

Estudo de danos causados a revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação
através de inundações simuladas em protótipos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**ESTUDO DE DANOS CAUSADOS A REVESTIMENTOS DE
ALVENARIAS DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO ATRAVÉS DE
INUNDAÇÕES SIMULADAS EM PROTÓTIPOS**

CRISTIANE MACHADO PARISI

BELO HORIZONTE

2007

CRISTIANE MACHADO PARISI

ESTUDO DE DANOS CAUSADOS A REVESTIMENTOS DE
ALVENARIAS DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO ATRAVÉS DE
INUNDAÇÕES SIMULADAS EM PROTÓTIPOS

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Construção Civil da
Escola de Engenharia da Universidade
Federal de Minas Gerais, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do
título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração:

Materiais de Construção Civil

Linha de Pesquisa:

Materiais cimentícios

Orientador:

Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva.

BELO HORIZONTE

ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

ESTUDO DE DANOS CAUSADOS A REVESTIMENTOS DE
ALVENARIAS DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO ATRAVÉS DE
INUNDAÇÕES SIMULADAS EM PROTÓTIPOS

CRISTIANE MACHADO PARISI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva
DEMC/UFMG - Orientador

Prof. Dr. Antônio Neves De Carvalho Júnior
DEMC/UFMG

Prof. Ph. D. Nilo de Oliveira Nascimento
EHR/UFMG

Prof. Dr. Carlos Barreira Martinez
EHR/UFMG

Belo Horizonte, 04 de julho de 2007.

Minhas dedicatórias

À **DEUS**,
por mais essa oportunidade.

Aos meus **PAIS**,
pelos eternos ensinamentos.

Aos meus **IRMÃOS**,
amigos de todas as horas.

À minha irmã **ANA PAOLA**,
amiga para sempre.

Ao meu amor **ALEXANDER**,
pelo seu amor.

À **TIALBA.....**

Meus agradecimentos

A autora agradece a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na preparação deste trabalho e, em particular,

ao professor **Adriano de Paula e Silva**, pela imensa generosidade e competência no exercício de sua profissão e pela sua amizade,

ao professor **Nilo Nascimento de Oliveira**, pelo trabalho de co-orientação abrindo oportunidade para novas pesquisas,

ao professor **Carlos Barreira Martinez**, coordenador do Centro de Pesquisas em Hidráulica (CPH), pela disponibilização dos laboratórios para a realização da parte experimental do trabalho,

ao professor **Antônio Neves de Carvalho Júnior**, chefe do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, pela disponibilização de equipamentos e funcionários para realização dos ensaios de arrancamento,

à professora **Adriana Guerra Gumieri**,

à Secretária do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

Ivonete dos Santos Magalhães,

à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FAPEMIG, pelo financiamento da parte experimental do trabalho
através do Projeto TEC 1042/03,

à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPES, pela concessão de Bolsa de Mestrado durante a realização do
Curso de Pós-Graduação,

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNPq que através do CT-HIDRO auxiliou no financiamento da pesquisa
realizada,

ao pedreiro de acabamento **Vilmar dos Santos Moraes,**

aos funcionários dos Laboratórios do
Centro de Pesquisas em Hidráulica do Campus e do Departamento de
Engenharia de Materiais e Construção da EE UFMG em especial ao
Paulinho,

aos **colegas** pós-graduandos da primeira turma do Mestrado em
Construção Civil e do Centro de Pesquisas em Hidráulica.

Estudo de danos causados a revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação
através de inundações simuladas em protótipos

"A boa educação dá ao corpo e à alma toda a beleza
e perfeição de que são capazes."

Platão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVO	07
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	08
3.1. Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos	08
3.2. Componentes de alvenaria	10
3.3. Blocos cerâmicos para alvenarias de vedação	11
3.4. Revestimentos argamassados	15
3.5. Constituintes dos revestimentos argamassados	20
3.6. Sistema de pintura	22
3.7. Revestimentos cerâmicos	26
3.8. Rochas ornamentais	32
3.9. Propriedades higroscópicas dos materiais de construção	35
3.10. Patologias causadas pela umidade	36
3.11. Patologias causadas ação da água de inundação	42
3.12. Experiências realizadas em campo no Estado de Minas Gerais	43
4. MATERIAIS E MÉTODOS	52
4.1. Painéis de alvenaria	52
4.2. Ensaios de avaliação da resistência mecânica dos blocos cerâmicos de vedação utilizados	54
4.3. Execução dos painéis de alvenaria	54
4.3.1. Painéis 1A e 1B – Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão popular	54
4.3.2. Painéis 2A e 2B – Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão Normal	56
4.3.3. Painéis 3A e 3B – Revestimento com argamassa traço 1:5	57
4.3.4. Painéis 4A e 4B – Revestimento com argamassa traço 1:5 e pintura látex PVA	58

4.3.5. Painéis 5A e 5B – Revestimento com azulejos brancos	59
4.3.6. Painéis 6A e 6B – Revestimento com cerâmicas PEI4	61
4.3.7. Painéis 7A e 7B – Revestimento com mármore branco	63
4.4. Dispositivos	64
4.5. Avaliação do desempenho dos revestimentos	67
4.6. Ensaio de arrancamento nos painéis secos	68
4.7. Imersão em água	73
4.8. Inspeção visual nos painéis após imersão	82
4.9. Ensaio de arrancamento nos painéis após imersão	82
5. RESULTADOS	84
5.1. Resultados dos ensaios nos blocos cerâmicos	84
5.2. Resultados dos testes de arrancamento nos painéis secos	85
5.3. Resultado da inspeção visual nos painéis após imersão	92
5.4. Resultados dos testes de arrancamento nos painéis submersos	93
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	114
6.1. Ensaio realizado nos blocos cerâmicos	114
6.2. Ensaio realizado nos painéis secos	115
6.3. Ensaio realizado nos painéis submersos	117
7. CONCLUSÕES	127
8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	129
9. BIBLIOGRAFIA	132
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
ANEXO I	137
ANEXO II	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.	Blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal_____	12
Figura 3.2.	Blocos cerâmicos de vedação com furos na vertical_____	13
Figura 3.3.	Mecanismo de aderência da argamassa_____	17
Figura 3.4.	Camadas de revestimento cerâmico de parede_____	27
Figura 3.5.	Vista de Mármore branco_____	33
Figura 3.6.	Industrialização de blocos de rochas ornamentais_____	35
Figura 3.7.	Movimentações reversíveis e irreversíveis para um concreto, devidas à variação do seu teor de umidade_____	36
Figura 3.8.	Formação de eflorescência_____	39
Figura 3.9.	Formação de bolhas_____	40
Figura 3.10.	Distribuição dos níveis de padrão construtivo_____	46
Figura 3.11.	Classe Social versus profundidade de submersão_____	46
Figura 3.12.	Curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão para as classes A e B _____	48
Figura 3.13.	Curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão para as classes C e D _____	48
Figura 3.14.	Elevação da edificação (Elevation)_____	50
Figura 3.15.	Criação de áreas úmidas (Wet Floodproofing)_____	50
Figura 3.16.	Relocação da edificação (Relocation)_____	50
Figura 3.17.	Criação de áreas secas (Dry Floodproofing)_____	51
Figura 3.18.	Criação de barreiras de proteção (Levees and floodwalls)_____	51
Figura 4.1.	Lista de materiais utilizados para confecção dos painéis de alvenaria_____	53
Figura 4.2.	Vista de reboco em execução_____	55

Figura 4.3.	Vista de reboco desempenado e camurçado_____	55
Figura 4.4.	Vista de painel chapiscado e com taliscas de madeira (indicação da espessura do revestimento)_____	56
Figura 4.5.	Vista de reboco em execução_____	57
Figura 4.6.	Vista de reboco desempenado e camurçado_____	58
Figura 4.7.	Vista de painel emassado e pintado_____	59
Figura 4.8.	Vista de painel em fase de assentamento de azulejos_____	60
Figura 4.9.	Vista de painel com os azulejos assentados e rejuntamento em fase de execução_____	60
Figura 4.10.	Vista de painel azulejado e rejuntado_____	61
Figura 4.11.	Vista de painel revestido com peças cerâmicas_____	62
Figura 4.12.	Vista de painel revestido com peças cerâmicas e rejuntado _____	62
Figura 4.13.	Vista de painel em fase de assentamento de placas de mármore branco_____	63
Figura 4.14.	Vista de painel revestido com placas de mármore branco e rejuntado_____	64
Figura 4.15.	Lista de materiais utilizados para confecção dos dispositivos metálicos_____	65
Figura 4.16.	Vista dos dispositivos metálicos_____	67
Figura 4.17.	Vista dos cortes sendo executados antes da colagem das placas _____	69
Figura 4.18.	Vista de placas circulares coladas_____	70
Figura 4.19.	Vista de placas circulares em fase de colagem (sem cortes prévios)_____	70
Figura 4.20.	Vista de placas quadradas coladas_____	71
Figura 4.21.	– Outra vista de placas quadradas coladas_____	71
Figura 4.22.	– Vista de cortes sendo executados após a colagem das placas _____	72
Figura 4.23.	Vista de um painel com revestimento cerâmico – arrancamento dos corpos de prova_____	72

Figura 4.24.	Vista parcial de painel com revestimento cerâmico após arrancamento de um corpo de prova_____	73
Figura 4.25.	Vista da calha manual acoplada ao dispositivo deslizante_____	74
Figura 4.26.	Vista de um painel em deslocamento vertical_____	75
Figura 4.27.	Vista de painel imerso no reservatório_____	76
Figura 4.28.	Vista de outro painel em deslocamento vertical para ser introduzido no reservatório_____	76
Figura 4.29.	Vista de painel imerso no reservatório_____	77
Figura 4.30.	Vista de um painel em deslocamento horizontal sendo retirado do reservatório após duas (02) horas de imersão_____	77
Figura 4.31.	Vista de outro painel sendo retirado após (02) horas de imersão_____	78
Figura 4.32.	Vista de painel após ser retirado_____	78
Figura 4.33.	Vista de um painel imerso no reservatório_____	79
Figura 4.34.	Vista de dois painéis imersos no reservatório_____	80
Figura 4.35.	Vista de dois painéis imersos no reservatório_____	81
Figura 4.36.	Vista de terceiro painel sendo imerso no reservatório_____	81
Figura 4.37.	Vista de três painéis imersos no reservatório_____	82
Figura 4.38.	Vista de um painel reconstituído_____	83
Figura 6.1.	Gráfico comparativo das resistências médias de arrancamento para as diversas tipologias de revestimentos_____	116
Figura 6.2.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 1B, 2B e 3B na condição de secos e após 02 horas de imersão_____	119
Figura 6.3.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 1B, 2B e 3B na condição de secos e após 08 horas de imersão_____	119
Figura 6.4.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 1B, 2B e 3B na condição de secos e após 24 horas de imersão_____	120

Figura 6.5.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 4B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	121
Figura 6.6.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 5B, 6B e 7B na condição de secos e após 02 horas de imersão	121
Figura 6.7.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 5B, 6B e 7B na condição de secos e após 08 horas de imersão	122
Figura 6.8.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 5B, 6B e 7B na condição de secos e após 24 horas de imersão	122
Figura 6.9.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 1B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	123
Figura 6.10.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 2B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	123
Figura 6.11.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 3B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	124
Figura 6.12.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 4B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	124
Figura 6.13.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 5B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	125
Figura 6.14.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 6B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	125
Figura 6.15.	Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 7B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão	126
Figura 8.1.	Perspectiva da casa indicando diversas tipologias de revestimento	130
Figura 8.2.	Perspectiva da casa inserida no reservatório contendo água de inundação	130

Figura 8.3.	Outra perspectiva da casa inserida no reservatório contendo água de inundação (sem cobertura)_____	131
Figura I.1.	Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 1B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão_____	137
Figura I.2.	Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 2B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão_____	137
Figura I.3.	Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 3B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão_____	138
Figura I.4.	Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 4B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão_____	138
Figura I.5.	Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 5B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão_____	139
Figura I.6.	Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 6B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão_____	139
Figura I.7.	Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 7B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão_____	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1.	Resistência à compressão (f_b)	14
Tabela 3.2.	Propriedades das argamassas	16
Tabela 3.3.	Limites da resistência de aderência à tração	19
Tabela 3.4.	Tintas usuais no mercado	25
Tabela 3.5.	Classificação das argamassas colantes	29
Tabela 3.6.	Classes de resistência à abrasão superficial	30
Tabela 3.7.	Distribuição de problemas encontrados em pesquisa realizada pelo IPT em 36 conjuntos habitacionais do Estado de São Paulo	37
Tabela 3.8.	Padrões construtivos	45
Tabela 4.1.	Painéis de alvenaria confeccionados e suas tipologias de revestimentos	52
Tabela 6.1.	Tipologias de revestimentos dos painéis e resistência de aderência à tração – Valores médios e respectivos desvios padrão	115
Tabela 6.2.	Resistências de aderência à tração dos painéis nas diversas situações de imersão – Valores médios e respectivos desvios padrão	118

ABREVIATURAS

- ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland
- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AERI: Áreas Especiais de Risco de Inundação
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- CP: corpo de prova
- CP II: cimento Portland composto
- CP III: cimento Portland de Alto-Forno
- UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais
- FEMA: Federal Emergency Manegemet Agency
- NBR: Norma Brasileira
- UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

UNIDADES

- cm²: centímetro quadrado
- daN: decanewton
- g: grama
- kgf/cm²: quilograma força por centímetro quadrado
- h: hora
- m: metro
- m²: metro quadrado
- mm: milímetro
- min: minuto
- N: newton
- N/mm²: newton por milímetro quadrado
- MPa: megapascal

RESUMO

O presente trabalho é um estudo dos danos causados aos revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação em protótipos de paredes de edificações submetidas a inundações simuladas.

A extensão dos danos é avaliada através da comparação do desempenho dos revestimentos dos protótipos após inundação, com os mesmos revestimentos na condição de secos.

Adicionalmente, foi realizado um estudo na literatura técnica das principais características e propriedades dos materiais de construção utilizados na confecção dos protótipos de paredes. Foram também estudadas as patologias de umidade comumente presentes nas edificações e aquelas decorrentes de inundações sobre as construções.

Os estudos mostram que quando se permite que os revestimentos sujeitos a inundação simulada tenham tempo suficiente para a evaporação da água, o desempenho dos mesmos se aproxima das condições anteriores à inundação. Quando o tempo de secagem é insuficiente, observa-se queda significativa em sua aderência ao substrato.

Os estudos indicam também que para tempos de imersão de 02, 08 e 24 horas não houve nenhum tipo de manifestação patológica de grande importância, exceto nos painéis com revestimento em pintura, nos quais observou-se a formação de bolhas resultantes da infiltração de água, tendo a película de tinta perdido a aderência em algumas regiões, nas quais destacou-se da camada de reboco.

Palavras-chave: revestimentos de alvenaria, danos a revestimentos, inundações.

ABSTRACT

The present work is a study of the damages to coverings of construction masonry made from ceramic blocks in archetypes of walls submitted of simulated floodings.

The extension of the damages is evaluated through the comparison of the performance of coverings of the archetypes after flooding, with same coverings in the condition of dry.

Additionally, a study in literature was carried through of the main characteristics and properties of the used materials of construction in the confection of the archetypes of walls. Also gifts in the constructions and those decurrent ones of floodings on the constructions had been studied the patologias of humidity comumente.

The studies show that when it allows that the coverings citizens simulated flooding have enough time for the evaporation of the water, the performance of the same ones if approaches to the previous conditions to flooding. When the setting time is insufficient, observes significant fall in its tack to the substratum.

The studies also indicate that for times of immersion of 02, 08 and 24 hours did not have no type of pathological manifestation of great importance, except in the panels with covering in painting, in which it was observed formation of resultant bubbles of the water infiltration, having the lost film of ink the tack in some regions, in which was distinguished of the layer of mortar.

Key-words: masonry coverings, covering damages, floods.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as inundações das cidades brasileiras têm sido objeto de inúmeros estudos, dado o aumento de sua ocorrência e agressividade. As inundações provocam impactos sociais e econômicos como a exigência de grandes e onerosos trabalhos de recuperação das edificações nas áreas atingidas, bem como a perda de bens móveis e imóveis.

A inundação urbana é uma ocorrência tão antiga quanto a existência das cidades ou qualquer aglomeramento urbano. Esse evento ocorre quando as águas dos rios (ou galerias pluviais) saem do leito de escoamento devido a falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros (TUCCI, 2003).

Esses eventos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou são ampliados pelo efeito de alteração produzida pelo homem na urbanização, pela impermeabilização das superfícies e canalização dos rios. Os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da impermeabilização e canalização da rede de drenagem.

Devido a seu comportamento repetitivo a maioria das inundações tem risco conhecido. As inundações ribeirinhas são restritas a planícies de inundação. Já as inundações rápidas (*flash floods*) são comuns em áreas montanhosas da bacia do rio quando ocorrem chuvas torrenciais em áreas limitadas. Isto traz perigo e dificuldades, embora as áreas de risco desses eventos repentinos sejam previsíveis (WISNER *et al.*, 2003).

Tipicamente, *flash floods* são eventos de pequena escala, mas frequentemente com alta taxa de mortalidade. Devido a sua natureza elas são de difícil alerta, embora as áreas de risco sejam de fácil identificação. A

força do fluxo de água e os detritos carregados podem ser extremamente danosos às casas e áreas cultiváveis, e é comum o deslocamento de milhares de pessoas. Em 1998 esses eventos levaram a mais de 150 mortes no Nepal e Tibet (WISNER *et al.*, 2003).

As medidas de proteção contra inundações são feitas de forma complexa e contraditória devido aos ganhos que a inundação proporciona. Como exemplo, os benefícios proporcionados à agricultura pelo uso de solo de aluvião são significativos, devido a melhoria da fertilidade do solo e melhor retenção de umidade. As enchentes por si só proporcionam uma forma de irrigação natural.

À medida que a água retrocede, povos de muitas partes do mundo cultivam nas áreas anteriormente inundadas, utilizando o solo úmido (Bangladesh, por exemplo). Este processo é essencial para a sobrevivência de uma densa população de camponeses e pescadores nessas regiões (WISNER *et al.*, 2003).

As enchentes podem também estar associadas com as barragens, eventualmente projetadas para ajudar na redução do risco de enchentes, podendo em algumas situações serem inadequadas ou proporcionarem o falso senso de segurança. Os mais trágicos exemplos são de barragens construídas com especificações ou capacidades inadequadas, e/ou em locais inseguros, com falha repentina e ocorrência de inundações rápidas em suas vizinhanças.

Uma outra causa de enchentes é o colapso de barragens naturais. Estas barragens são em geral formadas pelo deslizamento de terra bloqueando um vale, criando assim um reservatório de água que pode correr vale abaixo quando o bloqueio natural é erodido. Devido ao fluxo subsequente ser rápido ele cria uma inundação rápida (similar à falha de barragem) que é de difícil escape para a população. Ainda assim em muitos casos é possível a adoção de medidas preventivas.

Dessa maneira, as causas dos desastres de enchentes são várias, envolvendo o meio ambiente físico, a economia local e o desempenho das instituições e agentes públicos.

O meio físico envolve os níveis de vulnerabilidade das pessoas, incluindo sua incapacidade de auto-proteção. Estas podem, por exemplo, estar sem condições de construir suas casas em locais seguros ou com a qualidade adequada.

O conceito de vulnerabilidade é um ponto central para o entendimento dos efeitos das enchentes e os meios requeridos para aliviar seus efeitos. Embora haja muita controvérsia existem três maneiras de se definir vulnerabilidade:

- Como uma característica da população em risco.
- Como uma característica da inundação à qual a população é exposta.
- Como uma interação entre a natureza da inundação e as características da população em risco.

Adicionalmente, as águas de inundação trazem também um aumento do risco de doenças tais como o cólera e a diarreia provenientes da contaminação da água de beber pelo esgoto. Pode haver um rápido crescimento na incidência de malária e febre amarela devido a multiplicação de vetores de insetos na água estagnada que permanece empoeirada após a enchente. Essa água deve ser canalizada para os rios através de dutos, mas estes ficam frequentemente sem manutenção. Em muitas enchentes eles podem estar também obstruídos pela presença de areia.

Frequentemente ocorrem doenças respiratórias especialmente entre crianças mais novas e bebês. Doenças ou ferimentos causados nas enchentes são importantes fatores que aumentam a vulnerabilidade e a estendem a novos grupos de pessoas. Essas usualmente não podem

trabalhar e a família perde sua renda, especialmente logo após o evento (WISNER *et al.*, 2003).

A inadequada ação das instituições públicas pode significar que a proteção social e os sistemas de alerta contra enchentes são ineficientes.

As conseqüências das inundações são inúmeras. De um modo geral provocam impactos sociais e econômicos como a exigência de grandes e onerosos trabalhos de recuperação das edificações nas áreas atingidas, bem como a perda de bens móveis e imóveis.

As inundações danificam as construções de diversas formas. Os materiais de construção quando submersos em água de inundação podem se deteriorar, expandir ou empenar. A umidade favorece a deterioração dos materiais de construção, o crescimento de mofo, o que descolore as superfícies dos materiais causando odores desagradáveis, bem como reações alérgicas e outros problemas de saúde aos indivíduos susceptíveis (PENNING-ROUSELL, 1977).

Os danos causados pelas inundações podem ser classificados em tangíveis e intangíveis, e, em um segundo nível, diretos e indiretos. Danos tangíveis são aqueles possíveis de mensuração em termos monetários, o que não se aplica para os bens intangíveis. Os danos que resultam do contato físico da água de inundação com bens e pessoas são considerados diretos, e os outros decorrentes de interrupções e perturbações das atividades sociais e econômicas durante e após as inundações, são classificados como danos indiretos (MACHADO *et al.*, 2004, PARKER, GREEN & THOMPSON, 1987 *apud* CANÇADO, 2005).

Os danos físicos à construção decorrentes de uma inundação são frequentemente estimados por meio de orçamentos de reforma sendo os prejuízos ao conteúdo avaliados através dos preços de mercado de móveis e eletrodomésticos novos. Este tipo de abordagem é adequado principalmente

para o cálculo de danos diretos, embora também possa ser utilizada para estimativa de danos indiretos. Outra abordagem ocorre quando os valores dos bens são estimados por consultas aos indivíduos que, por meio de técnicas de entrevistas ou pesquisa, são levados a declararem ou expressarem suas preferências.

Enquanto a estimativa de prejuízos diretos é relativamente mais simples, a valoração de danos indiretos encerra algumas dificuldades adicionais. Os danos indiretos variam bastante de região para região e sua magnitude está essencialmente associada à capacidade de ajustamento dos consumidores e produtores da região às perturbações causadas pela inundação (análise de vulnerabilidade) (PARKER, GREEN & THOMPSON, 1987 apud CANÇADO, 2005). Portanto, esta "capacidade de reação" à inundação deve ser considerada na análise de danos, principalmente entre os indiretos.

Embora, o tema venha sendo bastante pesquisado em nível internacional, não existem ainda no Brasil estudos avançados de avaliação do efeito da inundação sobre as construções e a extensão dos danos provocados pela ação da água.

Um grupo de pesquisadores dos Departamentos de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos e Engenharia de Materiais e Construção da UFMG, vem desenvolvendo nos últimos anos estudos relativos aos danos causados pela ação da água de inundação sobre as construções, bem como a correlação entre os custos de recuperação destes danos e as profundidades e tempos de submersão atingidos durante as inundações.

Uma parte dos estudos desse grupo foi desenvolvida com base em dados de campo obtidos em áreas inundáveis nas cidades de Itajubá e Santa Rita do Sapucaí localizadas no Vale do Rio Sapucaí com caracterização das patologias nas construções sinistradas mediante visitas técnicas e coleta de informações através da aplicação de questionários. Além das patologias, foram coletados dados relativos às características da inundação

(profundidade de submersão e duração da inundação), a qualidade das edificações e os reparos realizados.

Como continuidade das pesquisas realizadas anteriormente, o presente trabalho dá prosseguimento aos estudos em laboratório através de experimentos realizados em protótipos de paredes de edificação submetidos a inundações simuladas.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é avaliar os danos causados a revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação através de inundações simuladas em protótipos. Para tanto, será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Estudo da literatura técnica existente relativa aos materiais constituintes dos protótipos de edificações e às patologias causadas pela umidade e pela ação da água de inundação;
- Desenvolvimento de projeto e posterior confecção de protótipos de alvenarias com diversas tipologias de revestimentos;
- Desenvolvimento de aparato de laboratório para simulação física da inundação;
- Execução de testes laboratoriais para estudo comparativo do comportamento das tipologias de revestimentos na condição de secos e quando submetidos à ação da água;
- Avaliação do comportamento e identificação dos danos causados aos revestimentos das alvenarias executadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é feita uma revisão da literatura técnica relativa aos materiais de construção utilizados na parte experimental do presente trabalho (alvenaria de vedação de blocos cerâmicos, revestimentos argamassados, sistema de pintura, revestimentos cerâmicos e pétreos). Foi ainda feito um estudo das principais manifestações patológicas em edificações provenientes de umidade e da ação das águas de inundação.

3.1. *Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos*

A alvenaria é o componente da edificação obtido através da união entre tijolos* ou blocos** por juntas de argamassa, formando um conjunto coeso e rígido.

A palavra alvenaria deriva do árabe *al-bannā*: aquele que constrói, *bannā* significa construir. Quando empregada apenas com a função de vedação, não sendo, portanto, dimensionada para resistir a cargas além de seu peso próprio, é denominada alvenaria de vedação.

As alvenarias de vedação são utilizadas para o fechamento de vãos da maioria dos edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional, ou seja, aquele que se caracteriza pelo emprego de estrutura reticulada de concreto armado moldada no local e vedações de blocos cerâmicos ou de concreto, comuns na maioria das cidades brasileiras.

*tijolo: unidade de alvenaria de dimensões máximas de 250 x 120 x 55 mm (comprimento x largura x altura)

**bloco a unidade de alvenaria que excede em comprimento, largura ou altura as máximas dimensões que definem o tijolo

As principais funções das alvenarias de vedação são (TAUIL, 1990):

- Resistir às cargas de ventos e às solicitações das tentativas de intrusão, sem que a segurança de seus ocupantes seja prejudicada;
- Resistir a impactos sem manifestar sinais de ruína;
- Resistir à ação do fogo, não contribuir para o início de incêndio, nem para a propagação da chama, nem para a produção de gases tóxicos;
- Isolar acusticamente os ambientes;
- Contribuir para a manutenção do conforto térmico;
- Impedir a entrada de ar e chuva no interior dos ambientes.

As alvenarias de vedação se destinam à compartimentação de espaços e podem estar presentes nas fachadas ou nos ambientes internos dos edifícios. São apoiadas sobre vigas, lajes ou outros componentes estruturais e interligadas com pilares ou paredes. A qualidade final de uma alvenaria de vedação está ligada à qualidade da estrutura, seja em termos de regularidade geométrica (ângulos, prumo, nível, etc), seja em termos de comportamento mecânico.

Ao se construir uma parede de vedação em alvenaria, busca-se obter uma construção que atenda adequadamente aos requisitos de desempenho exigidos para o uso a que se destina, sem que apresente problemas patológicos. Procura-se obter paredes que tenham locação, planeza, prumo e nivelamento com tolerâncias adequadas ao revestimento que será empregado, juntas e fixação corretamente executadas e compatíveis com o projeto (LORDSLEEM JÚNIOR, 2000).

A execução da alvenaria deve seguir as indicações de projeto referentes a materiais (traços, por exemplo), detalhes construtivos (juntas, cintas e outros) e processo executivo (forma de assentamento, ferramentas, escoramentos provisórios, etc). O processo executivo pode ser dividido em três etapas: a locação da primeira fiada, a elevação e a fixação.

A locação - ou como alguns costumam chamar, marcação - da alvenaria visa posicionar as paredes de alvenaria com o objetivo de otimizar o consumo da argamassa de revestimento e a correção dos defeitos oriundos da execução da estrutura. É essa operação que vai garantir a qualidade dos serviços subseqüentes.

Após a locação das paredes e das fiadas, inicia-se o assentamento da primeira linha de blocos observando ângulos, prumo e cotas, além de observar amarrações e eventuais ferragens a serem embutidas nas juntas.

Ao final da elevação das paredes de alvenaria tem início a etapa de fixação superior, ou encunhamento, que tem por objetivo prendê-la à estrutura de maneira que não venha a ter seu desempenho prejudicado quando solicitada.

3.2. Componentes de alvenaria

Os componentes de alvenaria intervêm diretamente na resistência final de uma parede a esforços axiais de compressão. Essa influência se dá pela forma geométrica dos componentes de alvenaria; pela resistência mecânica dos componentes; módulos de deformação longitudinal e transversal dos componentes; rugosidade superficial e porosidade dos componentes de alvenaria e, finalmente, pela esbeltez da parede produzida (THOMAZ, 1989).

Pesquisas realizadas sobre as fontes de variação no comportamento final das alvenarias indicam que a resistência da parede não varia linearmente com a resistência do componente de alvenaria e nem com a resistência da argamassa de assentamento e que, componentes assentados com juntas de amarração produzem alvenarias com resistência à compressão significativamente superior àquelas onde os componentes são assentados com juntas verticais aprumadas.

O principal fator que influi na resistência à compressão da parede é a resistência à compressão do componente de alvenaria. Em geral, a resistência da parede em situações normais ficará compreendida entre 25% e 50% da resistência do componente de alvenaria (THOMAZ, 1989).

Diversos estudos experimentais já foram desenvolvidos buscando-se correlações entre as resistências mecânicas dos componentes de alvenaria, da argamassa de assentamento e da parede acabada, por exemplo, a Fórmula empírica de Haller que é mostrada a seguir (THOMAZ, 1989):

$$F_{cpa} = ((1 + 0,15 f_{cb})^{1/2} - 1) (8 + 0,048 f_{ca}) \quad (3.1.)$$

onde,

F_{cpa} = resistência a compressão da parede (kgf/cm²)

f_{cb} = resistência à compressão do bloco (kgf/cm²)

f_{ca} = resistência à compressão da argamassa (kgf/cm²)

GOMES (1983) concluiu através de diversos ensaios efetuados com alvenarias constituídas por blocos cerâmicos que as fórmulas empíricas geralmente superestimam a resistência à compressão das paredes, o que é contrário à segurança da estrutura. Já para fórmulas semi-empíricas adotadas por várias entidades de normalização, que levam em consideração

a esbeltez da parede, verificou uma compatibilidade bastante razoável entre os valores estimados e aqueles realmente obtidos em ensaios (THOMAZ, 1989).

3.3. Blocos cerâmicos para alvenarias de vedação

Os blocos cerâmicos de vedação são componentes da alvenaria de vedação que possuem furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. A fabricação dos blocos ocorre por deformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, queimada a elevadas temperaturas, e deve trazer obrigatoriamente, gravado em uma das suas faces, a identificação do fabricante e do bloco (norma ABNT NBR 15270-1, 2005).

Os blocos cerâmicos podem ser produzidos para utilização com furos tanto na horizontal como na vertical, conforme figuras mostradas a seguir.

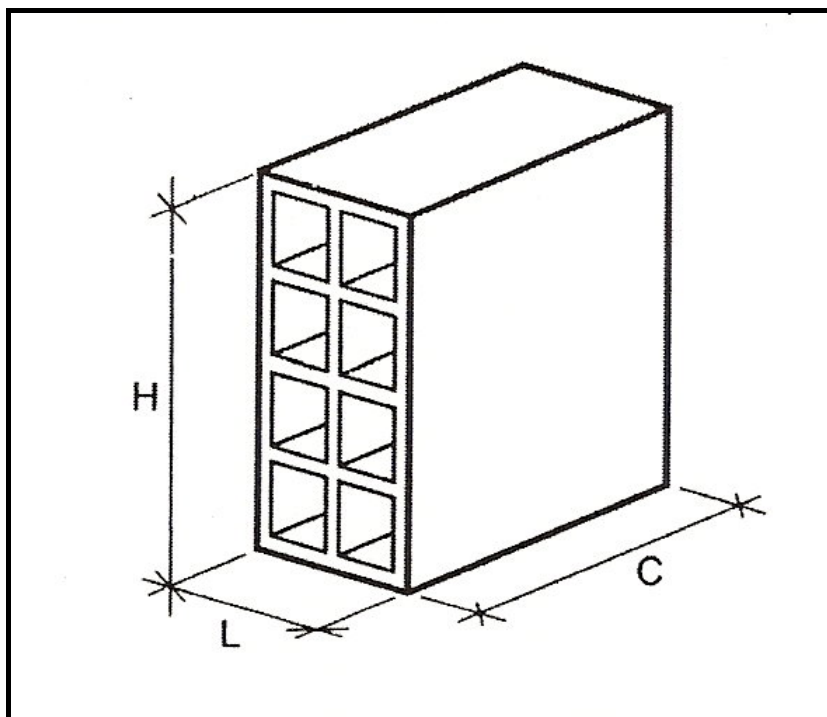


Figura 3.1. – Blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal (norma ABNT NBR 15270-1, 2005).

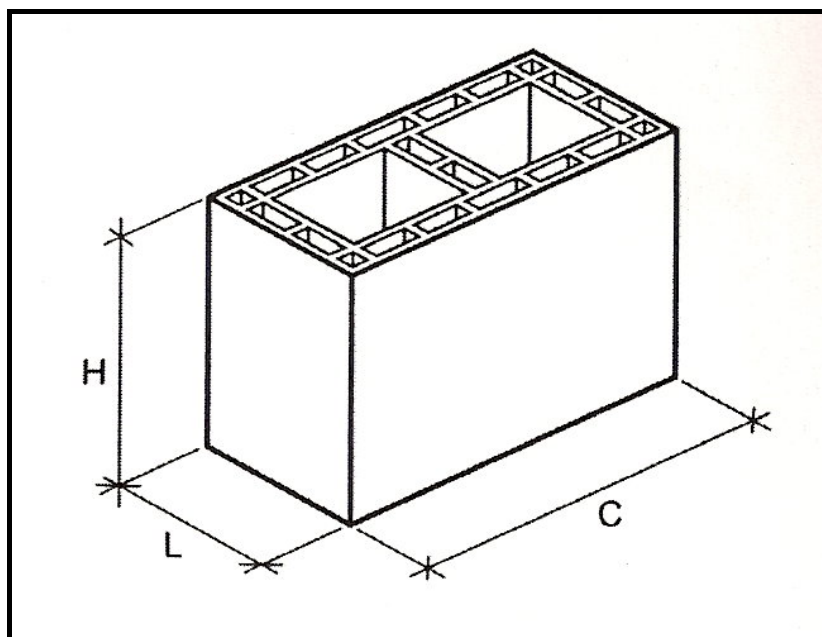


Figura 3.2. – Blocos cerâmicos de vedação com furos na vertical (norma ABNT NBR 15270-1, 2005).

As dimensões de fabricação, valores da largura (L), altura (H) e comprimento (C), que identificam o bloco, são correspondentes a múltiplos e submúltiplos do módulo dimensional M menos 1cm, onde $M=10\text{cm}$.

Os blocos cerâmicos de vedação devem apresentar determinadas características visuais, geométricas, físicas e mecânicas. Os blocos não devem apresentar problemas sistemáticos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na função especificada.

A massa seca (m_s) e o índice de absorção de água (AA) determinam fisicamente os blocos e a característica mecânica é a resistência à compressão individual (f_b).

A resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação, calculada na área bruta, deve atender aos valores mínimos indicados na norma NBR 15270-1 – Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos (ABNT, 2005), conforme

tabela 3.1., sendo área bruta (A_b) a área da seção de assentamento delimitada pelas arestas do bloco, sem desconto das áreas dos furos, quando houver.

Tabela 3.1. – Resistência à compressão (f_b) (norma ABNT NBR 15270-1, 2005).

Posição dos furos	f_b MPa
Para blocos usados com furos na horizontal (figura 1)	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical (figura 2)	$\geq 3,0$

A realização do ensaio para a determinação da resistência à compressão dos blocos de vedação segue os procedimentos da NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio (ABNT, 2005). Para tanto, os corpos de prova devem ser preparados da seguinte forma:

- Regularização em duas faces com pasta de cimento (ou argamassa) através do uso de uma placa plana indeformável recoberta com uma folha de papel umedecida ou com uma leve camada de óleo mineral, de forma a obter-se um corpo de prova com duas faces de trabalho devidamente regularizadas e tanto quanto possível paralelas;
- A espessura da pasta (ou argamassa) deve ser no máximo de 3mm;
- O excesso de pasta existente deve ser retirado com espátulas logo que a pasta (ou argamassa) estiver endurecida;
- Os corpos de prova devem ser submersos em água, no mínimo durante 6 horas, após o endurecimento das camadas de capeamento.

Os blocos são ensaiados na condição saturada, sendo a carga aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego, sempre perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentamento.

A resistência à compressão de cada corpo de prova, expressa em megapascals, é obtida dividindo-se a carga máxima, expressa em newtons, observada durante o ensaio, pela média das áreas brutas das duas faces de trabalho de cada bloco, expressa em milímetros quadrados.

3.4. Revestimentos argamassados

As argamassas de revestimento podem ser definidas como a mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento (CARVALHO JR., 2005).

Os revestimentos argamassados são uma das partes integrantes das vedações dos edifícios apresentando importantes funções (SABBATINI, 2000):

- Proteger os elementos de vedação dos edifícios dos agentes agressivos;
- Auxiliar as vedações no cumprimento das funções de isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- Regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de outros revestimentos (pintura, papel de parede, revestimentos cerâmicos, rochas ornamentais e outros) ou constituir-se no acabamento final;

- Contribuir para a estética da fachada.

Os revestimentos argamassados devem apresentar um conjunto de propriedades específicas relativas à argamassa, tanto no estado fresco como no endurecido, para que possam cumprir adequadamente suas funções.

As principais propriedades das argamassas são apresentadas na tabela 3.2. e descritas a seguir.

Tabela 3.2. – Propriedades das argamassas (SABBATINI, 2000).

Estado Fresco	Estado Endurecido
· Massa específica e teor de ar	· Aderência
· Trabalhabilidade	· Capacidade de absorver deformações
· Retenção de água	· Resistência mecânica
· Aderência inicial	· Resistência ao desgaste
· Retração na secagem	· Durabilidade

- Massa específica diz respeito à relação entre a massa e o volume do material podendo ser relativa ou absoluta, e teor de ar é a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa.

- Trabalhabilidade é uma propriedade de avaliação qualitativa. Uma argamassa para revestimentos é considerada trabalhável quando deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, sem ser fluida, mantém-se coesa ao ser transportada, mas não adere à colher ao ser lançada, distribui-se facilmente e preenche todas as reentrâncias da base e não endurece rapidamente quando aplicada. Alguns aspectos interferem nessa propriedade, como as características e o proporcionamento dos materiais constituintes da argamassa.

- Retenção de água representa a capacidade da argamassa de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação, permitindo a adequada hidratação do cimento e conseqüente ganho de resistência. Os fatores que influenciam a retenção de água, da mesma forma que na trabalhabilidade são as características dos materiais constituintes da argamassa e o seu proporcionamento.
- Aderência inicial é a propriedade relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, pela ancoragem da argamassa na base, através da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, seguida do endurecimento progressivo da pasta, conforme figura a seguir.

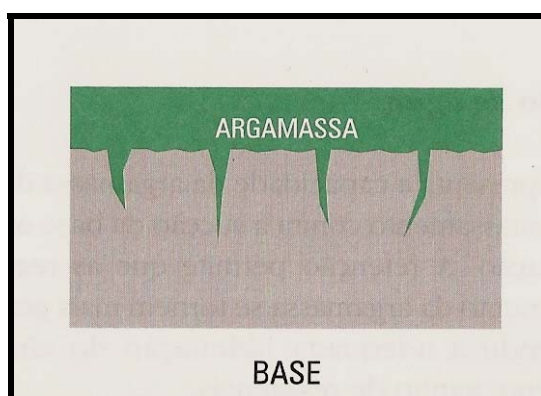


Figura 3.3. – Mecanismo de aderência da argamassa (SABBATINI, 2000).

A aderência inicial depende das outras propriedades da argamassa no estado fresco, das características da base de aplicação (porosidade, rugosidade, condições de limpeza) e da superfície de contato efetivo entre a argamassa e a base. Por exemplo, pode ocorrer perda de aderência por descontinuidade da camada de argamassa sobre a base, em razão da entrada rápida da pasta nos poros da base, devido à sucção da base ser maior que a retenção de água da argamassa.

- Retração na secagem ocorre devido à evaporação da água de amassamento da argamassa, como também pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes. A retração pode causar a formação de fissuras no revestimento, que podem ser prejudiciais ou não (microfissuras). As fissuras prejudiciais permitem a percolação de água pelo revestimento no estado endurecido, comprometendo a sua estanqueidade. Os fatores que influenciam a retração na secagem são as características dos materiais constituintes da argamassa e o seu proporcionamento.
- Aderência é a propriedade do revestimento de manter-se fixo ao substrato, sem romper-se, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento. As propriedades da argamassa no estado fresco, os procedimentos de execução do revestimento, a natureza, características e a limpeza superficial da base influenciam essa propriedade. A aderência é resultante da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa.

A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser determinada através de ensaio de arrancamento por tração de placas metálicas de 50mm de diâmetro ou de 100mm de lado, coladas com cola epóxi sobre a superfície da argamassa. De acordo com a norma NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação (ABNT, 1996), o limite de resistência de aderência à tração (R_a) para o revestimento de argamassa (emboço e reboco) varia de acordo com o local de aplicação e o tipo de acabamento. A tabela a seguir mostra esses valores.

Tabela 3.3. – Limites da resistência de aderência à tração (norma ABNT NBR 13749, 1996).

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

– Capacidade de absorver deformações é a propriedade do revestimento de suportar tensões sem romper, sem perda de aderência e sem apresentar fissuras prejudiciais.

– Resistência mecânica é a propriedade do revestimento de suportar ações mecânicas de diferentes naturezas, tais como o impacto, a abrasão superficial e a contração termoigroscópica.

– Permeabilidade é uma propriedade do revestimento relacionada à passagem de água pela camada de argamassa (material poroso) permitindo a percolação da água tanto no estado líquido como vapor. O revestimento deve ser estanque à água impedindo sua percolação, porém deve ser permeável ao vapor para favorecer a secagem da umidade de infiltração, proveniente de água de chuva, por exemplo. Os fatores que influenciam a permeabilidade são a natureza da base, a composição e dosagem da argamassa, a espessura da camada de revestimento e o acabamento final.

– Durabilidade é uma propriedade resultante das propriedades do revestimento no estado endurecido refletindo o desempenho do revestimento diante das ações do meio externo ao longo do tempo.

3.5. *Constituintes dos revestimentos argamassados*

As argamassas de acordo com sua função são constituídas de camadas que são denominadas:

– *Argamassa de assentamento:*

A argamassa de assentamento tem como principais funções unir solidamente os componentes da alvenaria, absorver as deformações naturais, distribuir uniformemente as cargas e selar as juntas contra a penetração de água de chuva (RIBEIRO, 2002).

– *Argamassa de aderência – chapisco:*

Essa argamassa tem como finalidade proporcionar condições de aspereza em superfícies muito lisas e praticamente sem poros, possibilitando o recebimento de outro tipo de argamassa. Sua aplicação é diferente, pois é jogada com certa violência a uma determinada distância de lançamento, para que haja certo impacto, o que propicia uma maior aderência e aspereza. Pode ser aplicado como revestimento único em muros e paredes.

– *Argamassa de regularização – emboço:*

Essa argamassa tem como finalidade evitar a infiltração e penetração de água sem impedir, entretanto, a ação capilar que transporta a umidade da alvenaria à superfície exterior da argamassa. Outras funções dessa argamassa consistem em uniformizar a superfície eliminando as irregularidades dos tijolos, sobras de argamassa, regularizando o prumo e alinhamento de paredes, para o recebimento de outro revestimento, como por exemplo, azulejos, cerâmicas, mármore entre outros.

– *Argamassa colante:*

A argamassa colante é uma argamassa industrializada, constituída de uma mistura pré-dosada de aglomerantes, agregados e aditivos, fornecida em pó, no estado seco, necessitando apenas da adição de água para ser

empregada. É utilizada para o assentamento de revestimentos cerâmicos ou pétreos.

– *Argamassa de acabamento – reboco:*

Essa argamassa pode atuar como superfície suporte para pintura, apresentando aspecto agradável, superfície muito lisa e regular, com pouca porosidade. O reboco pode funcionar também como o próprio acabamento, não recebendo, portanto, o recobrimento de pintura.

A execução das camadas da argamassa envolve uma série de etapas que devem estar bem definidas para que seja alcançado um maior nível de racionalização das atividades de execução. As etapas gerais de execução do revestimento de argamassa consistem na preparação da base, definição do plano de revestimento, aplicação da argamassa, acabamento das camadas e execução dos detalhes construtivos.

A preparação da base visa adequar a base ao recebimento da argamassa, relativamente à limpeza da alvenaria, à eliminação das irregularidades superficiais, às incrustações metálicas e ao preenchimento de furos. Nessa etapa é também realizado o chapiscamento da base.

A aplicação da argamassa sobre a superfície deve ser feita por projeção enérgica do material sobre a base, de forma manual ou mecânica (argamassa projetada).

Após ser aplicada a argamassa, segue-se o sarrafeamento que consiste no aplainamento da superfície revestida. Após um intervalo de tempo adequado, é feito o desempeno e o camurçamento. O camurçamento proporciona uma textura mais lisa e regular na superfície, para o caso do acabamento final especificado para pintura.

Os detalhes construtivos consistem nas juntas de trabalho, quinas, cantos, peitoris, pingadeiras e reforço com tela, que podem ser realizados

juntamente com a execução do revestimento ou logo após o seu desempenho e camurçamento, dependendo do tipo de detalhe.

3.6. Sistema de pintura

O que se denomina pintura não deve ser entendido apenas como a tinta de acabamento. O sistema de pintura é composto por fundos, líquidos preparadores de paredes, massas e a tinta de acabamento, sendo que cada um desses produtos possui uma função definida (UEMOTO, 2002).

Fundos são produtos destinados à primeira demão ou mais demãos sobre a superfície e funcionam como uma ponte entre o substrato e a tinta de acabamento. Aplicados sobre superfícies de argamassa, os fundos são denominados seladores, sendo indicados para reduzir e/ou uniformizarem a absorção de substratos. O fundo preparador de paredes tem como característica principal promover a coesão de partículas soltas do substrato, sendo recomendada sua aplicação sobre superfícies não muito firmes e sem coesão.

Já as massas são produtos pastosos, altamente pigmentados e servem para correção de irregularidades da superfície já selada.

Finalmente, a tinta de acabamento é a parte visível do sistema de pintura apresentando as propriedades necessárias para o fim a que se destina, inclusive cor. A tinta é um material que serve a diversos usos e funções. A função decorativa existe desde os tempos da pré-história, a função protetora, entretanto, aparece mais recentemente.

As tintas são constituídas pelos componentes resina ou polímero, pigmento, solvente e aditivos, cuja composição e proporcionamento determinam as diversas tipologias de tinta (UEMOTO, 2002). A resina, também denominada veículo não volátil, é o aglutinante das partículas voláteis, bem como o

agente formador de filme. Apesar da resina ser modificada pelo tipo e teor de pigmento presente, sua composição tem elevada importância nas propriedades das partículas da película.

O pigmento é o componente responsável pela cor, opacidade ou ação anticorrosiva no caso de tintas para proteção de superfícies metálicas. Nas tintas látex, o dióxido de titânio é usado nas formulações para dar alvura, cobertura (opacidade) e durabilidade à tinta, através do seu poder de reflexão da luz.

O solvente, também denominado veículo volátil, tem como função dissolver a resina e conferir viscosidade adequada para aplicação da tinta. E os aditivos são substâncias adicionadas em pequenas quantidades, fornecendo características especiais às tintas, tais como, estabilizar as emulsões, aumentar a resistência a fungos e bactérias, alterar a temperatura de formação do filme, entre outras.

O proporcionamento dos componentes tem elevada importância nas propriedades das películas de tinta. Algumas propriedades da pintura, tais como, porosidade e durabilidade da película, podem ser estimadas a partir do conhecimento da composição da tinta ou ainda através da realização de ensaios de desempenho.

A relação pigmento e resina é um dos parâmetros mais utilizados para descrever a composição (formulação) de uma tinta, sendo denominada internacionalmente PVC (Pigment Volume Content). O PVC é definido como sendo a fração volumétrica percentual do pigmento sobre o volume total de sólidos do filme seco (UEMOTO, 2002):

$$\text{PVC} = \frac{V_p}{V_p + V_v} \times 100 \quad (3.2.)$$

onde,

V_p = volume de pigmento

V_v = volume de veículo sólido

O PVC é um fator que influi na porosidade e permeabilidade de um sistema de proteção por barreira, além de possibilitar a distinção entre os acabamentos brilhante, semibrilho e fosco. As tintas foscas possuem um PVC elevado enquanto uma tinta semibrilho possui um PVC baixo.

A tabela a seguir mostra as tintas convencionais mais utilizadas na construção civil, bem como os silicones, a caiação e as tintas à base de cimento (argamassas decorativas).

As tintas látex acrílica e látex vinílica são tintas recomendadas para a aplicação sobre superfícies internas e externas de alvenaria à base de cimento e/ou cal (argamassas), concreto, bloco de concreto, componentes de fibrocimento, gesso e cerâmica não vitrificada. Suas principais características são descritas a seguir (UEMOTO, 2002).

A *tinta látex acrílica* é formulada com base de dispersão de copolímeros acrílicos ou estirenos acrílicos, contendo pigmentos como o dióxido de titânio e/ou outros pigmentos coloridos, cargas e aditivos. De modo geral, apresenta maior resistência de aderência, durabilidade, resistência à água e à alcalinidade do que os sistemas com base de poliacetato de vinila (PVAc). As películas obtidas com esse tipo de tinta são mais porosas e/ou permeáveis do que aquelas à base de óleo e esmalte sintético e menos porosas do que aquelas à base de PVAc. A estimativa de vida útil até a 1ª repintura, em ambientes externos de baixa agressividade é de 05 anos (UEMOTO, 2002).

Tabela 3.4. – Tintas usuais no mercado (UEMOTO, 2002).

Substrato	Tinta	Verniz	Silicone
Minerais porosos	· Látex acrílico	· Acrílico	· Silanos
· Concreto	· Látex PVAc	· poliuretânico	· Siloxanos
· Argamassa	· Caiação		
· cerâmica	· Tinta à base de cimento		
	· Esmalte sintético (alquídica)		
	· Resina epóxi		
	· Borracha clorada		
Madeira e seus derivados	· A óleo	· A óleo	
	· Esmalte sintético (alquídica)	· Alquídico	
		· Alq./poliuretano	
		· Poliuretânico	
		· Filtro solar	
		· Poliuretânico	
Metálicos ferrosos e não ferrosos	· A óleo		
	· Esmalte sintético (alquídica)		

A *tinta látex vinílica* é formulada com base de dispersão de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVAc), contendo pigmentos como o dióxido de titânio e/ou outros pigmentos coloridos, cargas e aditivos. De modo geral, apresenta menor resistência de aderência, durabilidade, resistência à água e à alcalinidade do que os sistemas com base de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico. As películas obtidas com esse tipo de tinta são mais porosas e/ou permeáveis do que aquelas com base de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico, à base de óleo e esmalte sintético. A estimativa de vida útil até a 1^a repintura, em ambientes externos de baixa agressividade é de 03 anos (UEMOTO, 2002).

A execução de sistemas de pintura deve seguir alguns princípios e recomendações visando reduzir a ocorrência de falhas. As falhas em pintura geralmente se manifestam na interface da película com o substrato, ou na própria película de pintura. As principais causas dessas falhas ocorrem devido a problemas com o substrato, tais como, a presença de umidade ou sua baixa resistência mecânica, ou ainda pela preparação inadequada, falta de preparação do substrato, especificação incorreta da tinta, condições inadequadas para aplicação dos produtos ou má qualidade destes produtos.

3.7. Revestimentos cerâmicos

Os revestimentos cerâmicos são elementos que compõem o edifício juntamente com a estrutura, as vedações verticais e horizontais, demais revestimentos e os sistemas prediais (CAMPANTE, 2003).

Para o adequado desempenho do edifício como um todo, é necessário que esses revestimentos apresentem propriedades específicas e cumpram suas funções, tais como, proteger os elementos de vedação do edifício, auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções (isolamento térmico e acústico, estanqueidade a água e aos gases), regularizar a superfície dos elementos de vedação e proporcionar acabamento final aos revestimentos de pisos e paredes.

As propriedades dos revestimentos cerâmicos estão relacionadas às características da placa cerâmica, ao tipo de material utilizado para fixação da placa à base, ao tipo de rejunte, às características da base de aplicação e aos detalhes construtivos. São elas (CAMPANTE, 2003):

- Aderência: capacidade do revestimento de permanecer aderido à base;
- Resistência mecânica: capacidade do revestimento de resistir às solicitações decorrentes do uso, do ambiente e de outros subsistemas;

- Características superficiais e de permeabilidade compatíveis com as condições de uso: tornar a superfície do piso anti-derrapante ou impermeável, por exemplo;
- Durabilidade e eficiência: permanecer inalterado durante a vida útil do ambiente.

Os revestimentos cerâmicos são compostos por uma sucessão de camadas (figura 3.4.), devendo formar um conjunto monolítico aderido ao substrato (emboço) e este à base (alvenaria ou concreto).

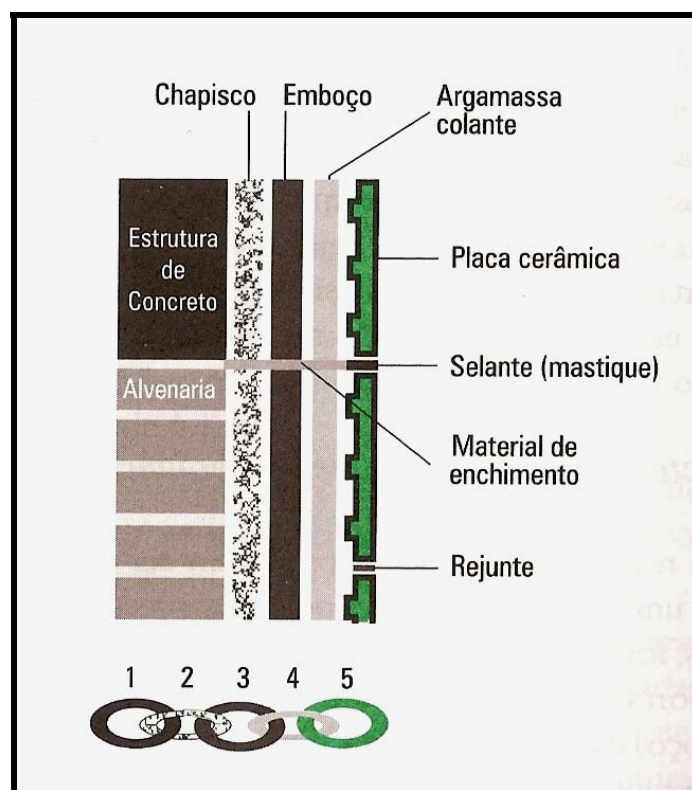


Figura 3.4. – Camadas de revestimento cerâmico de parede (CAMPANTE, 2003).

As camadas base (alvenaria ou concreto) e substrato (emboço) acima ilustradas, embora não constituam parte do revestimento cerâmico têm fundamental importância no desempenho do conjunto, devendo ser

especificadas corretamente e executadas seguindo técnicas construtivas adequadas, conforme visto anteriormente.

A argamassa colante constitui uma camada que tem como função manter as placas cerâmicas aderidas ao substrato. As argamassas colantes são compostas por cimento Portland, grãos inertes de granulometria fina e resinas orgânicas, devendo apresentar algumas características, tais como:

- Tempo de vida, que é o tempo de uso da argamassa durante o qual ela permanece com suas características de uso, iniciado logo após a mistura da argamassa em pó e água;
- Tempo de abertura, também chamado de "tempo em aberto", que é o tempo disponível entre o espalhamento da argamassa colante e a criação de uma película esbranquiçada sobre os cordões, o que denuncia a perda da capacidade de aderência da argamassa colante;
- Tempo de ajustabilidade com as condições de trabalho, que é o período de tempo em que, após o assentamento das placas cerâmicas, estas podem ter suas posições corrigidas sem que haja redução na capacidade de aderência;
- Plasticidade e coesão tais que permitam o espalhamento e o ajuste das placas cerâmicas;
- Retenção de água compatível com o tipo de substrato e de placa cerâmica;
- Espessura que permita uma adequada superfície de contato entre o substrato e as placas cerâmicas e que não introduza tensões nas interfaces de assentamento.

Segundo a norma NBR 14081 – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos (ABNT, 2004), as argamassas colantes dividem-se em quatro tipos, conforme tabela a seguir.

As argamassas colantes devem ter propriedades que sejam compatíveis com as condições de uso e de exposição a que serão submetidas, seja no ambiente interno ou externo.

Tabela 3.5. – Requisitos de argamassa colante (norma ABNT NBR 14081, 2004).

Propriedade	Método de ensaio	Unidade	Argamassa colante			
			ACI	ACII	ACIII	E
Tempo em aberto	NBR 14083	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20	Argamassa do tipo I, II ou III com tempo em aberto estendido em no mínimo 10 min do especificado nesta tabela
Resistência de aderência à tração aos 28 dias em	NBR 14084					
· Cura normal		MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0	
· Cura submersa		MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0	
· Cura em estufa	MPa	—	≥ 0,5	≥ 1,0		
Deslizamento	NBR 14085	mm	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7	

Já as placas cerâmicas são fabricadas a partir de argilominerais, vidrados, óxidos metálicos, dentre outros minerais, que depois de misturados e moldados, são queimados em fornos sob altas temperaturas (CAMPANTE, 2003).

As cerâmicas podem ser classificadas de acordo com o tipo de moldagem, o acabamento superficial, a textura e a cor. Para a correta utilização das placas cerâmicas é necessário o conhecimento de suas propriedades, sendo as principais delas descritas a seguir:

- Absorção de água: está diretamente ligada à porosidade da placa cerâmica. O grau de absorção da água interfere nas outras propriedades da placa, tais como a resistência mecânica, química, ao gelo, ao impacto e ao choque térmico.
- Resistência mecânica: caracteriza-se pelo módulo de resistência à flexão e à carga de ruptura;
- Resistência à abrasão ou resistência ao desgaste superficial: pode ser medida através da abrasão superficial (placas esmaltadas) ou abrasão profunda (placas não esmaltadas). No caso das placas esmaltadas, a classe de abrasão é denominada PEI (Porcelain Enamel Institute). A tabela a seguir mostra uma referência para a resistência à abrasão.

Tabela 3.6 – Estágios de abrasão (norma ABNT NBR 13818, 1997).

Estágio de abrasão Ciclos	Classe de abrasão
100	0
150	1
600	2
450, 1500	3
2100, 6000, 12000	4
> 12000	5

- Dilatação térmica: significa um aumento de tamanho da placa mediante variações de calor. A dilatação térmica é um processo reversível ocorrendo em locais sujeitos a aquecimentos.
- Expansão por umidade (EPU): é um fenômeno irreversível e ocorre com mais intensidade em locais muito úmidos. Segundo CARVALHO JR. (2003) a expansão por umidade (EPU) é devida principalmente à adsorção

física e química da umidade no interior do corpo cerâmico sobre as fases do produto após a queima. O fator determinante da ocorrência da expansão por umidade é a estrutura química do material: as características superficiais das fases presentes e a evolução da energia destas fases pela ação da adsorção da água. No corpo cerâmico queimado identificam-se fases cristalinas e amorfas. Na medida em que a expansão por umidade decorrente das fases cristalinas é praticamente desprezível devido à sua estabilidade, o aumento dimensional das placas cerâmicas pela ação da umidade é consequência da grande superfície específica e elevada energia superficial das fases amorfas. Assim sendo, a expansão por umidade está associada às matérias-primas utilizadas, às proporções entre os materiais, aos aditivos incorporados, ao ciclo de queima e à temperatura máxima do processo.

As juntas de assentamento, também conhecidas como rejuntas, são os espaçamentos milimétricos entre as placas, deixados durante o seu assentamento, com o objetivo de aumentar a capacidade deste em absorver deformações vindas das variações térmicas e higroscópicas e das deformações da base (CAMPANTE, 2003). Além disso, os rejuntas têm como função absorver as variações dimensionais entre as placas cerâmicas e permitir alinhamentos precisos das placas cerâmicas por ocasião do assentamento.

Já as juntas de movimentação são executadas seccionando-se toda ou parte da espessura do substrato e preenchendo-se este espaço aberto com material elastomérico (selante) e espuma de polietileno expandido (anteparo do selante). Essas juntas têm como função criar painéis de dimensões que permitam dissipar as tensões induzidas pelas deformações do próprio revestimento, somadas àquelas da própria base; e funcionar como juntas de controle localizadas em regiões passíveis de aparecimento de fissuras e trincas, de maneira que, dissipando as tensões existentes, estas não ocorram.

No Brasil, a norma NBR 14992 – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - Requisitos e métodos de ensaio (ABNT, 2003), especifica propriedades do material de rejunte tais como, a capacidade de absorver deformações, impermeabilidade, resistência à abrasão, durabilidade e resistência a fungos.

Logo, a execução dos revestimentos cerâmicos envolve um conjunto de atividades, desde a correta seleção das placas cerâmicas até o preenchimento das juntas entre componentes (rejunte). Este conjunto de atividades compreende um adequado planejamento, verificação da qualidade do substrato e a execução da camada de acabamento.

3.8. Rochas ornamentais

A humanidade se utiliza do ambiente geológico desde os primórdios tempos. Inicialmente, utilizavam-se cavernas para o abrigo e proteção, o que pode ser comprovado pelas inúmeras ilustrações rupestres existentes em seu interior, que retratam o modo de vida naquela época. Posteriormente, pontas de lanças, martelos e outros artefatos foram fabricados por nossos antepassados e tiveram papel fundamental na supremacia do ser humano sobre outras espécies. Com o avanço da civilização, os seres humanos passaram a modificar as rochas, cortando-as e transportando-as, e utilizando-as como material de construção de suas casas. Mais tarde utilizaram as rochas para construção de monumentos e aquedutos, pavimentar ruas, e inúmeras outras aplicações. Muitas dessas construções estão intactas até hoje (TAIOLI, 2002).

Nos dias atuais a rocha continua sendo utilizada como material de construção, ora como um agregado para a fabricação do concreto (pedra britada ou seixo rolado), ora "in natura" como elemento estrutural e também em placas ou ladrilhos como material de revestimento. A rocha,

uma vez cortada e polida apresenta características próprias, que dependem da história geológica por que passou desde sua formação na Terra.

As rochas ígneas, de maneira geral, caracterizam-se pela alta resistência mecânica e, portanto, são apropriadas para suportar grandes esforços mecânicos e tráfego. Como exemplo, tem-se os granitos.

As rochas sedimentares, apesar de menos resistentes à abrasão, também são muito utilizadas como elemento estrutural e mesmo de revestimento. Alguns exemplos são o calcário e o carvão mineral.

Os mármore, que representam as rochas metamórficas, têm uma composição carbonática e, portanto, são relativamente menos resistentes do que as rochas ígneas. Apresentam uma grande variedade de padrões texturais e de cores o que permite sua adaptação a diferentes projetos arquitetônicos, sendo como tal mais apropriados para revestimento de paredes.



Figura 3.5. – Vista de Mármore branco (GAMA, 2006).

As ardósias, rochas levemente metamorfozadas, são muito populares para o revestimento de pisos, assim como os quartzitos, que são aplicados em beiras de piscinas devido à sua resistência e característica antiderrapante. Inúmeras ruas são pavimentadas com blocos de rocha (paralelepípedos) que conjugam a altíssima durabilidade da rocha com ótimas características de drenagem.

As rochas ornamentais representam um material de construção, tanto tradicional como moderno, graças às suas propriedades de resistência, suas tonalidades e aos arranjos multiformes de sua textura, sendo utilizadas como revestimento na construção civil em peças decorativas.

O processo de industrialização de rochas ornamentais ocorre através de técnicas complexas e dispendiosas como o aparelhamento, o corte, a serragem e o acabamento da face aparente da rocha, que pode ser natural, serrado, polido, flameado, levigado, apicoado ou frisado. As operações realizadas na industrialização de blocos de rochas ornamentais são mostradas na figura a seguir (GAMA, 2006).

No Brasil são extraídas anualmente 5,2 milhões de toneladas de rochas para revestimento. Um percentual crescente tem sido exportado para diversos países, tais como Estados Unidos da América, países europeus e asiáticos. As maiores concentrações de mármore estão no estado do Espírito Santo, sendo este também o maior produtor de rochas ornamentais do país.

Para se alcançar um ótimo desempenho, deve-se conhecer as rochas e as aplicações mais apropriadas para cada tipo de rocha, considerando suas propriedades, qualidades e deficiências (TAIOLI, 2002).

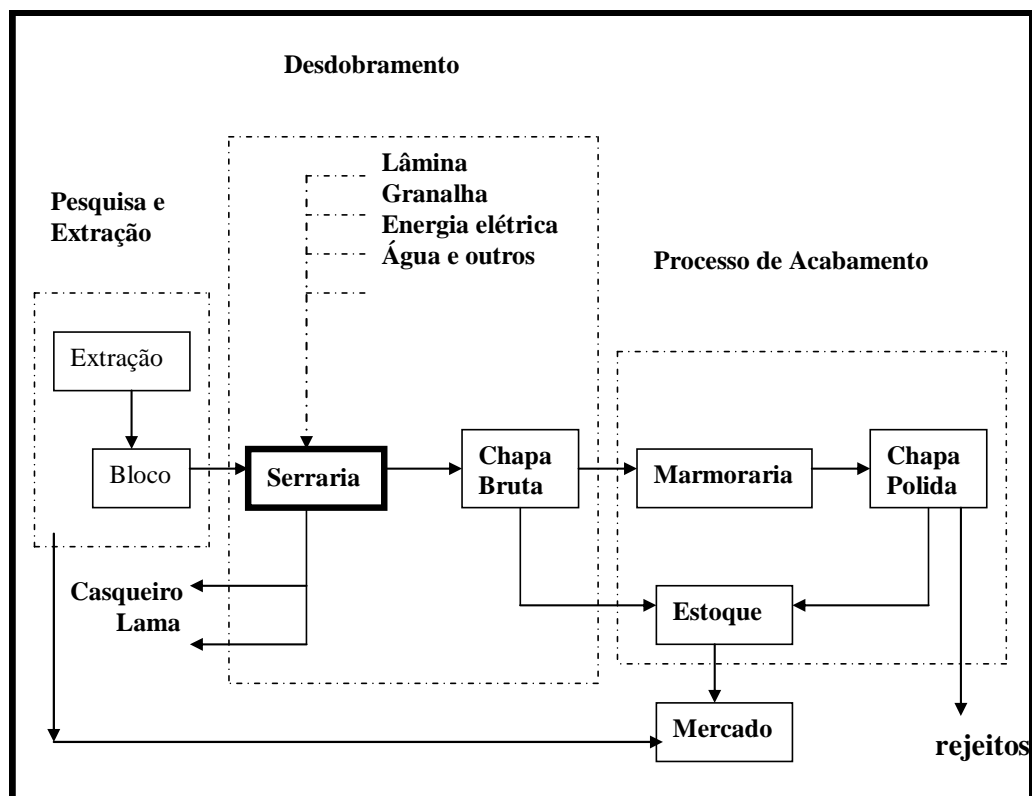


Figura 3.6. - Industrialização de blocos de rochas ornamentais (GAMA, 2006).

3.9. Propriedades higroscópicas dos materiais de construção

A quantidade de água absorvida por um material de construção depende de dois fatores: porosidade e capilaridade. Na secagem de materiais porosos, a capilaridade provoca o aparecimento de forças de sucção, responsáveis pela condução da água até a superfície do componente, onde ela será posteriormente evaporada.

As variações no teor de umidade de um material provocam movimentações irreversíveis e reversíveis. As movimentações irreversíveis são aquelas que ocorrem geralmente logo após a fabricação do material e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja a umidade higroscópica de equilíbrio do material fabricado. As movimentações reversíveis ocorrem por variações do teor de umidade do material, ficando delimitadas a um certo intervalo, mesmo no caso de secar-se ou saturar-se completamente o

material (THOMAZ, 1989). A figura a seguir ilustra as movimentações reversíveis e irreversíveis para um concreto, devidas à variação do seu teor de umidade.

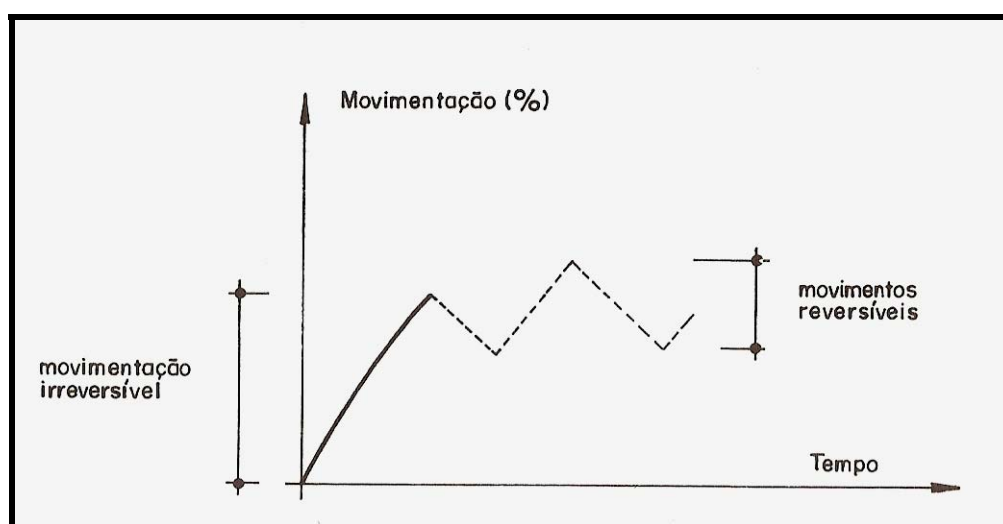


Figura 3.7. – Movimentações reversíveis e irreversíveis para um concreto, devidas à variação do seu teor de umidade (THOMAZ, 1989).

3.10. Patologias causadas pela umidade

A ocorrência de problemas ou manifestações patológicas em edificações pode ter origem nas fases de produção ou utilização das mesmas: de planejamento, de projeto, de materiais e componentes, de execução e de uso (manutenção e operação) (IOSHIMOTO, 1988).

A incidência de problemas nas edificações está relacionada com o nível de controle da qualidade realizado nas etapas citadas, bem como com a compatibilidade entre as mesmas.

O estudo sistemático das patologias através das suas manifestações características permite um conhecimento aprofundado de suas causas, bem como subsídios com informações para trabalhos de recuperação e manutenção. Além disso, este estudo contribui para o entendimento do

processo de produção de habitações (nas suas diversas etapas) de modo a minimizar a incidência de problemas.

Em pesquisa realizada pelo IPT, sobre patologias da construção, foram visitados 36 conjuntos habitacionais no interior de São Paulo e foi constatada a distribuição de problemas, apresentados na tabela a seguir (PEREZ, 1988).

Tabela 3.7 – Distribuição de problemas encontrados em pesquisa realizada pelo IPT em 36 conjuntos habitacionais do Estado de São Paulo (PEREZ, 1988).

Tipo de construção	Idade do edifício	Problemas Típicos		
		Umidade	Trincas	Descolamento de revestimento
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 %

Os resultados destas pesquisas mostram que os problemas de umidade, além de serem freqüentes, representam quase 60% dos problemas de uma edificação durante sua vida útil.

Os problemas de umidade podem manifestar-se nas edificações em todos os seus componentes construtivos, sendo que a forma de manifestação do problema na maioria das vezes não está associada a uma única causa, e sim a um conjunto de causas, sendo uma delas preponderante. Uma classificação, adotada internacionalmente, para os estudos e trabalhos relativos a problemas de umidade, onde se procura conciliar a origem do

fenômeno e a forma como este se manifesta é representada como se segue (PEREZ, 1988):

- Umidade de obra: originada nos trabalhos de construção dos edifícios, mantendo-se durante um determinado período após o termino da obra, diminuindo depois gradualmente até desaparecer.
- Umidade de absorção e capilaridade: tem origem na absorção da água existente no solo pelas fundações das paredes e pavimentos, migrando para as fachadas e pisos.
- Umidade de infiltração: proveniente da água de chuva que penetra nos edifícios através dos elementos constituintes de sua envoltória exterior.
- Umidade de condensação: se origina do vapor de água que se condensa nas superfícies, ou no interior dos elementos de construção.
- Umidade acidental: proveniente de vazamentos do sistema de distribuição e / ou coleta de águas da edificação.

A freqüência da ocorrência destes tipos de umidade está associada à idade da construção, ao clima, aos materiais e técnicas construtivas aplicadas e ao nível de controle da qualidade realizado nas construções.

As patologias de umidade apresentam diversas formas de manifestação entre as quais pode-se citar:

- Manchas:

As manchas podem se manifestar acompanhadas ou não da formação de eflorescências ou vesículas. Segundo UEMOTO (2002), nas edificações, o termo eflorescência significa "a formação de depósito salino na superfície de alvenarias, como resultado da exposição às intempéries.". Para ocorrer a eflorescência, é determinante haver a presença e a ação dissolvente da

água (FIORITO, 1994). As vesículas podem ser causadas por uma série de fatores tais como, a existência de pedras de cal não completamente extintas, matérias orgânicas contidas nos agregados, torrões de argila dispersos na argamassa ou outras impurezas (BAUER, 1994).

No caso de tintas impermeáveis, a eflorescência deposita-se entre a camada de tinta e a camada de reboco, desta forma, comprometendo a aderência entre ambas. Estas tintas são também responsáveis pela formação de bolhas que resultam da percolação da água através da alvenaria acumulando entre o revestimento e a tinta.

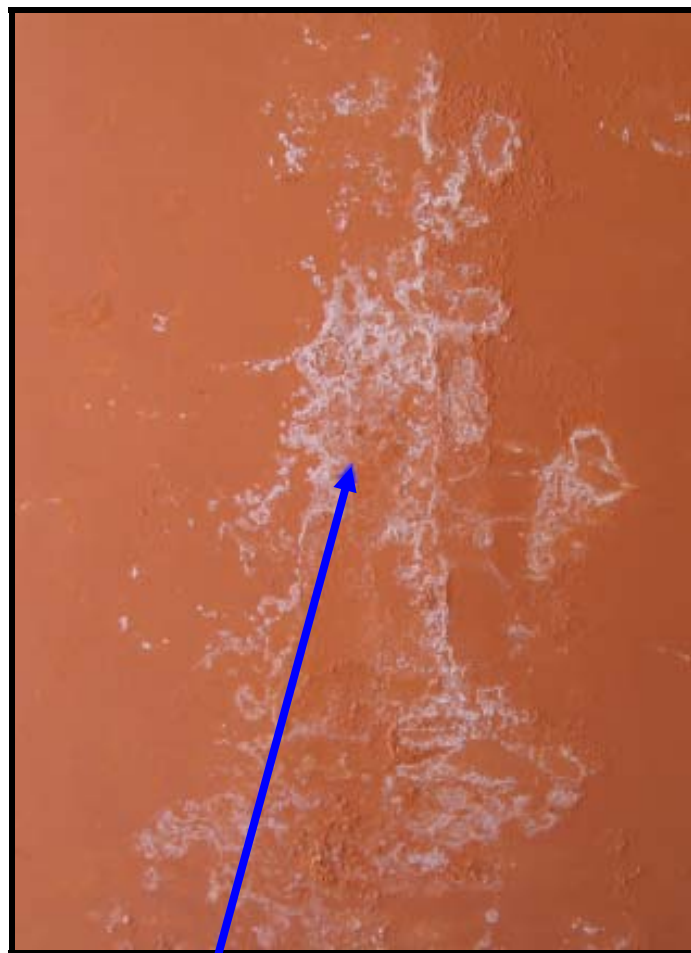


Figura 3.8. – Formação de eflorescência (SABBATINI et al., 2006).

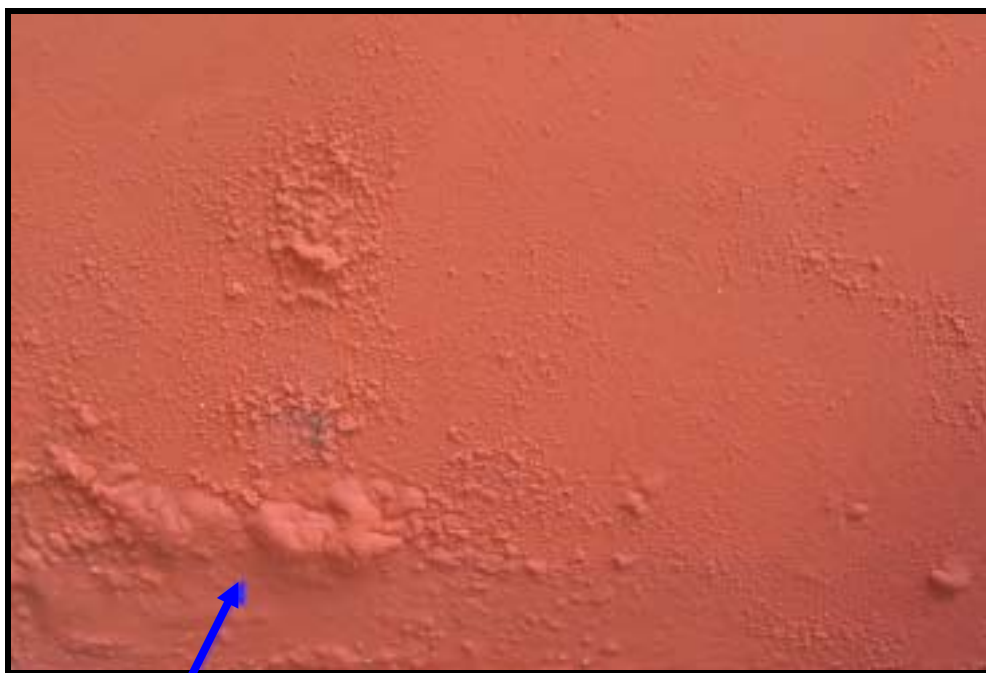


Figura 3.9. – Formação de bolhas (SABBATINI et al., 2006).

– Formação do bolor ou mofo:

O bolor é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas (SHIRAKAWA et al., 1995). O desenvolvimento desses microorganismos em revestimentos internos ou de fachada causa alterações estéticas de tetos e paredes pela formação de manchas escuras, indesejáveis, preta, marrom e verde, ou ocasionalmente manchas claras esbranquiçadas ou amareladas. A multiplicação de fungos pode provocar ao longo do tempo a deterioração da construção e o desencadeamento de alergias respiratórias e asma em pessoas com predisposição.

– Aparecimento de fissuras e trincas:

As trincas provocadas por variação de umidade dos materiais de construção, entre um caso e outro, podem apresentar variação de abertura em função das propriedades higrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação da temperatura ou da umidade (THOMAZ, 1989).

Um tipo de fissura bastante característico ocorre verticalmente no terço médio da parede, podendo ser causada tanto pela contração de secagem do componente de alvenaria quanto por suas movimentações reversíveis.

Em estudo realizado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) com blocos vazados de solo-cimento, pode-se constatar o aparecimento de micro-fissuras verticais nas paredes de blocos, após a ocorrência de chuvas que provocaram o umedecimento das paredes. Como os blocos haviam sido empregados na obra com idade superior a 90 dias, deduziu-se que as fissuras eram ocasionadas por movimentações reversíveis originadas pela brusca variação de umidade.

Movimentações reversíveis ou irreversíveis podem originar também destacamentos entre componentes de alvenaria e argamassa de assentamento em função de inúmeros fatores tais como, aderência entre a argamassa e componentes de alvenaria, tipo de junta adotada, módulo de deformação dos materiais em contato, propriedades higroscópicas desses materiais e intensidade da variação de umidade (THOMAZ, 1989).

Trincas horizontais também podem aparecer na base das paredes, onde os componentes de alvenaria em contato direto com o solo absorvem sua umidade, apresentando movimentações diferenciadas em relação às fiadas superiores que estão sujeitas à insolação direta e à perda de água por evaporação. Essas trincas quase sempre estão acompanhadas por eflorescências o que facilita seu diagnóstico.

Outro tipo bastante característico de fissura causada por umidade é aquele presente no topo de muros pela absorção de água (de chuva ou mesmo de orvalho), uma vez que a argamassa do topo da parede movimenta-se diferencialmente em relação ao corpo do muro, esta acaba destacando-se do mesmo.

3.11. Patologias causadas pela ação da água de inundação

O Building Research Establishment Digest (Department of the Environment, 1973) descreve os possíveis efeitos de uma inundação sobre os materiais e estrutura de uma edificação, bem como os vários tipos de danos que podem ser causados, incluindo uma indicação dos pontos a serem checados quando necessário lidar com edificações danificadas por inundação. Entre os principais efeitos citados pode-se destacar PENNING-ROUSELL (1977):

- As alvenarias porosas absorvem até 55 litros de água por metro quadrado. Apesar da secagem poder se estender durante meses, é improvável que haja danos, a não ser que a inundação seja acompanhada de geada. Neste caso, a alvenaria em contato com a água pode se esfacelar e o reparo se torna muito oneroso.

- Nos rebocos internos de paredes de tijolos ou blocos o efeito de inundações é motivo de controvérsias. Experiências demonstraram que não há um roteiro de fácil aplicação. Uma imersão por um período reduzido (minutos) não causa danos graves se a condição pré-inundação do reboco for adequada (por exemplo, forte aderência do reboco à base e ausência de trincas). Uma argamassa de qualidade deve resistir à água por períodos mais longos. Entretanto, o contato prolongado irá saturar a massa e, uma vez que isso ocorra, a aderência pode eventualmente desaparecer, não deixando alternativa a não ser a restauração. Quando as águas de inundação estiverem contaminadas por efluentes e estes tiverem tempo de penetrar o reboco, provavelmente será também necessária a confecção de novo reboco.

– Inundações de duração curta (horas) causam entre dez e cinquenta por cento menos danos do que inundações de duração longa (dias), uma vez que a água não tem tempo de penetrar o reboco e os tijolos. Inundações de longa duração causam o esfacelamento do rejunte, principalmente em prédios antigos onde ele é à base de cal.

– A pintura de paredes exteriores sofrerá danos sob inundações de durações curtas ou longas. Certa quantidade de água penetra na tinta, causando descoloração ou esfacelamento durante a secagem. Caso o exterior já esteja pintado, será necessário pintar novamente toda a construção.

3.12. Experiências realizadas em campo no Estado de Minas Gerais

Um grupo de pesquisadores dos Departamentos de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos e Engenharia de Materiais e Construção da UFMG realizou um estudo em áreas inundáveis na cidade de Itajubá – MG, localizada no Vale do Rio Sapucaí. Este estudo teve financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do CT-HIDRO.

A bacia do Sapucaí foi escolhida tendo em vista a freqüente ocorrência de inundações significativas nesta área. A última grande inundação ocorreu em janeiro de 2000. Este evento foi tomado como referência para a coleta dos dados de campo. O estudo realizado envolveu a caracterização das patologias nas construções sinistradas mediante visitas técnicas e coleta de informações através da aplicação de questionários. Além das patologias, foram coletados dados relativos às características da inundação (profundidade de submersão e duração da inundação), a qualidade das edificações e os reparos realizados. A etapa de pesquisa de campo na cidade de Itajubá foi realizada em agosto de 2002

Nas visitas realizadas pode-se observar as condições precárias de algumas moradias e, por vezes, o descuido ou a carência de meios para uma adequada conservação da construção, aumentando com isso sua vulnerabilidade.

Com base nas descrições das patologias caracterizadas, foram obtidas estimativas de custos de recuperação das construções através da elaboração de orçamento dos serviços de engenharia necessários para a realização dos reparos detectados (TCPO, 2003).

Foi também realizado um estudo para o estabelecimento de padrões construtivos tendo por referência a norma NBR 12721 – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento (ABNT, 2007). Devido à grande variação das características das edificações e materiais empregados na construção, foram estabelecidos três padrões construtivos: Alto, Normal e Baixo (Tabela 3.8.). Estes padrões foram empiricamente correlacionados com a classe sócio-econômica dos moradores, determinada de acordo com o *Critério Brasil*, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que se baseia em informações relacionadas a itens de conforto familiar (posse de bens de consumo duráveis), ao grau de instrução do chefe de família e à utilização de empregados domésticos (classes A, B, C e D).

Tabela 3.8. – Padrões construtivos (norma ABNT NBR 12721, 2007).

LOCAL	PADRÃO		
	Alto	Normal	Baixo
Portas	Maciça almofadada	Compensado encerado	Compensado pintado
Janelas	Madeira/ Alumínio	Madeira/ Alumínio	Esquadrias de aço
Banheiro	Granito	Mármore	Cerâmica
Acessórios Banheiro	Metais de luxo/ Cuba Inox luxo	Metais cromados/ Bacias simples	Metais niquelados/ Louça branca
Cozinha	Bancada granito/ Cuba inox luxo	Bancada mármore/ Cuba inox simples	Bancada ardósia/ Cuba inox simples
Revestimento paredes	Sistema tradicional	Massa paulista	Gesso
Revestimento Cozinha e banho	Cerâmica Fórmica	Cerâmica comum	Azulejo branco
Revestimento Externo Fachada	Granito Cerâmica de luxo	Cerâmica Tinta acrílica	Tinta PVA (sem emassamento)
Pintura	Tinta Acrílica	Tinta PVA (com emassamento)	Tinta PVA (sem emassamento)

O gráfico da figura a seguir mostra a distribuição dos padrões construtivos observados nas residências entrevistadas. Como era previsto, a maioria das residências pesquisadas foi caracterizada pelo padrão construtivo normal. O baixo percentual de residências que correspondem ao padrão construtivo alto se deve, principalmente, ao fato de que as classes de poder aquisitivo mais alto, em geral, não constroem suas casas em áreas inundáveis, bem conhecidas na cidade, uma vez que as inundações são freqüentes.

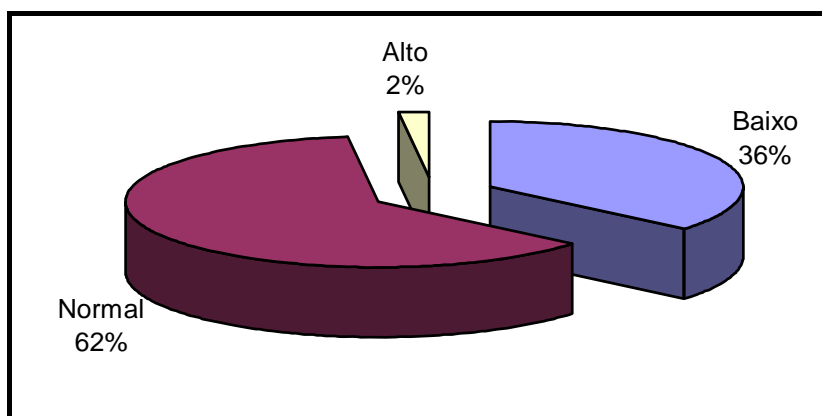


Figura 3.10. - Distribuição dos níveis de padrão construtivo (MACHADO et al., 2004).

Os dados obtidos pela aplicação dos questionários foram transferidos para um banco de dados com a ajuda de um programa de computador especialmente desenvolvido para facilitar a digitação dos dados nos campos adequados.

A figura 3.11. mostra informações obtidas na pesquisa realizada em campo, relativamente à profundidade de submersão e à classe social.

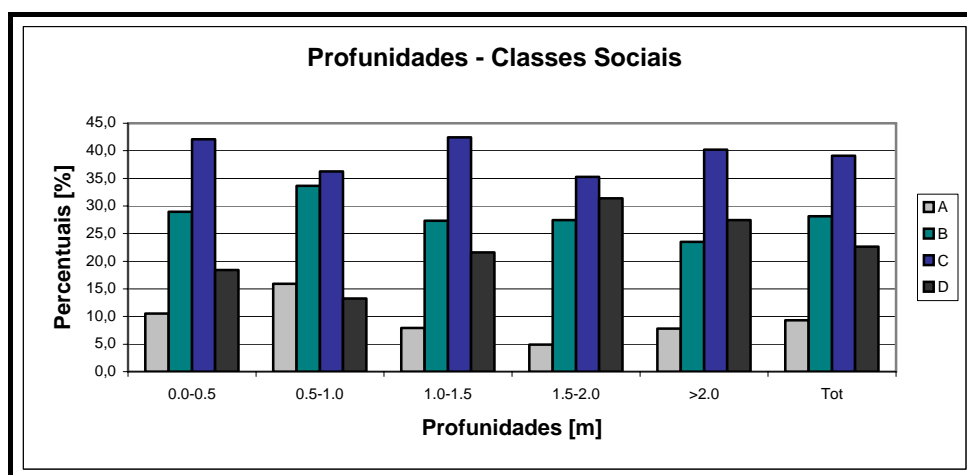


Figura 3.11. - Classes Sociais versus profundidades de submersão (MACHADO et al., 2004).

Pela figura acima observa-se que algumas classes estão mais sujeitas a ocorrência de inundação que outras.

As curvas de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão foram estabelecidas através de orçamentos para reforma de cada residência de acordo com as informações fornecidas pelos entrevistados sobre os danos ocorridos. Para tanto, foram estabelecidos custos unitários de recuperação dos danos à construção provocados pela inundação. Estes custos unitários foram obtidos separadamente para cada um dos padrões construtivos da Tabela 1, utilizando-se as Tabelas de Composição de Preços para Orçamento (TCPO, 2003).

Cada orçamento para recuperação dos danos em uma edificação gerou um ponto da curva *custo de recuperação dos danos à construção versus profundidade de submersão*.

Na avaliação dos custos de recuperação das edificações foram considerados os danos às portas, janelas, pisos, rodapés e aos revestimentos de parede internos e externos.

As curvas de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão foram estabelecidas para quatro classes sócio-econômicas.

A figura 3 apresenta a curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão, considerando as classes A e B e a figura 4 mostra a curva para as classes C e D.

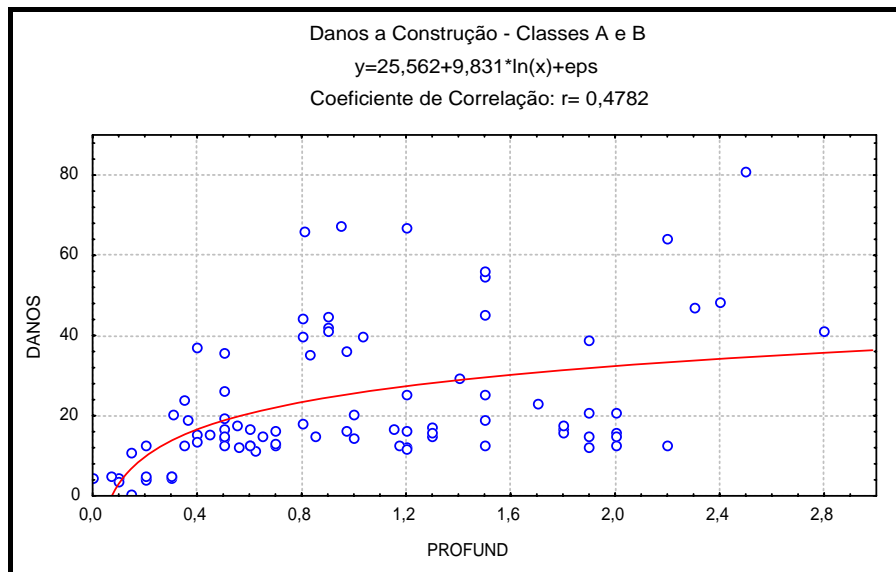


Figura 3.12. – Curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão para as classes A e B (MACHADO et al., 2004).

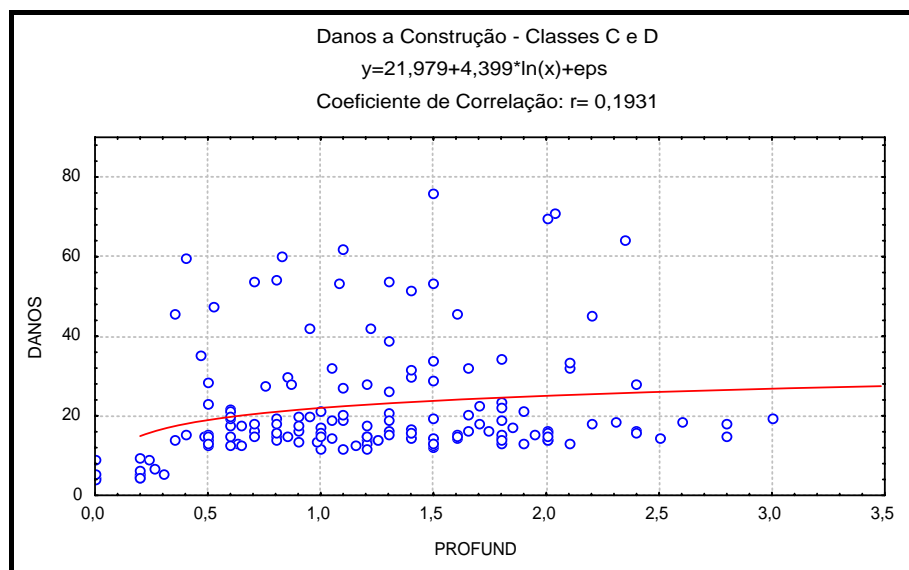


Figura 3.13. – Curva de custo de recuperação dos danos à construção em função da profundidade de submersão para as classes C e D (MACHADO et al., 2004).

Estudos recentes mostram que existem diversas formas de intervenção em uma edificação (retrofitting) para protegê-la da efeito das inundações. Os principais métodos são (FEMA, 1998).

- Elevação da edificação (Elevation);
- Criação de áreas úmidas (Wet Floodproofing);
- Relocação da edificação (Relocation);
- Criação de áreas secas (Dry Floodproofing);
- Criação de barreiras de proteção (Levees and floodwalls);
- Demolição (Demolition).

As figuras a seguir mostram esquematicamente os métodos mencionados.

Os benefícios do estudo proposto residem no fato de que a adaptação das edificações para protegê-las e limitar os efeitos das inundações conduz a uma redução dos prejuízos causados pela ação da água.

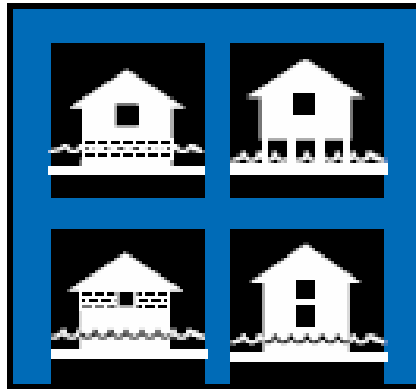


Figura 3.14 – Elevação da edificação (Elevation) (FEMA, 1998).

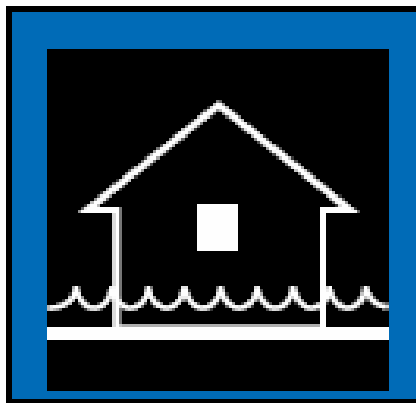


Figura 3.15 – Criação de áreas úmidas (Wet Floodproofing) (FEMA, 1998).



Figura 3.16. – Relocação da edificação (Relocation) (FEMA, 1998).



Figura 3.17. – Criação de áreas secas (Dry Floodproofing) (FEMA, 1998).



Figura 3.18. – Criação de barreiras de proteção (Levees and floodwalls) (FEMA, 1998).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A parte experimental do presente trabalho foi desenvolvida no Laboratório do Centro de Pesquisas em Hidráulica no Campus da Universidade Federal de Minas Gerais e no Laboratório de Concreto do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da UFMG.

4.1. Painéis de alvenaria

Para a realização da parte experimental do trabalho foram executados quatorze (14) painéis de alvenaria, todos construídos com blocos cerâmicos de vedação. Esses painéis foram revestidos com sete (07) diferentes tipos de materiais, conforme mostrado na tabela a seguir:

Tabela 4.1. – Painéis de alvenaria confeccionados e suas tipologias de revestimentos.

Painéis	Tipologia de revestimento
1 A e 1 B	Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão popular
2 A e 2 B	Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão Normal
3 A e 3 B	Revestimento com argamassa traço 1:5
4 A e 4 B	Revestimento com argamassa traço 1:5 e pintura látex PVA
5 A e 5 B	Revestimento com azulejos brancos
6 A e 6 B	Revestimento com cerâmicas PEI4
7 A e 7 B	Revestimento com mármore branco

Para a confecção dos painéis e seus revestimentos foram adquiridos materiais de construção conforme figura a seguir.

Mestrado em Construção Civil Departamento de Engenharia de Materiais e Construção - EE UFMG			
Mestranda: Cristiane Machado Parisi Pesquisa: Estudo de danos causados a revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos de vedação através de inundações simuladas em protótipos			
<u>Lista de materiais para confecção de 14 painéis de blocos cerâmicos</u> ESPECIFICAÇÕES			
Item	Quant.	Especificação	Observações
1	336	bloco cerâmico de vedação (furado)	(9 x 19 x 29) cm
2	12	cimento CII	saco de 50 Kg
3	120	areia lavada e peneirada	sacos de 20 Kg
4	2	cimento CIII	saco de 50 Kg
5	20	areia sem lavar	sacos de 20 Kg
6	1	massa corrida PVAc	galão de 3,6 l
7	1	tinta latéx acrílica	galão de 3,6 l
8	6	azulejo branco 15 x 15 cm	m ²
9	6	cerâmica 20 x 20 cm PEI 3	m ²
10	65	mármore branco 30 x 30 cm	peças
11	2	argamassa colante ACI (cinza)	saco de 20 Kg
12	2	argamassa colante ACII (cinza)	saco de 20 Kg
13	2	argamassa colante ACIII (cinza)	saco de 20 Kg

Figura 4.1. – Lista de materiais utilizados para confecção dos painéis de alvenaria.

4.2. Ensaios de avaliação da resistência mecânica dos blocos cerâmicos de vedação utilizados

Para um melhor conhecimento dos componentes de alvenaria utilizados foram realizados ensaios de compressão em um lote composto de 12 amostras retiradas do conjunto de blocos adquiridos para a confecção dos painéis.

Os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos da norma NBR 15270-3 – Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio (ABNT, 2005). Os resultados obtidos são apresentados no Capítulo 5.

4.3. Execução dos painéis de alvenaria

Descreve-se a seguir os procedimentos adotados na execução dos diversos painéis de alvenaria.

4.3.1. Painéis 1A e 1B – Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão popular

Os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:7 (cimento:areia), sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:7 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesses traços areia comum e cimento CPIII – E32. O objetivo desse revestimento foi simular a situação de uma construção popular.

As fotografias a seguir mostram os painéis em fase de execução.



Figura 4.2. - Vista de reboco em execução.



Figura 4.3. - Vista de reboco desempenado e camurçado.

4.3.2. Painéis 2A e 2B – Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão Normal

Os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:7 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:7 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesses traços areia lavada e cimento CII – E32.

As fotografias a seguir mostram os painéis em fase de construção.



Figura 4.4. – Vista de painel chapiscado e com taliscas de madeira (indicação da espessura do revestimento).



Figura 4.5. – Vista de reboco em execução.

4.3.3. Painéis 3A e 3B – Revestimento com argamassa traço 1:5

Os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:5 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesses traços areia lavada e cimento CII – E32.

A fotografia a seguir mostra os painéis em fase de construção.



Figura 4.6. – Vista de reboco desempenado e camurçado.

4.3.4. Painéis 4A e 4B – Revestimento com argamassa traço 1:5 e pintura látex PVA

Os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa (reboco) no traço 1:5 (cimento:areia). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e cimento CII – E32.

Sobre o revestimento argamassado foram aplicadas duas demãos de massa corrida látex PVA devidamente lixadas e em seguida duas demãos de tinta látex PVA na cor branca.

A fotografia a seguir mostra os painéis em fase de construção.



Figura 4.7. – Vista de painel emassado e pintado.

4.3.5. Painéis 5A e 5B – Revestimento com azulejos brancos

Os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sem camurçamento (emboço). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e cimento CPII – E32.

Foram então assentados azulejos brancos medindo 15x15 cm sobre a camada de emboço com argamassa colante ACI. Os azulejos foram rejuntados com rejunte tipo II na cor branca (NBR 14.992/03).

As fotografias a seguir mostram os painéis em fase de construção.



Figura 4.8. – Vista de painel em fase de assentamento de azulejos.



Figura 4.9. – Vista de painel com os azulejos assentados e rejuntamento em fase de execução.



Figura 4.10. – Vista de painel azulejado e rejuntado.

4.3.6. Painéis 6A e 6B – Revestimento com cerâmicas PEI4

Os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sem camurçamento (emboço). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e cimento CPII – E32.

Foram então assentadas peças cerâmicas PEI4 medindo 30x30 cm sobre a camada de emboço com argamassa colante ACII. As peças cerâmicas foram rejuntadas com rejunte tipo II na cor marfim (NBR 14.992/03).

A fotografia a seguir mostra os painéis em fase de construção.



Figura 4.11. – Vista de painel revestido com peças cerâmicas.



Figura 4.12. – Vista de painel revestido com peças cerâmicas e rejuntado.

4.3.7. Painéis 7A e 7B – Revestimento com mármore branco

Os blocos desses painéis foram assentados com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sendo os painéis revestidos com argamassa no traço 1:5 (cimento:areia) sem camurçamento (emboço). A camada de argamassa de revestimento foi precedida de uma camada de chapisco no traço 1:3 (cimento:areia). Foram utilizados nesse traço areia lavada e cimento CPII – E32.

Foram então assentadas placas em mármore branco medindo 30x30cm, 20x30cm e 30x40cm, sobre a camada de emboço com argamassa colante ACIII. As placas de mármore foram rejuntadas com rejunte tipo II na cor branca (NBR 14.992/03).

A fotografia a seguir mostra os painéis em fase de construção.



Figura 4.13. – Vista de painel em fase de assentamento de placas de mármore branco.



Figura 4.14. – Vista de painel revestido com placas de mármore branco e rejuntado.

4.4. Dispositivos

Os painéis de alvenaria foram construídos em dispositivos metálicos que permitiam seu deslocamento horizontal e vertical para execução do plano experimental.

Para tanto foram confeccionados 14 dispositivos metálicos com perfis em “U” simples dobrados (127 x 50 x 3mm) e cantoneiras dobradas (50 x 50 x 3mm), conforme lista e projeto mostrados a seguir.

Mestrado em Construção Civil
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção - EE UFMG

Mestranda:
Cristiane Machado Parisi

Pesquisa:
Estudo de danos causados a revestimentos de alvenarias de blocos cerâmicos
de vedação através de inundações simuladas em protótipos

Lista de materiais para confecção de 14 dispositivos para ensaio
ESPECIFICAÇÕES

Item	Quant.	Especificação	Dimensões (mm)	L (mm)
1	14	perfil U simples dobrado	127 x 50 x 3	6000
2	14	cantoneira dobrada	50 x 50 x 3	3000
3	14	ferro chato	1" x 1/4"	6000
4	21	barra roscada	1/4"	1000
5	14	perfil I	existente	
6	28	parafuso sextavado galvanizado	1/4" x 4"	100
7	112	arruela lisa galvanizada	1/4"	-
8	112	porca sextavada	1/4"	-

Figura 4.15. - Lista de materiais utilizados para confecção dos dispositivos metálicos.



PROJETO MECÂNICO

A fotografia a seguir mostra os dispositivos metálicos confeccionados.



Figura 4.16. – Vista dos dispositivos metálicos.

4.5. Avaliação do desempenho dos revestimentos

Dos quatorze (14) painéis de alvenaria executados com as sete (07) diferentes tipologias de revestimento, sete (07) foram reservados para avaliação das propriedades dos revestimentos no estado seco, ou seja, não sujeitos à ação de inundação (Painéis 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A e 7A). Os sete (07) painéis restantes, de iguais características aos primeiros foram destinados à imersão em água, simulando diferentes situações de inundação (Painéis 1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B e 7B). Para a imersão foi utilizada água fornecida pela COPASA proveniente do reservatório do Centro de Pesquisas em Hidráulica da UFMG.

A avaliação do desempenho dos revestimentos dos painéis antes e após a submissão à ação da água foi feita através da realização de testes de arrancamento, de acordo com a metodologia da norma NBR 13749 –

Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação (ABNT, 1996).

4.6. Ensaios de arrancamento nos painéis secos

Os painéis secos foram submetidos a testes de arrancamento, que têm por objetivo a determinação da resistência de aderência à tração do revestimento com a sua base (substrato) ou entre suas camadas constituintes

Por ocasião da realização dos testes de arrancamento, a confecção dos revestimentos dos painéis apresentava idade superior a 28 dias.

Os testes de arrancamento foram realizados em duas etapas. Na primeira etapa foram coladas com cola epóxi seis (06) placas metálicas em cada painel, em pontos escolhidos aleatoriamente (NBR 13.749/96, NBR 13.755/96).

Para os painéis com revestimento em argamassa e pintura, as placas utilizadas foram circulares com 50mm de diâmetro. Antes da colagem foram feitos cortes com o auxílio de equipamento dotado de serra copo penetrando ligeiramente no reboco, exceto no painel com pintura.

Já para os painéis com revestimentos cerâmicos e mármore, as placas utilizadas foram quadradas com 100mm de lado. A colagem das placas foi feita na região de encontro de quatro vértices de placas cerâmicas ou de mármore. Após a colagem foram feitos cortes com o auxílio de ferramenta elétrica de corte penetrando ligeiramente no emboço.

Na segunda etapa foram realizados os arrancamentos dos corpos de prova com leitura da carga aplicada até o momento da ruptura e observação da forma como ocorreu a ruptura, em percentual da área de contato.

As fotografias a seguir mostram as etapas dos testes de arrancamento realizados.



Figura 4.17. – Vista dos cortes sendo executados antes da colagem das placas.



Figura 4.18. – Vista de placas circulares coladas.



Figura 4.19. – Vista de placas circulares em fase de colagem (sem cortes prévios).



Figura 4.20. – Vista de placas quadradas coladas.



Figura 4.21. – Outra vista de placas quadradas coladas.



Figura 4.22. – Vista de cortes sendo executados após a colagem das placas.



Figura 4.23. – Vista de um painel com revestimento cerâmico –arrancamento dos corpos de prova.



Figura 4.24. – Vista parcial de painel com revestimento cerâmico após arrancamento de um corpo de prova.

Os resultados obtidos nos testes realizados são mostrados no Capítulo 5.

4.7. Imersão em água

Os sete (07) painéis de alvenaria executados com as diferentes tipologias de revestimento foram imersos em um reservatório de água fabricado com fibras de vidros, de capacidade de cinco mil (5.000) litros. As imersões buscaram simular situações usuais de inundações a que são submetidas as edificações, principalmente no Estado de Minas Gerais. As profundidades e os tempos de imersão foram escolhidos empiricamente, através de dados de enchentes já ocorridos nos últimos anos principalmente na região de Itajubá, cidade situada no Vale do Sapucaí (MACHADO et al., 2004).

O deslocamento vertical e horizontal dos painéis antes de sua imersão no reservatório foi feito através de uma talha manual acoplada a um dispositivo deslizante. O sistema deslizava com o auxílio de cordas presas ao dispositivo que por sua vez se conectava em uma viga da estrutura do galpão do laboratório, conforme fotografia a seguir.



Figura 4.25. – Vista da calha manual acoplada ao dispositivo deslizante.

As diferentes situações de imersão são mostradas abaixo:

- *SITUAÇÃO 1*

Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

Os painéis foram imersos no reservatório contendo água até uma altura de 0,60m, dois a dois, permanecendo imersos por duas (02) horas. Foi colocada no fundo do reservatório uma placa de aglomerado com revestimento melamínico para evitar o atrito do dispositivo nas fibras do reservatório.

As fotografias a seguir mostram os painéis sendo imersos.



Figura 4.26. – Vista de um painel em deslocamento vertical.



Figura 4.27. – Vista de painel imerso no reservatório – Profundidade de imersão do painel = 0,50m.



Figura 4.28. – Vista de outro painel em deslocamento vertical para ser introduzido no reservatório.

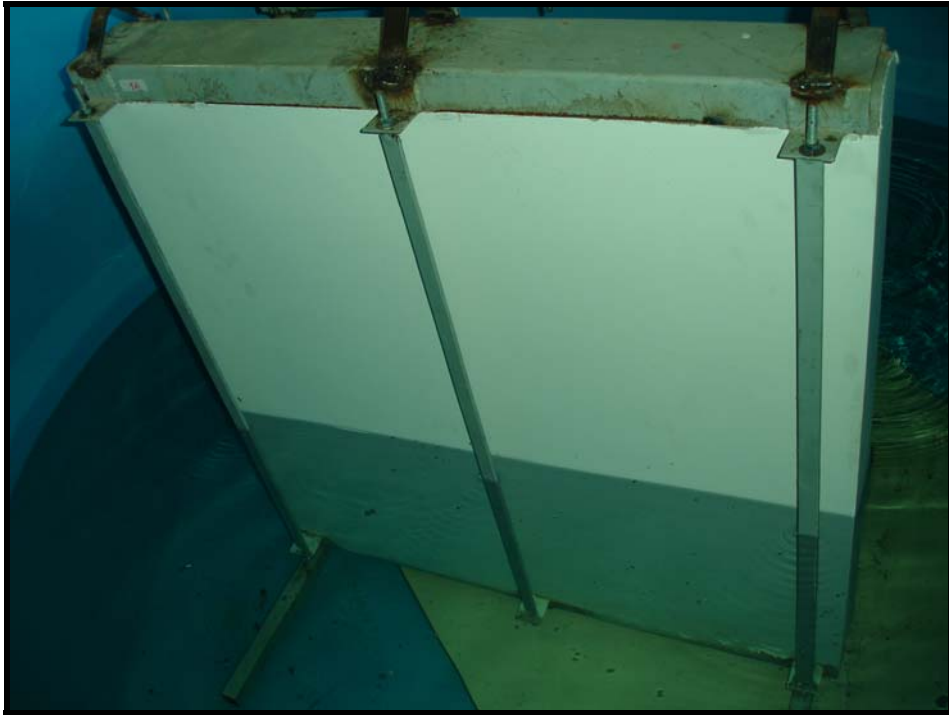


Figura 4.29. – Vista de painel imerso no reservatório – Profundidade de imersão do painel = 0,50m.



Figura 4.30. – Vista de um painel em deslocamento horizontal sendo retirado do reservatório após duas (02) horas de imersão.



Figura 4.31. – Vista de outro painel sendo retirado após (02) horas de imersão.



Figura 4.32. – Vista de painel após ser retirado– Altura molhada do painel = 0,67m.

· *SITUAÇÃO 2*

Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

Os painéis foram imersos no reservatório contendo água até uma altura de 1,20m, dois a dois, permanecendo imersos por oito (08) horas.

As fotografias a seguir mostram os painéis sendo imersos.

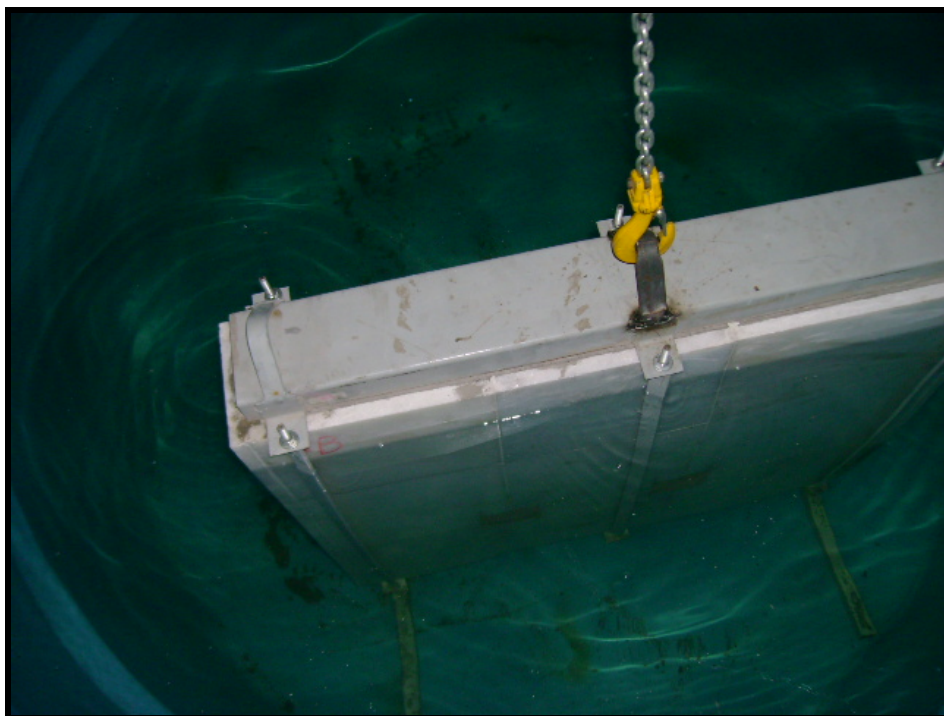


Figura 4.33. – Vista de um painel imerso no reservatório –
Profundidade de imersão do painel = 1,10m.

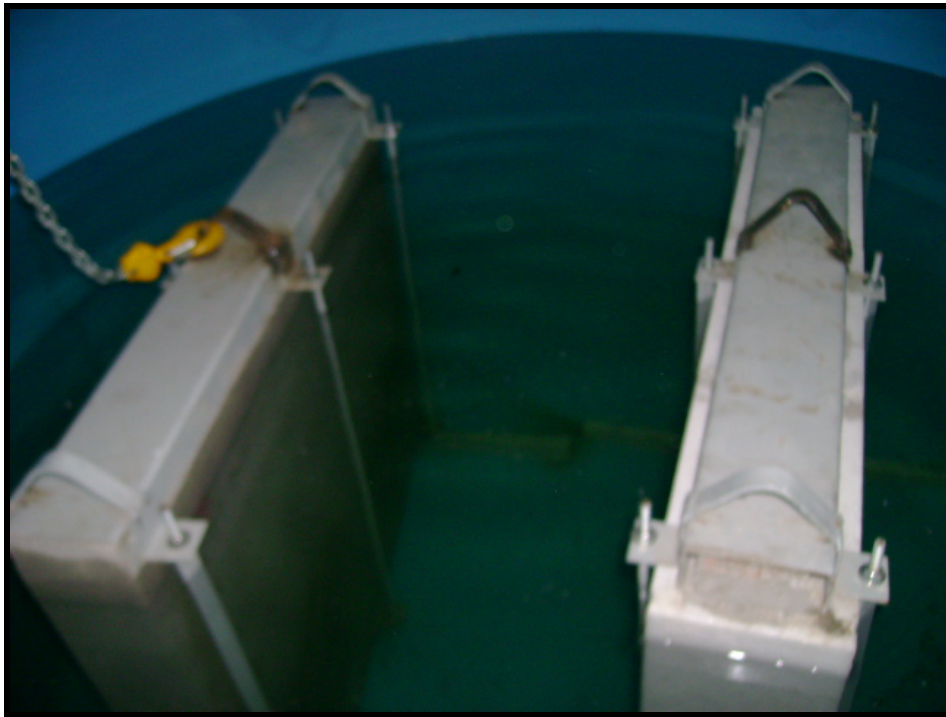


Figura 4.34. – Vista de dois painéis imersos no reservatório – Profundidade de imersão dos painéis = 1,10m.

· *SITUAÇÃO 3*

Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

Os painéis foram imersos no reservatório contendo água até uma altura de 1,20m, dois a dois, permanecendo imersos por vinte e quatro (24) horas.

As fotografias a seguir mostram os painéis sendo imersos.



Figura 4.35. – Vista de dois painéis imersos no reservatório – Profundidade de imersão dos painéis = 1,10m.



Figura 4.36. – Vista de terceiro painel sendo imerso no reservatório – Profundidade de imersão dos painéis = 1,10m.



Figura 4.37. – Vista de três painéis imersos no reservatório – Profundidade de imersão dos painéis = 1,10m.

4.8. Inspeção visual nos painéis após imersão

Após a imersão dos painéis em água e posterior secagem foram realizadas inspeções visuais nos painéis para avaliação de sua integridade física.

4.9. Ensaios de arrancamento nos painéis após imersão

Após a imersão, os painéis eram retirados da água e dispostos em fila no galpão coberto do laboratório por um período de cinco (05) dias na situação 1 e quinze (15) dias nas situações 2 e 3, para que pudesse ocorrer a evaporação da água. Após isso eram submetidos a testes de arrancamento, de forma semelhante aos painéis secos.

Para evitar a infiltração de água nos painéis e manter sua integridade, após o término dos testes de arrancamento para uma dada situação foi feita a

reconstituição das áreas danificadas pelo arrancamento com argamassa (reboco) no traço 1:5 (cimento:areia), utilizado-se nesse traço areia lavada e cimento CPII – E32.

A fotografia a seguir mostra a reconstituição das áreas danificadas dos painéis.



Figura 4.38. – Vista de um painel reconstituído.

Os resultados obtidos nesses testes são mostrados no Capítulo 5.

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos nos testes de laboratório realizados são mostrados a seguir.

5.1. Resultados dos ensaios nos blocos cerâmicos

Resistência à Compressão nos Blocos					
Amostra	Comprimento	Largura	Área	Carga na Máquina	Resistência
	cm	cm	cm ²	daN	MPa
1	29,0	9,0	261,0	3.100	1,18
2	29,0	9,0	261,0	3.000	1,15
3	29,0	9,0	261,0	3.300	1,26
4	29,0	9,0	261,0	3.000	1,15
5	29,0	9,0	261,0	2.900	1,11
6	29,0	9,0	261,0	3.100	1,18
7	29,0	9,0	261,0	3.300	1,26
8	29,0	9,0	261,0	2.800	1,07
9	29,0	9,0	261,0	3.000	1,15
10	29,0	9,0	261,0	3.000	1,15
11	29,0	9,0	261,0	3.400	1,30
12	29,0	9,0	261,0	3.100	1,18

- Resistência à compressão média dos blocos cerâmicos ensaiados:
 $\mu = 1,18\text{MPa}$.
- Desvio padrão:
 $S = 0,07\text{MPa}$.

5.2. Resultados dos testes de arrancamento nos painéis secos

Painel 1A – Painel Seco

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPIII e areia sem lavar) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPIII). Idade da argamassa superior a 28 dias.

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 01/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 02/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	740,00	50,0	0,38	25	60		40			
2	750,00	44,7	0,48	25	30	70				
3	1.750,00	44,6	1,12	25		60	40			
4	500,00	44,9	0,32	25			100			
5	500,00	44,6	0,32	25				100		
6	1.750,00	44,7	1,12	25		70	30			

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 2A – Painel Seco

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Idade da argamassa superior a 28 dias.

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 01/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 02/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura ^(A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	750,00	44,6	0,48	25			100			
2	750,00	44,5	0,48	25	30		70			
3	800,00	44,7	0,51	25	10		90			
4	500,00	44,4	0,32	25		100				
5	500,00	44,6	0,32	25			100			
6	500,00	45,0	0,31	25		100				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 3A – Painel Seco

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Idade da argamassa superior a 28 dias.

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ *01/02/2007*

arrancamento das pastilhas metálicas _____ *02/02/2007*

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	750,00	44,7	0,48	25	20		80			
2	750,00	44,9	0,47	25	20		80			
3	500,00	44,7	0,32	25			100			
4	1.500,00	44,7	0,96	25	20		80			
5	1.750,00	44,7	1,12	25		100				
6	2.000,00	44,6	1,28	25	5	95				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 4A – Painel Seco

1) Material ensaiado

Sistema de pintura (massa corrida látex pva + tinta látex pva) sobre revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Idade do sistema superior a 28 dias.

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ *01/02/2007*

arrancamento das pastilhas metálicas _____ *02/02/2007*

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	250,00	50,0	0,13	25	80			20		
2	250,00	50,0	0,13	25	100					
3	750,00	50,0	0,38	25	50			50		
4	500,00	50,0	0,25	25	90			10		
5	750,00	50,0	0,38	25	90			10		
6	400,00	50,0	0,20	25	90			10		

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/massa+tinta

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface massa/tinta

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 5A – Painel Seco

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (azulejo branco 15x15 cm) assentado com argamassa colante (ACI) sobre emboço (traço 1:5). O assentamento se apresentava com idade superior a 28 dias.

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 01/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 13/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	3.597,46	10.000	0,36	100							
2	5.180,34	10.000	0,52	100							
3	4.820,60	10.000	0,48	100							
4	5.036,44	10.000	0,50	100							
5	5.648,01	10.000	0,56	75	25						
6	4.820,60	10.000	0,48	100							

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 6A – Painel Seco

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (cerâmica PEI 4 30x30 cm) assentado com argamassa colante (ACII) sobre emboço (traço 1:5). O assentamento se apresentava com idade superior a 28 dias.

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 01/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 13/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	5.755,93	10.000	0,58	100							
2	6.259,58	10.000	0,63	100							
3	8.633,90	10.000	0,86	100							
4	6.187,63	10.000	0,62	75	25						
5	6.475,43	10.000	0,65	100							
6	7.626,61	10.000	0,76	40	60						

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 7A – Painel Seco

1) Material ensaiado

Revestimento em mármore assentado com argamassa colante (ACIII) sobre emboço (1:5). O assentamento se apresentava com idade superior a 28 dias.

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ *01/02/2007*

arrancamento das pastilhas metálicas _____ *13/02/2007*

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %								
				a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	7.914,41	10.000	0,79	75	25							
2	5.755,93	10.000	0,58	100								
3	9.497,29	10.000	0,95	100								
4	8.418,05	10.000	0,84	80								20
5	4.964,49	10.000	0,50	90								10
6	8.705,85	10.000	0,87	90								10

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface mármore/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/mármore

i) ruptura no interior do mármore

5.3. Resultados da inspeção visual nos painéis após imersão

A inspeção visual realizada nos painéis imediatamente após sua retirada do reservatório mostrou que não houve manifestações patológicas de nenhuma natureza, excetuando-se o painel 4B, com revestimento de pintura, no qual se observou a formação de bolhas resultantes da infiltração de água acumulando-se entre o revestimento e a tinta.

Após o período de secagem os painéis continuaram a não apresentar nenhum tipo de patologia, excetuando-se o painel 4B no qual a película de tinta perdeu aderência em algumas regiões, destacando-se da camada de reboco.

5.4. Resultados dos testes de arrancamento nos painéis submersos

Painel 1B – Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPIII e areia sem lavar) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPIII). Os testes foram realizados 05 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 14/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 15/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	190,00	41,7	0,14	25		100				
2	500,00	44,8	0,32	25		100				
3	500,00	40,0	0,40	25		100				
4	500,00	43,0	0,34	25		100				
5	250,00	45,2	0,16	25		100				
6	300,00	41,8	0,22	25		100				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 2B – Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 05 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 14/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 15/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	750,00	45,0	0,47	25			100			
2	600,00	44,9	0,38	25			100			
3	750,00	42,6	0,53	25		100				
4	750,00	44,6	0,48	25		95	5			
5	500,00	44,7	0,32	25		100				
6	250,00	44,8	0,16	25		100				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 3B – Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 05 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 14/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 15/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	500,00	44,7	0,32	25		100				
2	750,00	44,7	0,48	25		30	70			
3	750,00	44,4	0,48	25		100				
4	750,00	45,1	0,47	25		100				
5	750,00	45,2	0,47	25		100				
6	750,00	44,8	0,48	25		100				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 4B – Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

1) Material ensaiado

Sistema de pintura (massa corrida látex pva + tinta látex pva) sobre revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 05 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 14/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 15/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	250,00	50,0	0,13	25	100					
2	250,00	50,0	0,13	25	20			80		
3	250,00	50,0	0,13	25	100					
4	250,00	50,0	0,13	25	30			70		
5	125,00	50,0	0,06	25	100					
6	125,00	50,0	0,06	25	30			70		

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/massa+tinta

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface massa/tinta

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 5B – Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (azulejo branco 15x15 cm) assentado com argamassa colante (ACI) sobre emboço (traço 1:5). Os testes foram realizados 05 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 14/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 15/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	5.755,93	10.000	0,58	75	25						
2	5.036,44	10.000	0,50	75	25						
3	5.396,19	10.000	0,54	90	10						
4	6.835,17	10.000	0,68	90	10						
5	4.676,70	10.000	0,47	100							
6	5.036,44	10.000	0,50	100							

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 6B – Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (cerâmica PEI 4 30x30 cm) assentado com argamassa colante (ACII) sobre emboço (traço 1:5). Os testes foram realizados 05 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 14/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 15/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	5.755,93	10.000	0,58	70	30						
2	5.899,83	10.000	0,59	90	10						
3	5.036,44	10.000	0,50	40	60						
4	6.691,27	10.000	0,67	30	70						
5	3.957,21	10.000	0,40	75	25						
6	6.763,22	10.000	0,68	20	80						

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 7B – Profundidade de imersão 0,50m e tempo de imersão 02 horas

1) Material ensaiado

Revestimento em mármore assentado com argamassa colante (ACIII) sobre emboço (1:5). Os testes foram realizados 05 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 14/02/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 15/02/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %								
				a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	7.698,56	10.000	0,77	100								
2	6.331,53	10.000	0,63	100								
3	3.597,46	10.000	0,36	100								
4	2.158,48	10.000	0,22	100								

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface mármore/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/mármore

i) ruptura no interior do mármore

Painel 1B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPIII e areia sem lavar) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPIII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 23/03/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 26/03/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	1.750,00	44,5	1,13	25		100				
2	500,00	43,0	0,34	25		100				
3	500,00	44,7	0,32	25		30	70			
4	250,00	42,0	0,18	25		100				
5	250,00	42,0	0,18	25		100				
6	1.000,00	43,8	0,66	25		100				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 2B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 23/03/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 26/03/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	1.000,00	44,5	0,64	25	80		20			
2	1.250,00	44,6	0,80	25		80	20			
3	1.250,00	42,0	0,90	25		100				
4	750,00	44,5	0,48	25		100				
5	750,00	44,9	0,47	25		100				
6	1.500,00	44,6	0,96	25	5	95				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 3B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 23/03/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 26/03/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	125,00	44,8	0,79	25			100			
2	600,00	45,0	0,38	25		50	50			
3	1.500,00	44,8	0,95	25	80		20			
4	500,00	44,7	0,32	25	50		50			
5	500,00	44,8	0,32	25		100				
6	1.250,00	45,2	0,78	25		100				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 4B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

1) Material ensaiado

Sistema de pintura (massa corrida látex pva + tinta látex pva) sobre revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 23/03/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 26/03/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	800,00	50,0	0,41	25	100					
2	250,00	50,0	0,13	25	100					
3	750,00	50,0	0,38	25	50			50		
4	750,00	50,0	0,38	25	10			90		
5	500,00	50,0	0,25	25	40			60		
6	1.250,00	50,0	0,64	25	100					

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/massa+tinta

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface massa/tinta

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 5B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (azulejo branco 15x15 cm) assentado com argamassa colante (ACI) sobre emboço (traço 1:5). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 23/03/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 26/03/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	4.316,95	10.000	0,43	100							
2	3.021,87	10.000	0,30	90	10						
3	2.806,02	10.000	0,28	80	20						
4	5.108,39	10.000	0,51	100							
5	5.252,29	10.000	0,53	100							
6	5.252,29	10.000	0,53	100							

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 6B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (cerâmica PEI 4 30x30 cm) assentado com argamassa colante (ACII) sobre emboço (traço 1:5). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 23/03/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 26/03/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	7.554,66	10.000	0,76	80	20						
2	6.475,43	10.000	0,65	70	30						
3	6.259,58	10.000	0,63	80	20						
4	7.194,92	10.000	0,72	80	20						
5	5.755,93	10.000	0,58	90	10						
6	6.475,43	10.000	0,65	40	60						

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 7B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 08 horas

1) Material ensaiado

Revestimento em mármore assentado com argamassa colante (ACIII) sobre emboço (1:5). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 23/03/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 26/03/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %								
				a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	9.713,14	10.000	0,97	70								30
2	10.792,38	10.000	1,08	5								50

^(A) Formas de ruptura:

- a) ruptura na interface mármore/argamassa colante
- b) ruptura no interior da argamassa colante
- c) ruptura na interface argamassa colante/substrato
- d) ruptura no interior da argamassa do substrato
- e) ruptura na interface substrato/base
- f) ruptura no interior da base
- g) ruptura na interface pastilha/cola
- h) ruptura na interface cola/mármore
- i) ruptura no interior do mármore

Painel 1B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPIII e areia sem lavar) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPIII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 26/04/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 08/05/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	250,00	45,5	0,15	25			100			
2	1000,00	44,0	0,66	25					100	
3	600,00	45,1	0,38	25			100			
4	250,00	43,6	0,17	25		100				
5	1.100,00	45,1	0,69	25			100			
6	1.000,00	45,7	0,61	25		100				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 2B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:7 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 26/04/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 08/05/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	1.000,00	45,3	0,62	25	50	50				
2	750,00	45,0	0,47	25		100				
3	750,00	45,3	0,47	25			100			
4	750,00	44,0	0,47	25			100			
5	1.250,00	45,0	0,79	25	50	50				
6	500,00	44,8	0,32	25	50	50				

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 3B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

1) Material ensaiado

Revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 26/04/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 08/05/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (KN)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	1.750,00	44,7	1,12	25	50	50				
2	1.000,00	45,0	0,63	25	50	50				
3	1.600,00	45,2	1,00	25	50	50				
4	1.500,00	45,0	0,94	25		100				
5	1.000,00	45,0	0,63	25		100				
6	1.250,00	45,1	0,78	25	60	40				

^(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/substrato

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface argamassa/chapisco

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 4B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

1) Material ensaiado

Sistema de pintura (massa corrida látex pva + tinta látex pva) sobre revestimento argamassado (reboco) traço 1:5 (cimento CPII e areia lavada) sobre chapisco traço 1:3 (cimento CPII). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 26/04/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 08/05/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Diâm. (mm)	Tensão (MPa)	Espessura revestimento (mm)	Forma de Ruptura (A) %					
					a	b	c	d	e	f
1	2.000,00	50,0	1,02	25	100					
2	2.600,00	50,0	1,32	25	100					
3	1.750,00	50,0	0,89	25	50			50		
4	1.500,00	50,0	0,76	25	5			95		
5	2.250,00	50,0	1,15	25	20			80		
6	2.500,00	50,0	1,27	25	100					

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface argamassa/massa+tinta

b) ruptura da argamassa de revestimento

c) ruptura do substrato

d) ruptura na interface massa/tinta

e) ruptura na interface revestimento/cola

f) ruptura na interface cola/pastilha

Painel 5B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (azulejo branco 15x15 cm) assentado com argamassa colante (ACI) sobre emboço (traço 1:5). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 26/04/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 08/05/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	3.957,21	10.000	0,11	100							
2	3.237,71	10.000	0,90	100							
3	3.381,61	10.000	0,94	100							
4	3.309,66	10.000	0,92	100							
5	4.316,95	10.000	0,12	100							
6	4.676,70	10.000	0,13	100							

(A) Formas de ruptura:

a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante

b) ruptura no interior da argamassa colante

c) ruptura na interface argamassa colante/substrato

d) ruptura no interior da argamassa do substrato

e) ruptura na interface substrato/base

f) ruptura no interior da base

g) ruptura na interface pastilha/cola

h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 6B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

1) Material ensaiado

Revestimento cerâmico (cerâmica PEI 4 30x30 cm) assentado com argamassa colante (ACII) sobre emboço (traço 1:5). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 26/04/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 08/05/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %							
				a	b	c	d	e	f	g	h
1	7.914,41	10.000	0,22	20	80						
2	8.274,16	10.000	0,23	50	50						
3	7.554,66	10.000	0,21	60	40						
4	7.914,41	10.000	0,22	30	70						

^(A) Formas de ruptura:

- a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante
- b) ruptura no interior da argamassa colante
- c) ruptura na interface argamassa colante/substrato
- d) ruptura no interior da argamassa do substrato
- e) ruptura na interface substrato/base
- f) ruptura no interior da base
- g) ruptura na interface pastilha/cola
- h) ruptura na interface cola/placa cerâmica

Painel 7B – Profundidade de imersão 1,10m e tempo de imersão 24 horas

1) Material ensaiado

Revestimento em mármore assentado com argamassa colante (ACIII) sobre emboço (1:5). Os testes foram realizados 15 dias após a retirada do painel do reservatório de submersão (tempo de secagem).

2) Data de realização do ensaio

colagem das pastilhas metálicas _____ 26/04/2007

arrancamento das pastilhas metálicas _____ 08/05/2007

3) Quadro de Resultados

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (A) %								
				a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	7.554,66	10.000	0,21	90								10
2	7.194,92	10.000	0,20	90								10

(A) Formas de ruptura:

- a) ruptura na interface mármore/argamassa colante
- b) ruptura no interior da argamassa colante
- c) ruptura na interface argamassa colante/substrato
- d) ruptura no interior da argamassa do substrato
- e) ruptura na interface substrato/base
- f) ruptura no interior da base
- g) ruptura na interface pastilha/cola
- h) ruptura na interface cola/mármore
- i) ruptura no interior do mármore

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresenta-se a seguir uma análise e discussão dos resultados obtidos nos testes de laboratório realizados.

6.1. *Ensaio realizados nos blocos cerâmicos*

Os resultados dos ensaios de compressão realizados nos blocos cerâmicos para conhecimento dos componentes de alvenaria de vedação mostram que nenhum dos doze blocos ensaiados atingiu o mínimo exigido pela norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005), ou seja, 1,5MPa. Cabe lembrar que os blocos foram adquiridos no comércio de materiais de construção de Belo Horizonte, representando tipicamente o que é praticado na construção civil.

Embora nenhum dos blocos tenha atingido o mínimo exigido (1,5MPa) todos os blocos ensaiados mostraram resistência à compressão maior que 1,0MPa e a resistência à compressão média da série de doze blocos ensaiados foi $\mu = 1,18\text{MPa}$ com baixa dispersão ($s = 0,07\text{MPa}$). De acordo com a antiga norma NBR 7171 – Bloco cerâmico para alvenaria (ABNT, 1992) estes blocos estariam todos aprovados, visto que o mínimo exigido era de 1,0MPa.

A nova norma NBR 15270-1 (ABNT, 2005) aumentou o rigor quanto à resistência à compressão mínima exigível ($\geq 1,5\text{MPa}$) tendo em vista:

- A necessidade de se garantir que os blocos possam ser transportados e empilhados sem a ocorrência de quebras com conseqüente aumento do desperdício na obra.
- A necessidade de que os blocos mesmo sendo de vedação sejam capazes de suportar o peso próprio da alvenaria.

6.2. Ensaio realizados nos painéis secos

A tabela a seguir apresenta os resultados de resistência de aderência à tração para as diversas tipologias de revestimentos dos painéis na condição de secos. Os valores indicados referem-se às médias aritméticas simples destes resultados, bem como os respectivos desvios padrão.

Tabela 6.1. – Tipologias de revestimentos dos painéis e resistência de aderência à tração – Valores médios e respectivos desvios padrão.

Painéis	Tipologia de revestimento	Média (μ)	Desvio Padrão (S)
1A	Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão popular	0,62	0,39
2A	Revestimento com argamassa traço 1:7 – Padrão Normal	0,40	0,10
3A	Revestimento com argamassa traço 1:5	0,77	0,40
4A	Revestimento com argamassa traço 1:5 e pintura látex PVA	0,25	0,11
5A	Revestimento com azulejos brancos – Argamassa colante ACI	0,49	0,07
6A	Revestimento com cerâmicas PEI4 – Argamassa colante ACII	0,68	0,11
7A	Revestimento com mármore branco – Argamassa colante ACIII	0,75	0,18

O gráfico a seguir mostra os valores médios das resistências de aderência à tração na condição de secos para cada tipologia de revestimento.

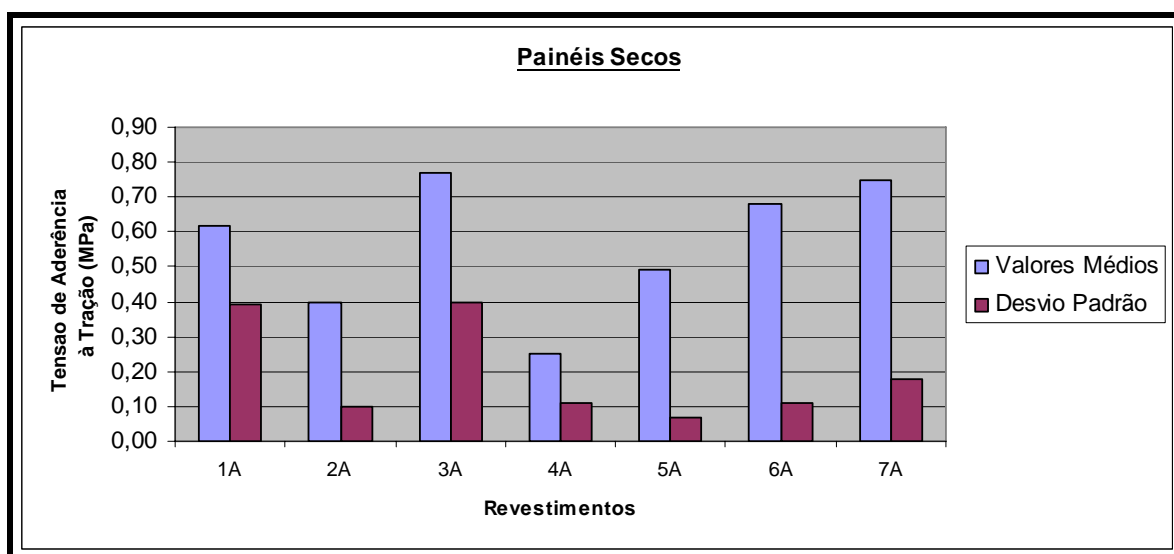


Figura 6.1. – Gráfico comparativo das resistências médias de arrancamento para as diversas tipologias de revestimentos.

O gráfico anterior mostra que os revestimentos dos painéis 1A, 2A e 3A apresentaram valores de resistência de aderência à tração acima do mínimo exigido pela norma NBR 13749 (ABNT, 1996) de 0,30MPa.

Também é possível notar que as argamassas confeccionadas com traços mais ricos em cimento (painel 3A) e com materiais de melhor qualidade (painéis 2A e 3A) apresentaram valores mais altos de resistência de aderência à tração. Para o painel 1A, confeccionado com materiais de qualidade inferior e traço pobre de argamassa, dois testes mostraram valores atipicamente elevados, o que resultou em uma elevada dispersão.

Com relação ao painel 4A, revestido com argamassa e posterior pintura, os baixos valores de resistência de aderência à tração são explicados pelo fato dos ensaios terem medido a aderência da pintura ao reboco.

O gráfico mostra também que os revestimentos dos painéis 5A, 6A e 7A apresentaram valores de resistência de aderência à tração crescentes. Nota-se que as resistências de aderência aumentaram progressivamente quando foram utilizadas as argamassas colantes ACI, ACII e ACIII,

respectivamente. Isso está de acordo com as previsões da literatura técnica. Percebe-se também que os painéis 5A, 6A e 7A têm revestimento com peças de espessura crescente (azulejo, cerâmica e mármore).

No caso dos painéis com revestimentos cerâmicos e pétreos, houve uma nítida tendência de ocorrência de ruptura, por ocasião dos testes, na interface do revestimento/argamassa colante (forma de ruptura a). Isso teria origem no procedimento de assentamento das peças de revestimento.

6.3. Ensaios realizados nos painéis submersos

A tabela a seguir apresenta os resultados de resistência de aderência à tração para as diversas tipologias de revestimentos dos painéis após os diversos tempos de imersão. Os valores indicados referem-se às médias aritméticas simples destes resultados, bem como os respectivos desvios padrão. Os gráficos relativos aos valores individuais dos testes de arrancamento realizados tanto para os painéis secos quanto para os painéis após os diversos tempos de imersão são mostrados no Anexo 1.

Tabela 6.2. – Resistências de aderência à tração dos painéis nas diversas situações de imersão – Valores médios e respectivos desvios padrão (MPa).

Tempo de Imersão	Seco		2 H		8H		24H		
	Painéis	Média (μ)	Desvio Padrão (S)	Média (μ)	Desvio Padrão (S)	Média (μ)	Desvio Padrão (S)	Média (μ)	Desvio Padrão (S)
1B		0,62	0,39	0,26	0,11	0,47	0,37	0,44	0,25
2B		0,40	0,10	0,39	0,14	0,71	0,21	0,52	0,16
3B		0,77	0,40	0,45	0,06	0,59	0,28	0,85	0,20
4B		0,25	0,11	0,11	0,04	0,36	0,17	1,07	0,22
5B		0,49	0,07	0,55	0,08	0,43	0,12	0,38	0,44
6B		0,68	0,11	0,57	0,11	0,66	0,07	0,79	0,01
7B		0,75	0,18	0,49	0,25	1,03	0,02	0,74	0,01

Os gráficos das figuras 6.2. a 6.8., mostram os valores médios das resistências de aderência à tração para os diversos painéis na condição de secos e para cada tempo de imersão separadamente (seco / 2 horas, seco / 8 horas e seco / 24 horas). As resistências dos painéis revestidos em argamassa (1B, 2B e 3B) foram analisadas em grupo, sendo lançadas nos gráficos 6.2, 6.3 e 6.4, adotando-se procedimento semelhante para os revestimentos em azulejo, cerâmica e mármore (5B, 6B e 7B). Já para o painel 4B, gráfico 6.5., a análise foi feita individualmente para os diversos tempos de imersão.

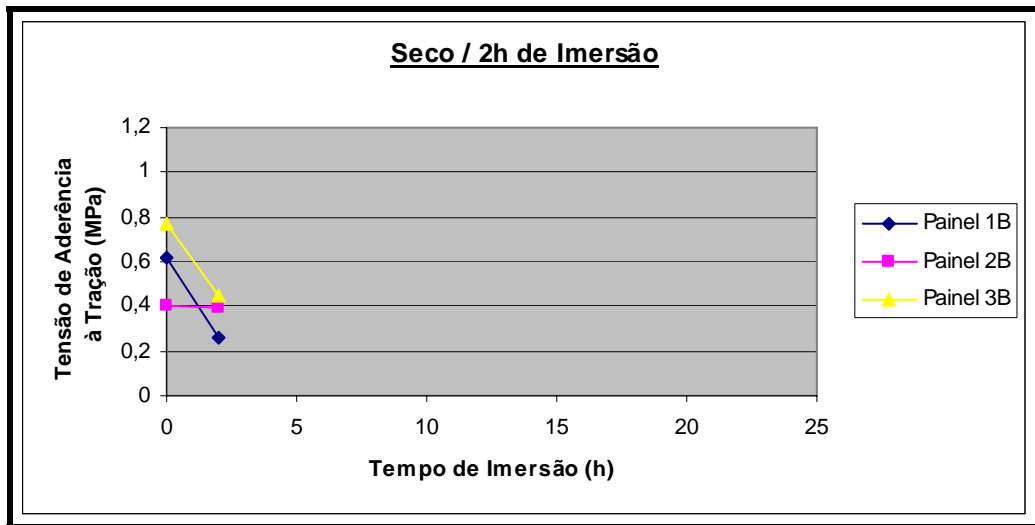


Figura 6.2. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 1B, 2B e 3B na condição de secos e após 02 horas de imersão.

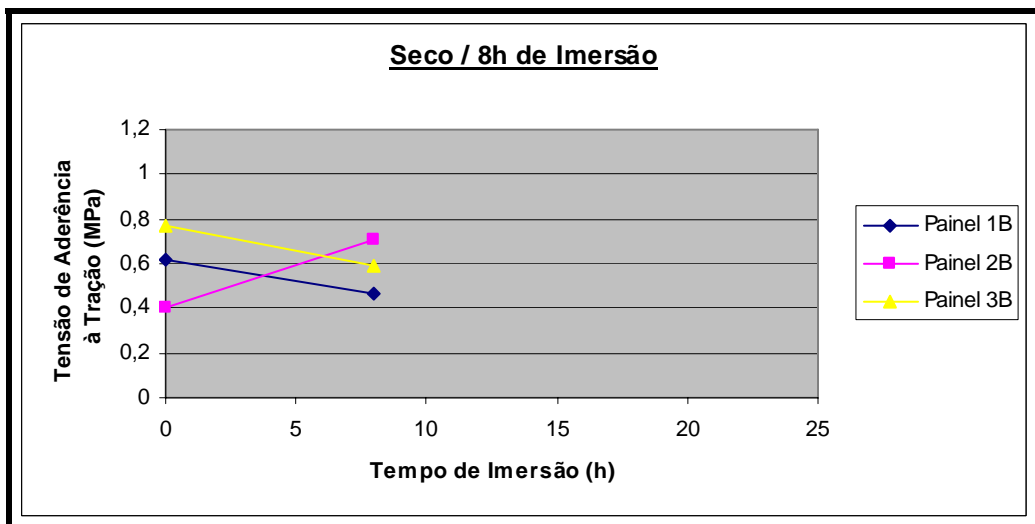


Figura 6.3. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 1B, 2B e 3B na condição de secos e após 08 horas de imersão.

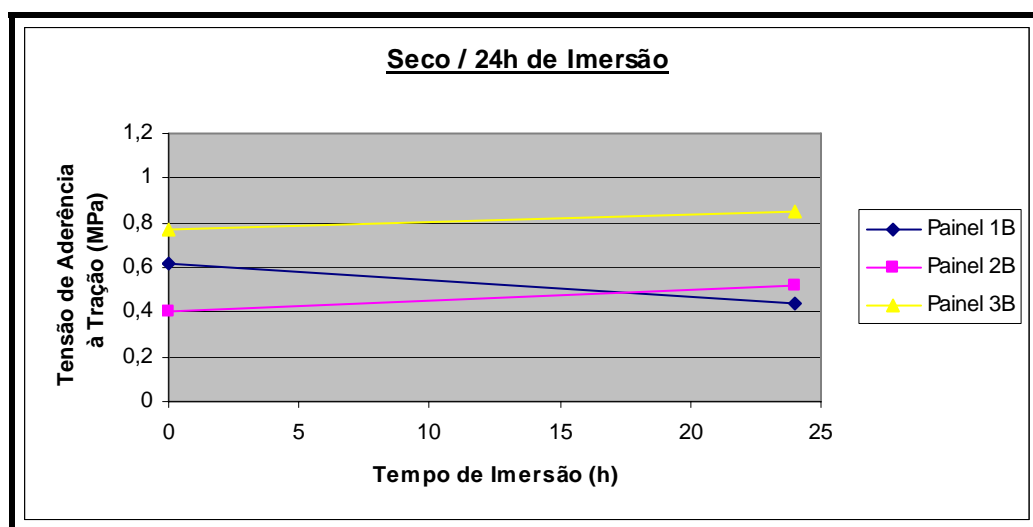


Figura 6.4. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 1B, 2B e 3B na condição de secos e após 24 horas de imersão.

Os gráficos mostrados anteriormente indicam que para os painéis revestidos em argamassa (1B, 2B, 3B) houve uma tendência de queda da resistência ao arrancamento dos revestimentos para testes realizados após o tempo de imersão de 02 horas. É interessante notar que tais resistências foram medidas após um tempo de secagem de 05 dias, contados a partir da retirada dos painéis do reservatório de submersão.

Para os tempos de imersão de 08 horas e 24 horas, em que os tempos de secagem foram maiores - 15 dias, a resistência ao arrancamento do revestimento apresentou tendência de se aproximar dos valores para a condição de seco, indicando aparentemente uma recuperação da resistência inicial.

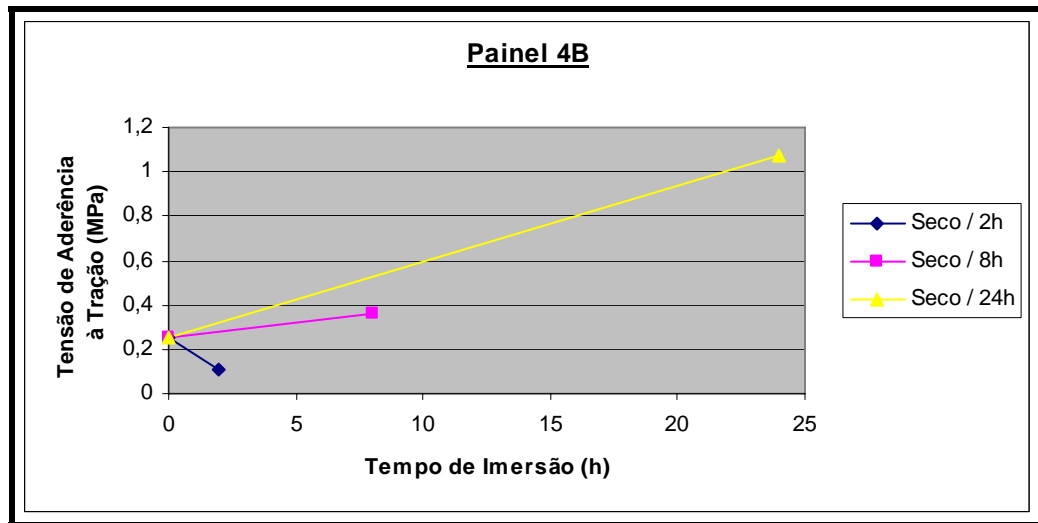


Figura 6.5. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 4B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

O gráfico relativo ao painel 4B, de forma semelhante, mostra a queda de resistência ao arrancamento para o tempo de imersão de 02 horas e, para os tempos de imersão de 08 e 24 horas (tempos de secagem maiores) a resistência ao arrancamento atingiu valores acima daqueles obtidos para os painéis secos.

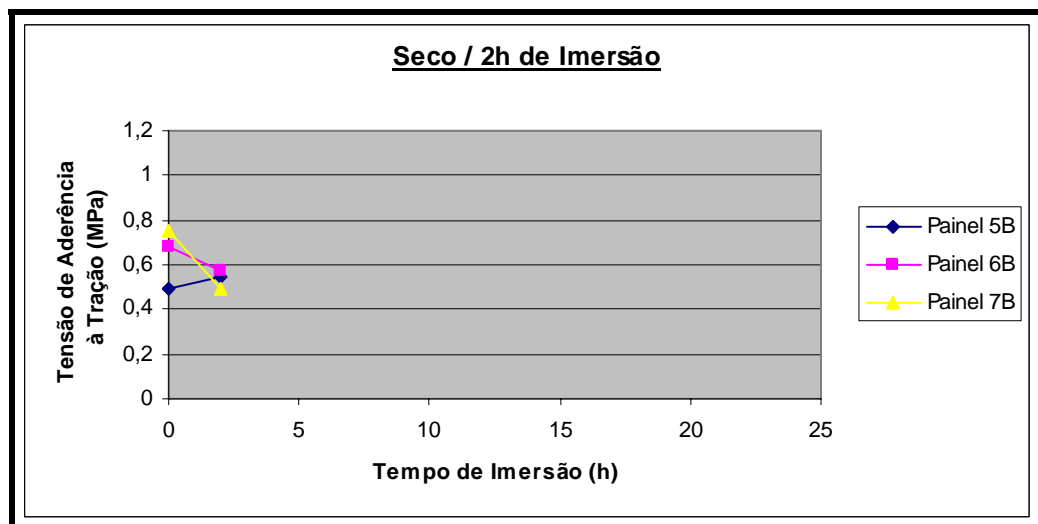


Figura 6.6. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 5B, 6B e 7B na condição de secos e após 02 horas de imersão.

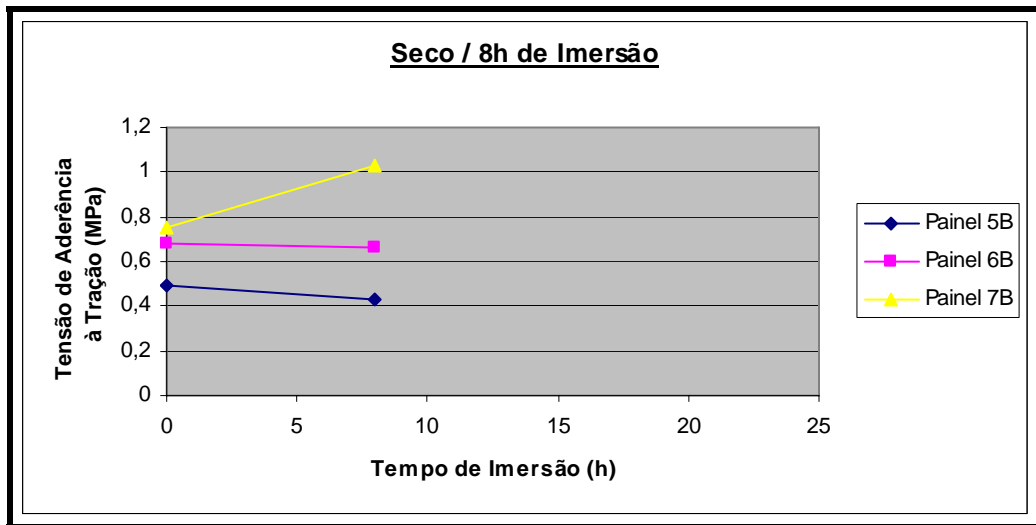


Figura 6.7. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 5B, 6B e 7B na condição de secos e após 08 horas de imersão.

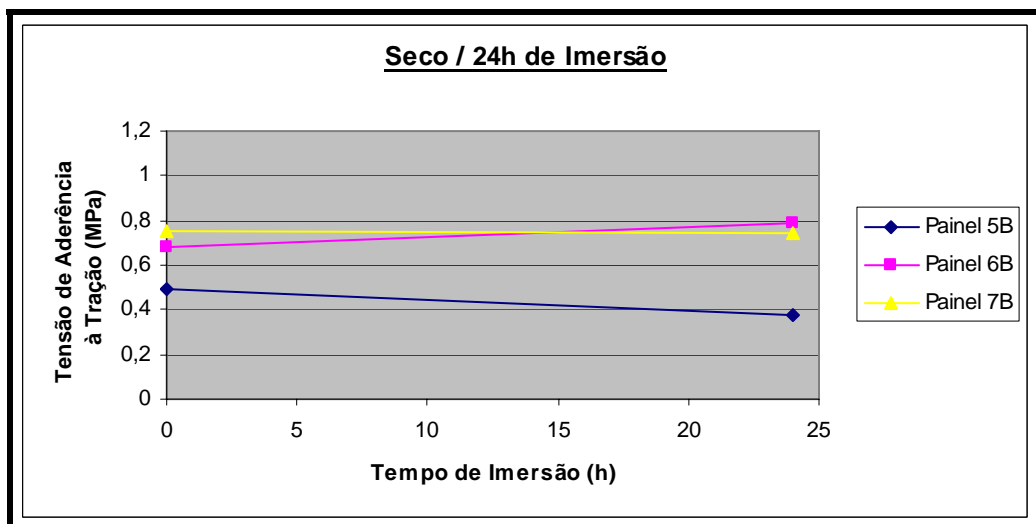


Figura 6.8. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para os painéis 5B, 6B e 7B na condição de secos e após 24 horas de imersão.

Os gráficos 6.6., 6.7. e 6.8. indicam que para os painéis revestidos em cerâmica e mármore (6B e 7B) também houve uma tendência de queda da resistência ao arrancamento dos revestimentos para testes realizados após o tempo de imersão de 02 horas. Para o painel 5B – azulejo, não se observou queda de resistência após o tempo de imersão de 02 horas. Para os tempos de 08 horas e 24 horas, também observou-se que as resistências ao arrancamento dos revestimentos se aproximam dos valores dos painéis secos.

Os gráficos a seguir (figuras 6.9. a 6.15.) mostram os valores médios das resistências de aderência à tração para os painéis 1B a 7B na condição de secos e após os diversos tempos de imersão.

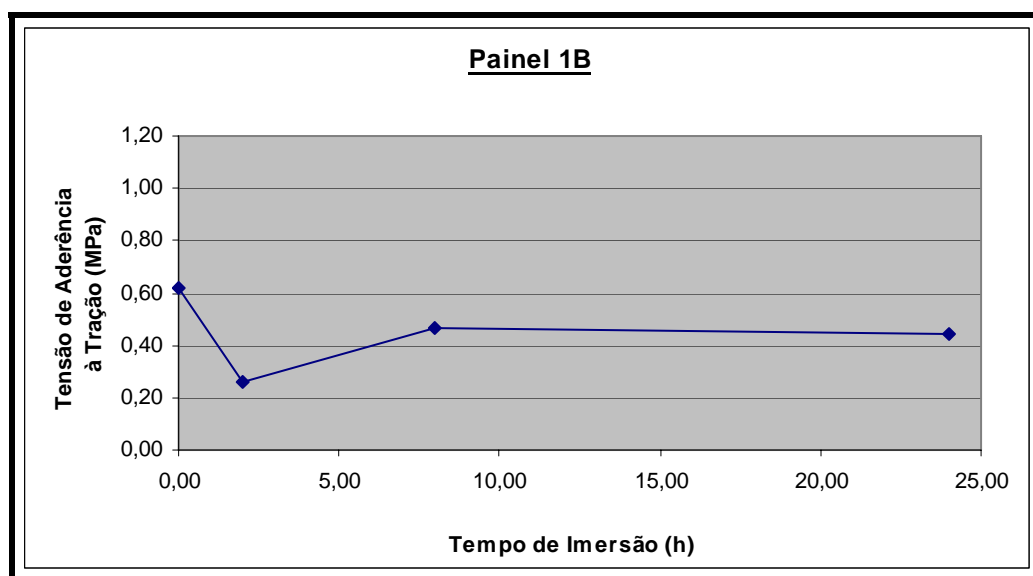


Figura 6.9. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 1B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

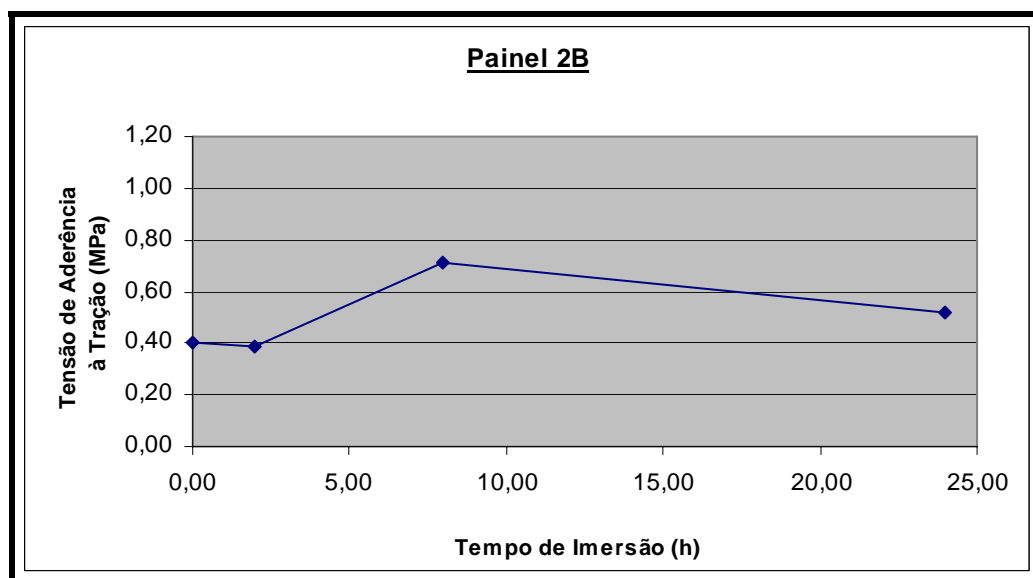


Figura 6.10. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 2B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

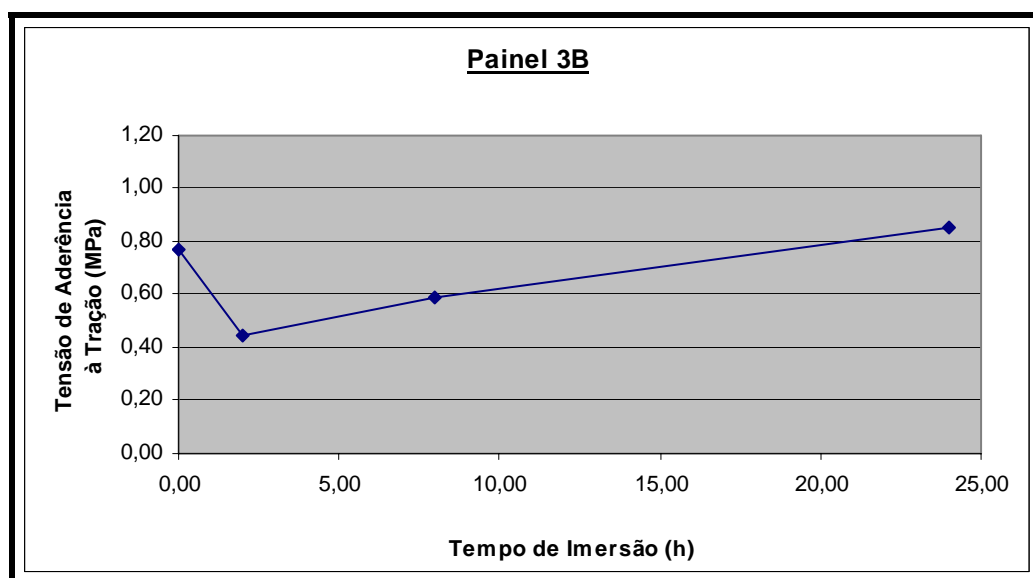


Figura 6.11. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 3B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

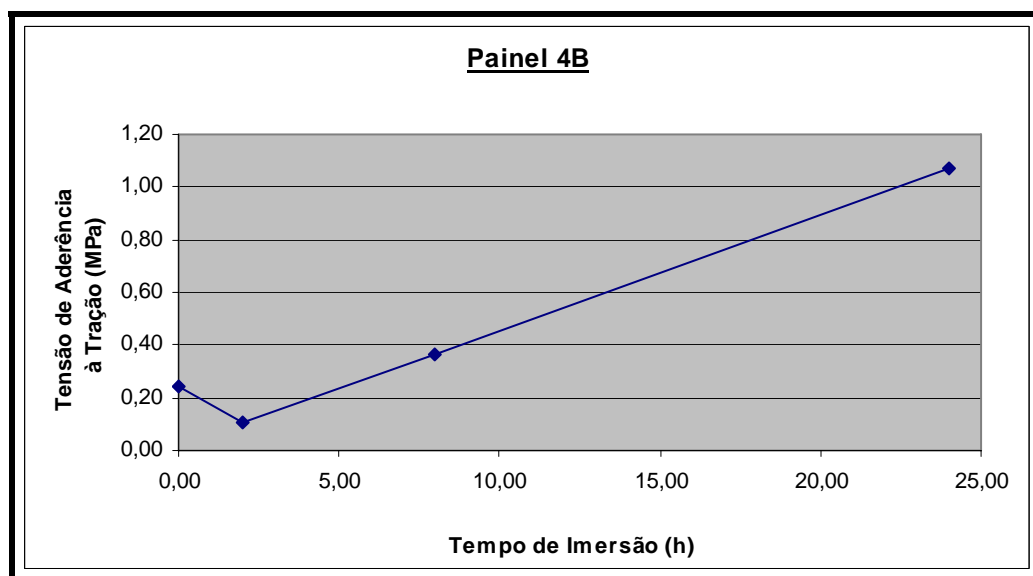


Figura 6.12. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 4B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

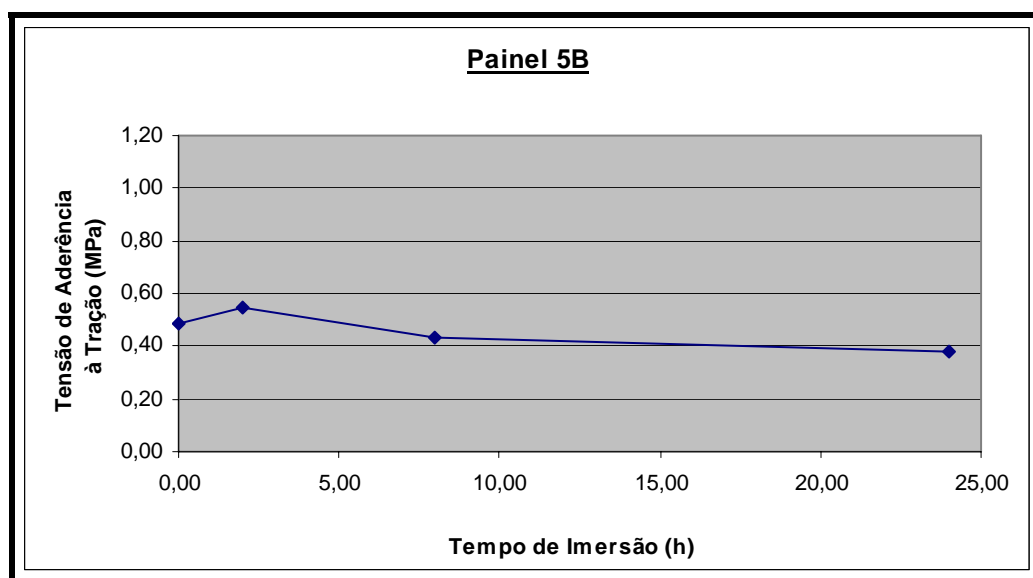


Figura 6.13. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 5B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

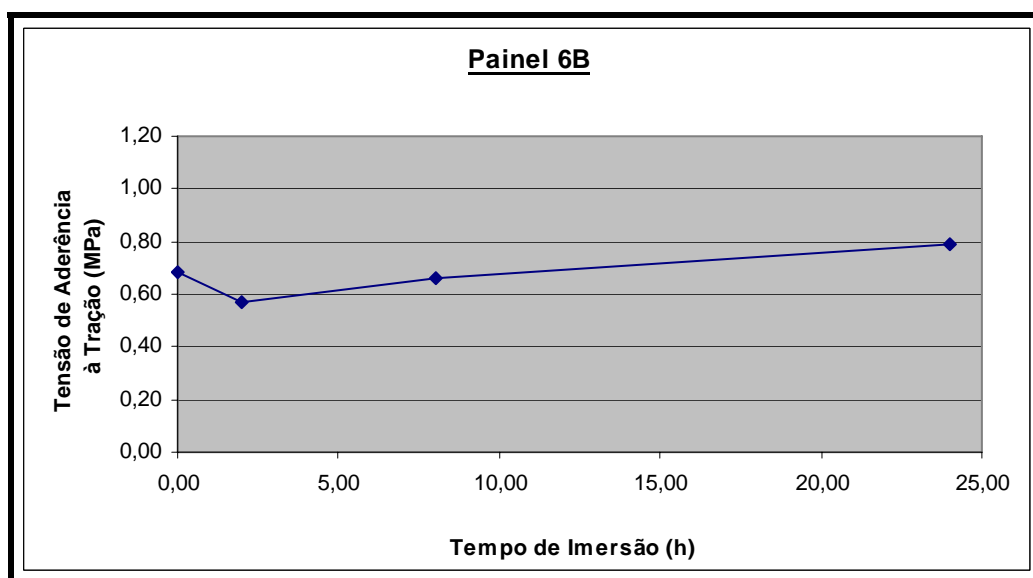


Figura 6.14. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 6B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

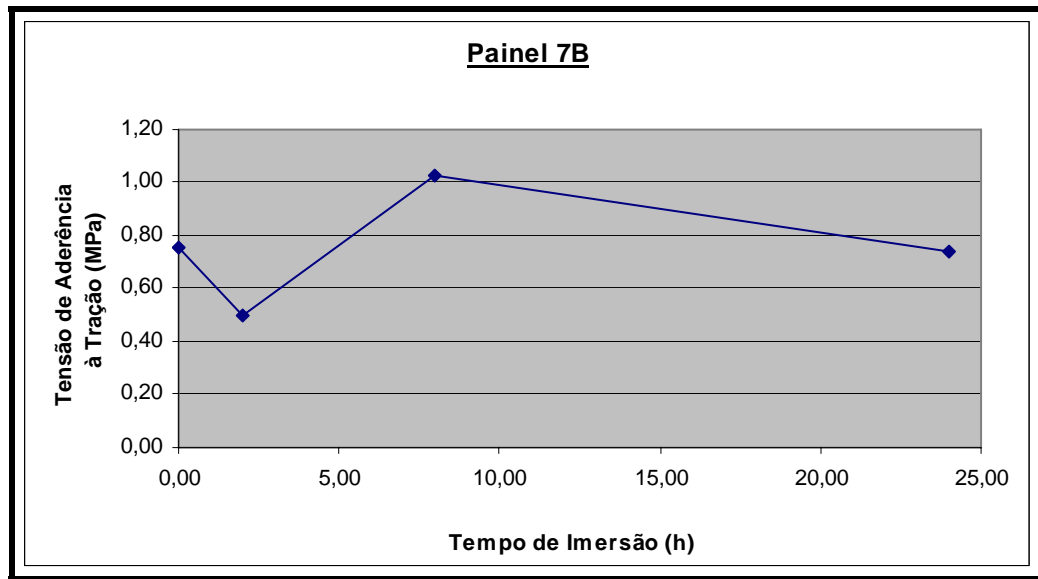


Figura 6.15. – Gráfico dos valores médios das tensões de aderência à tração para o painel 7B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

7. CONCLUSÕES

- Os blocos cerâmicos de vedação adquiridos no comércio de Belo Horizonte apresentaram resistência à compressão média abaixo do mínimo exigido pela nova norma NBR 15270-1 – Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos (NBR, 2005).
- As argamassas confeccionadas com traços mais ricos em cimento e com materiais de maior qualidade apresentaram valores mais altos de resistência de aderência à tração.
- Os revestimentos cerâmicos e pétreos apresentaram valores de resistência de aderência à tração crescentes quando foram utilizadas as argamassas colantes ACI, ACII e ACIII.
- Para os revestimentos em argamassa, houve uma tendência de queda na resistência de aderência à tração para o tempo de imersão de 02 horas com relação aos valores obtidos para os painéis secos. Isso se originou num tempo insuficiente de secagem dos painéis (05 dias). Já para os tempos de imersão de 08 horas e 24 horas (tempo de secagem de 15 dias) os valores de resistência ao arrancamento do revestimento se aproximaram daqueles obtidos para a condição de secos.
- Para os revestimentos em cerâmica e mármore também houve uma tendência de queda na resistência de aderência à tração para o tempo de imersão de 02 horas com relação aos valores obtidos para os painéis secos (tempo de secagem de 05 dias). No caso do revestimento em azulejo não se observou a referida queda de resistência. Para os tempos de imersão de 08 horas e 24 horas (tempo de secagem de 15 dias) os valores de resistência ao arrancamento de

todos os revestimentos se aproximaram daqueles obtidos para a condição de secos.

- A inspeção visual mostrou que tanto para os revestimentos em argamassa quanto para os revestimentos cerâmicos e pétreos não houve nenhum tipo de manifestação patológica para os tempos e profundidades de submersão adotados. A não ocorrência de fenômenos patológicos de nenhuma natureza teria origem na pouca severidade da inundação simulada, sem a presença de sedimentos em suspensão e utilizando-se água em condição estática.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Pesquisa de campo em áreas inundáveis com caracterização da qualidade de construções situadas nestas regiões e elaboração de orçamentos para recuperação das edificações sinistradas, verificando a viabilidade de recuperação ou eventual remoção.
- Concepção e teste de alternativas para proteção do ambiente construído contra a ação de inundações.
- Proposição de alternativas para reduzir os prejuízos causados por estas inundações.
- Realizar novos experimentos em laboratório executando-se simulações de inundação em condições mais severas, utilizando-se água com partículas de sedimentos em suspensão e atingindo os protótipos de forma dinâmica.
- Realização de novos experimentos em protótipo de casa para simulação de inundação, com diversos materiais de construção, variando os revestimentos internos e externos de acordo com os padrões construtivos alto, normal e baixo. Sugere-se inserir a casa em um reservatório para a inundação conforme maquetes eletrônicas mostradas a seguir.



Figura 8.1. – Perspectiva da casa indicando diversas tipologias de revestimento.



Figura 8.2. – Perspectiva da casa inserida no reservatório contendo água de inundação.



Figura 8.3. – Outra perspectiva da casa inserida no reservatório contendo água de inundação (sem cobertura).

9. BIBLIOGRAFIA

CINCOTTO, M. A., SILVA, M. A. C., CARASEK, H. *Argamassas de revestimento; Características, propriedades e métodos de ensaio.* São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 118p.

FELD, J., CARPER, K. L. *Construction Failure.* New York: John Wiley & Sons, INC, 1997. 512p.

PETRUCCI, E. G. R. *Materiais de Construção.* São Paulo: Globo, 1998. 435p.

RIPER, E. *Manual prático de materiais de construção.* . São Paulo: Editora Pini, 1995. 252p.

SMITH, W. F. *Principles of materials science and engineering.* Florida: McGraw-Hill, 1996.

SABBATINI, F. H. *Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria Resistente; Estudo Técnico ET-91.* .São Paulo: ABCP, 1998.

SABBATINI, F. H. *Argamassas; notas de aula da disciplina Materiais de Construção Civil.* São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, 1981.

SOMAYAJI, S. *Civil engineering materials.* New Jersey: PeuticeHall, 1995.

THOMAZ, E. *Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção.* São Paulo: PINI, 2001. 449p.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, L. A. F. *Materiais de Construção 2*. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994. 934p.

CAMPANTE, E. F., BAÍA, L. L. M. *Projeto e Execução de revestimento cerâmico*. São Paulo: O nome da Rosa, 2003. 99p.

CARVALHO JR., A. N. *Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: Uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico*. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 331p. (Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da UFMG - Área de concentração: Tecnologia Mineral). 331p.

CARVALHO JR., A. N. *Patologias dos revestimentos – Estudo de caso: A relação entre a expansão por umidade e o descolamento dos revestimentos cerâmicos de fachada*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, XII, 2003, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte: IBAPE, 2003.

FEMA. *Homeowner's Guide to Retrofitting Six ways to Protect Your House from Flooding*. Federal Emergency Manegemet Agency, 1998.

FEMA. *What you need to know about Federal Disaster Assistance and National Flood Insurance*. Federal Emergency Manegemet Agency, 2004.

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

GAMA, J. L. C. N. *O estado atual das pesquisas sobre o resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais*. In: SEMINÁRIO MEIO AMBIENTE

E O SETOR DE ROCHAS, II, 2003, Espírito Santo. Anais em disquete. Espírito Santo: UFES, 2006.

GOMES, N. S. *A resistência das paredes de alvenaria*. São Paulo, 1983. (Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Tecnologia Lix da Cunha*. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

IOSHIMOTO, E. *Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais*. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. *Execução e inspeção de Alvenaria Racionalizada*. São Paulo: O nome da Rosa, 2000. 104p.

MACHADO. M. L. et al. *Curvas de danos de inundação versus profundidade de submersão: desenvolvimento de metodologia*. In: I Seminário Latino-americano de políticas públicas em recursos hídricos, 2004, Brasília.

PENNING-ROUSELL, E.C., CHATTERTON, J.B. *The benefits of flood alleviation: a manual of assessment techniques*. Aldershot: Gower-Technical, 1977.

PEREZ, A. R. *Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas (1ª parte)*. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

RIBEIRO, C. C., PINTO, J. D. S., STARLING, T. *Materiais de Construção Civil*. Belo Horizonte: Editora UFMG, Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 101p.

SABBATINI, F. H., BAÍA, L. L. M. *Projeto e execução de revestimento de Argamassa*. São Paulo: O nome da Rosa, 2000. 82p.

SABBATINI, F. H., BARROS, M. M. S. B., TANIGUTI, E. K., RUIZ, L. B. *Tecnologia construtiva racionalizada para produção de revestimentos verticais*. Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologia e Gestão da Produção na Construção Civil – GEPE-TGP. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, 2006.

SABBATINI, F. H., BARROS, M. M. S. B. *Prevenção de patologias e falhas na construção civil*. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, 2006.

SHIRAKAWA, M. A. et al. *Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Goiânia, 1995. Anais em disquete. Goiânia, 1995.

SILVA, A.P., PARISI, C.M., NASCIMENTO, N.O., AGUILAR, M.T.P. *Avaliação de danos provocados por inundação às estruturas e construções*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE RECUPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO DE EDIFÍCIOS, II, 2006, Rio de Janeiro. Anais em disquete. Rio de Janeiro: Editora do Núcleo de Pesquisa em Ciências da Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

TAIOLI, F. *Revista do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo*. São Paulo: Publicação Especial - volume 01, 2002.

TAUIL, C. A. *Manual Técnico de Alvenaria*. São Paulo: Associação Brasileira da Construção Industrializada, 1990.

TCPO. *Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos*. São Paulo: Pini, 2003.

THOMAZ, H. *Trincas em Edifícios causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: Editora PINI: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 194p.

UEMOTO, K. L. *Projeto, execução e inspeção de Pinturas*. São Paulo: O nome da Rosa, 2002. 111p.

ANEXO I

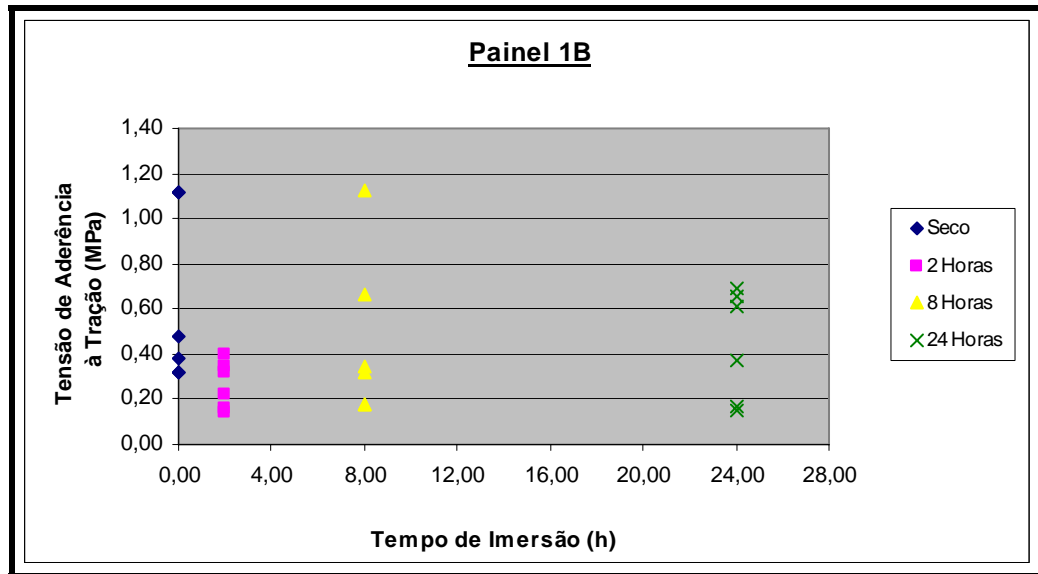


Figura I.1. – Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 1B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

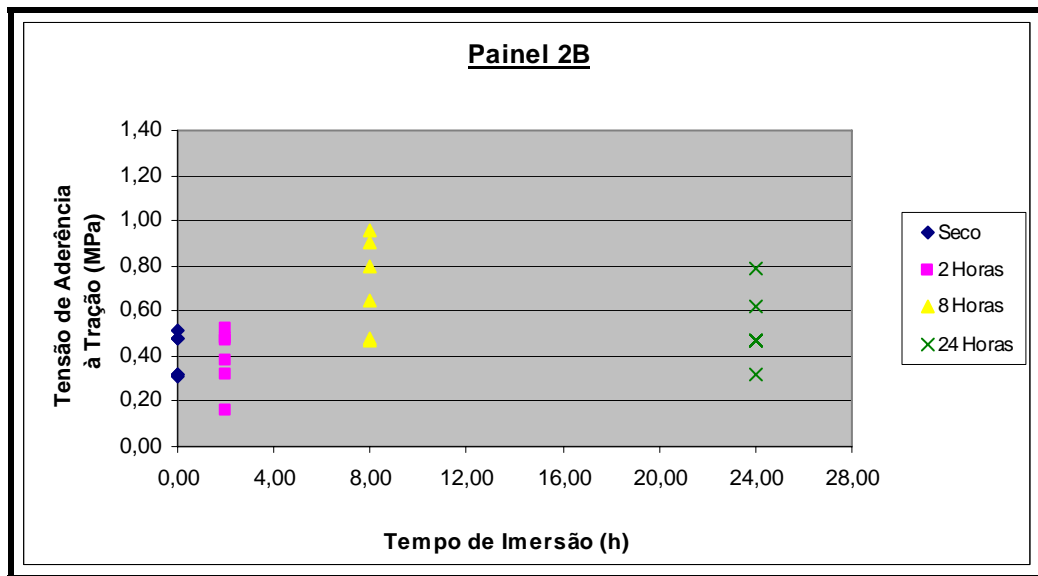


Figura I.2. – Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 2B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

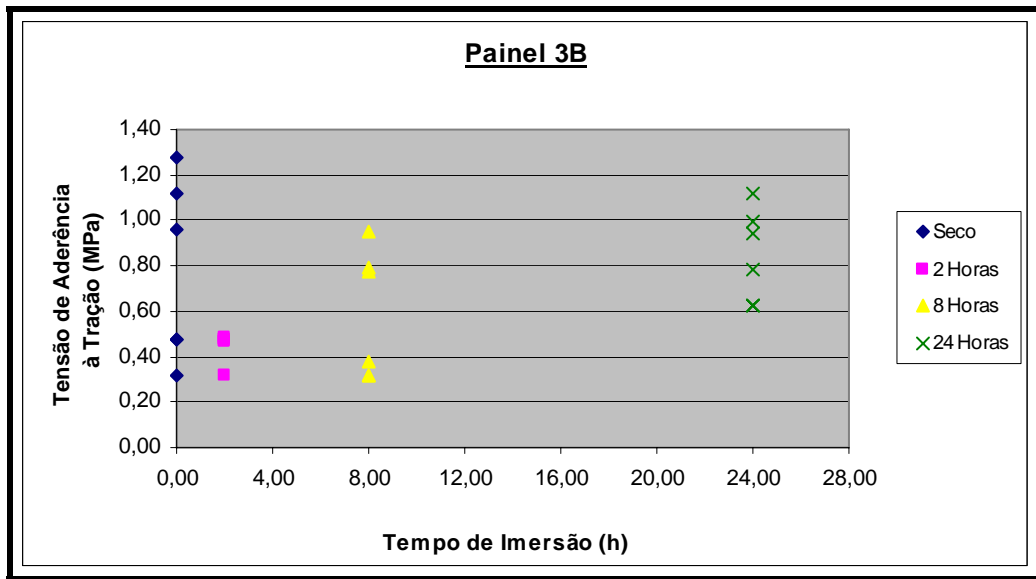


Figura I.3. – Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 3B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

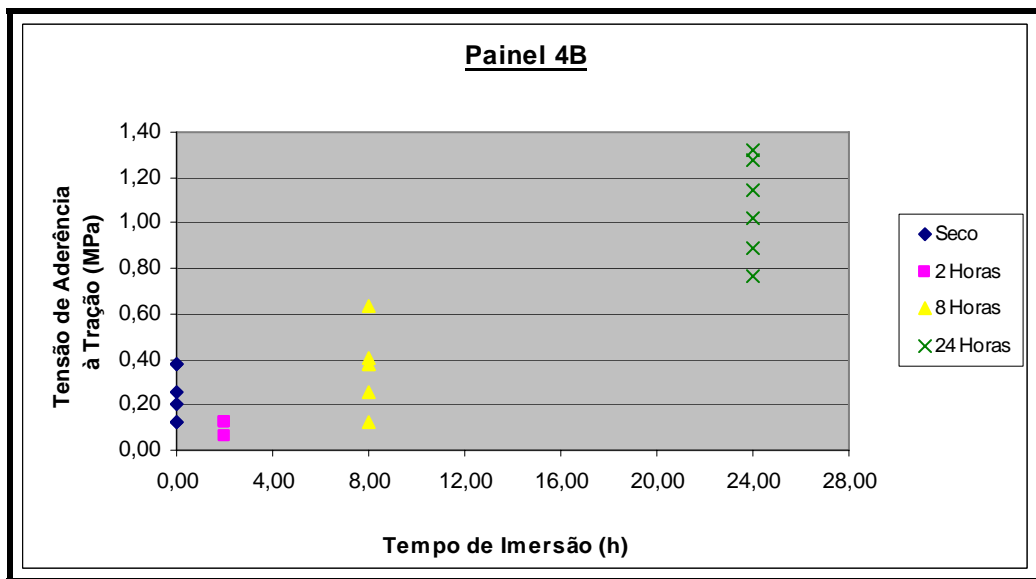


Figura I.4. – Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 4B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

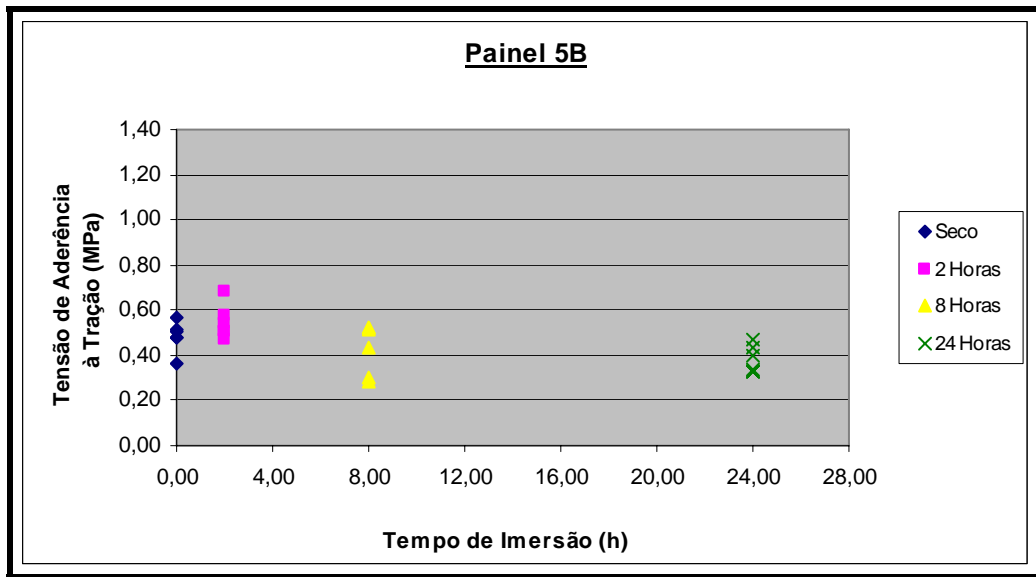


Figura I.5. – Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 5B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

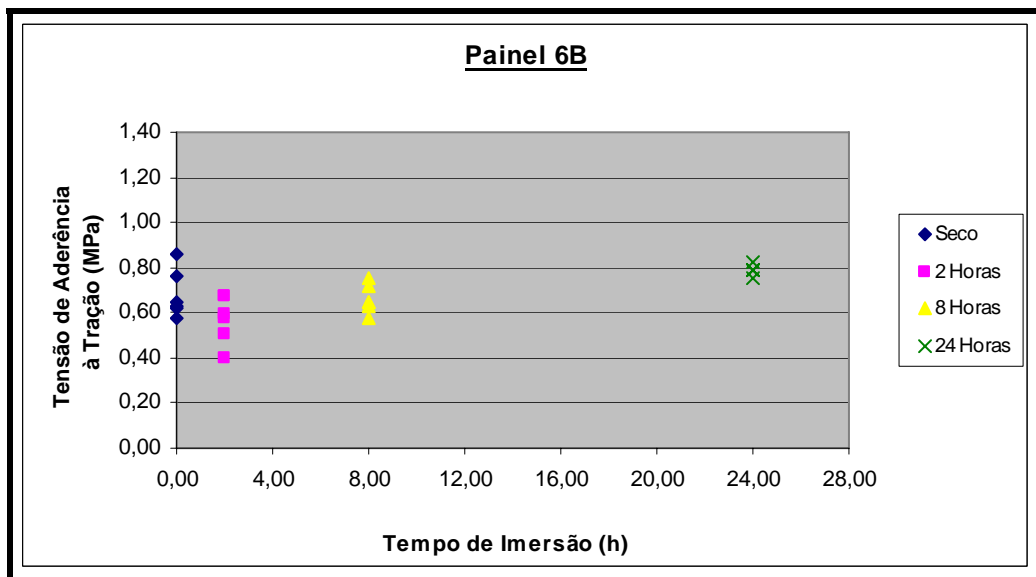


Figura I.6. – Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 6B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

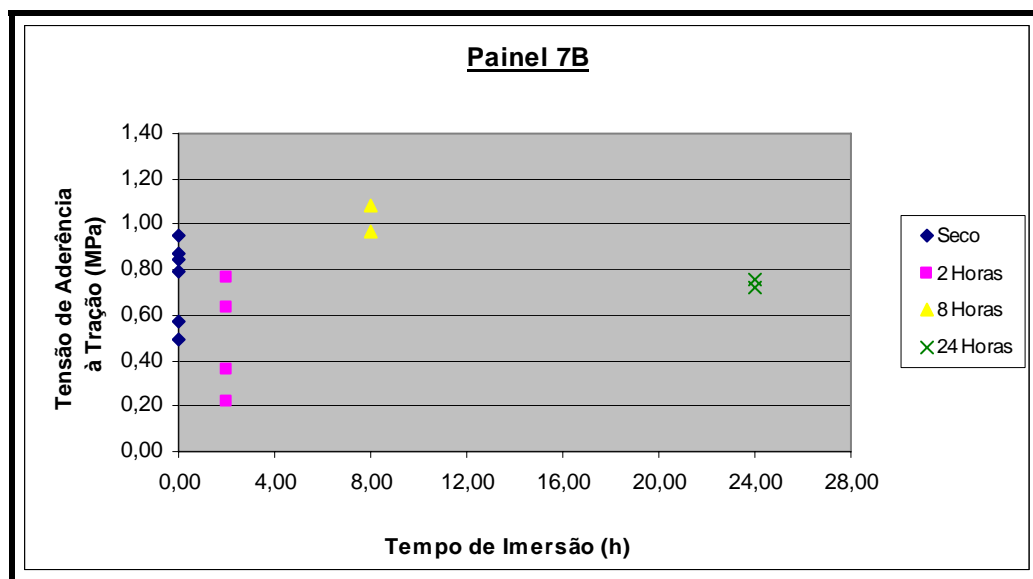


Figura I.7. – Gráfico dos valores individuais das tensões de aderência à tração para o painel 7B na condição de seco e após os diversos tempos de imersão.

ANEXO II

Principais Normas da ABNT pertinentes ao assunto abordado:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 15270-1; Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 15270-3; Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 13749; Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 14081; Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 13818; Placas cerâmicas para revestimentos – Especificações e métodos de ensaio. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 14992; A.R. – Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaios. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 12721; Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 13755; Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR 7171; Bloco cerâmico para alvenaria – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.