassa de Revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio. 1995.

FIORITO, A.J.S.I. (1994). Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução. Editora Pini, São Paulo – S.P.

MARTINELLI, F.A.; HELENE, PAULO R.L. (1991). Usos, Funções e Propriedades das Argamassas Mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimento de Alvenarias. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. BT/PCC/47.

OLIVEIRA, J. A. C. Contribuição ao Estudo do Comportamento Mecânico dos Sistemas de Revestimentos à Base de Argamassa Modificados com Polímeros de Base Látex. Brasília-DF, 1999 (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, J. A. C. & BAUER, E. Análise Comparativa das Alterações das Propriedades dos Revestimentos com Polímero Base Látex. III Congresso de Tecnologia das Argamassas, 1999. Vitória-ES.

SELMO, S.M. DE S. Dosagem de Argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios. São Paulo, EPUSP, 1989 (Dissertação de Mestrado).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - Anais - 5º Congresso Brasileiro de Cimento – São Paulo – Brasil – 8 a 12 de novembro de 1999.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BAUER, E. **Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades**. São Paulo, 2005.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, IBRACON, 2007.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos**. 1ª Ed. São Paulo, PINI, 2003.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**, Walid Yazigi. 7ª Ed. São Paulo, PINI, 2006.