

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Verônica Grapiglia Valiati

**ESTUDO DA ESTANQUEIDADE DE REJUNTES EM
REVESTIMENTOS CERÂMICOS EXTERNOS**

Porto Alegre
julho 2009

VERÔNICA GRAPIGLIA VALIATI

**ESTUDO DA ESTANQUEIDADE DE REJUNTES EM
REVESTIMENTOS CERÂMICOS EXTERNOS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientadora: Ângela Borges Masuero

Porto Alegre
julho 2009

VERÔNICA GRAPIGLIA VALIATI

**ESTUDO DA ESTANQUEIDADE DE REJUNTES EM
REVESTIMENTOS CERÂMICOS EXTERNOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 13 julho de 2009

Profa. Ângela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
MSc. pela Universidade Federal de Santa Maria

Ana Paula Kirchheim
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Ângela Borges Masuero (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Victor Hugo Valiati e
Ivanda Grapiglia Valiati.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Profa. Ângela Borges Masuero, orientadora deste trabalho, pela atenção e parceria, afinal sem seus conhecimentos e sua vontade de passá-los adiante a realização deste trabalho teria sido muito mais difícil.

Agradeço ao NORIE, que disponibilizou seu laboratório, equipamentos e funcionários para meus ensaios.

Agradeço a todas as empresas de construção civil que autorizaram minhas visitas e ensaios em suas obras, disponibilizaram dados e funcionários e tornaram este trabalho possível.

Agradeço a todos os mestres de obra que, durante minhas visitas, me atenderam e auxiliaram com muita atenção.

Agradeço a meus pais, Victor Hugo e Ivanda, por todo carinho e apoio, que sempre me fizeram ir em frente, e por todo o esforço em sempre me ajudar, ainda que, em assuntos que nunca haviam ouvido falar antes.

Agradeço meus colegas de faculdade que me ajudaram em todos os momentos e que sem os quais não chegaria tão longe.

Agradeço Luiz Carlos Carini Medeiros, meu namorado, e todo seu amor e, principalmente, toda sua paciência.

RESUMO

VALIATI, V. G. **Estudo da Estanqueidade de Rejuntas em Revestimentos Cerâmicos Externos**. 2009. 108 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Nas fachadas o revestimento cerâmico é responsável pela estética, durabilidade, proteção e estanqueidade da edificação. A estanqueidade é uma das funções mais importantes que este revestimento deve desempenhar, sendo que a infiltração da água destaca-se como causa de muitas das manifestações patológicas de fachadas. Tais manifestações têm sua origem, principalmente, na execução deficiente e na má especificação dos materiais. Quando o material é aplicado de maneira errada, ou seu uso está em desacordo com o local de aplicação ou com as condições de exposição, ele deixa de desempenhar suas funções. Com isso, as exigências dos usuários deixam de ser atendidas e há a desvalorização das edificações. Nos revestimentos cerâmicos, os materiais responsáveis pela estanqueidade são as placas cerâmicas e o material de rejuntamento. As cerâmicas têm sua absorção de água bastante reduzida, deixando o rejunte como o ponto vulnerável do sistema. Desta forma, o desempenho deste deve ser analisado e controlado, de modo a evitar problemas nas edificações. Este trabalho buscou, então, avaliar este desempenho, observando o atendimento dos requisitos quanto à estanqueidade à água dos rejuntas em fachadas. Foram analisados diferentes tipos de rejuntas, em várias obras, através do Método do Cachimbo. Os resultados dos ensaios em obra foram comparados com as propriedades obtidas nos ensaios de laboratório e observou-se que quando aplicados e expostos às condições do ambiente os materiais de rejuntamento apresentam desempenho muito abaixo do que quando avaliados em laboratório, com condições controladas e conforme requisitos exigidos em norma. Além disso, constatou-se que quanto maior o tempo de exposição da fachada maior é a absorção de água e que em locais onde o material está em condições mais desfavoráveis, quanto à insolação e ao vento, ele degrada mais rapidamente, apresentando mais fissuras, descoloração e, conseqüentemente, maior infiltração de água. Esta infiltração, porém, não ocorre apenas por deficiências ou envelhecimento do material, mas também pela má execução, quando é misturado de forma incorreta, com adição de muita água, ou quando, durante a aplicação, são deixadas falhas e juntas mal preenchidas.

Palavras-chave: revestimento cerâmico; fachada; rejunte; estanqueidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: delineamento da pesquisa	20
Figura 2: principais produtores mundiais de cerâmica para revestimento entre os anos de 2004 e 2007	22
Figura 3: principais consumidores mundiais de cerâmica para revestimento entre os anos de 2004 e 2007	22
Figura 4: principais exportadores mundiais de cerâmica para revestimento entre os anos de 2004 e 2007	23
Figura 5: representação dos componentes do revestimento cerâmico	24
Figura 6: cachimbo de vidro conforme especificações do <i>Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC</i>	45
Figura 7: coluna de vidro conforme NBR 14992	46
Figura 8: vista geral dos cachimbos e detalhe de seu posicionamento	49
Figura 9: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 1	50
Figura 10: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 1	55
Figura 11: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 1	51
Figura 12: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 2	52
Figura 13: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 2	53
Figura 14: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 2	53
Figura 15: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 3	54
Figura 16: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 3	54
Figura 17: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 3	55
Figura 18: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 4	56
Figura 19: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 4	56
Figura 20: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 4	57
Figura 21: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 5	57
Figura 22: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 5	58
Figura 23: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 5	58

Figura 24: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 6	59
Figura 25: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 6	59
Figura 26: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 6	60
Figura 27: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 7	61
Figura 28: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 7	61
Figura 29: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 7	61
Figura 30: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 8	62
Figura 31: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 8	63
Figura 32: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 8	63
Figura 33: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 9	64
Figura 34: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 9	64
Figura 35: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 9	65
Figura 36: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 10	65
Figura 37: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 10	66
Figura 38: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 10	66
Figura 39: médias de absorção dos ensaios nos pavimentos inferiores	68
Figura 40: médias de absorção dos ensaios nos pavimentos superiores	68
Figura 41: médias de absorção das argamassas de rejunte das diferentes obras	69
Figura 42: médias de todos os ensaios e correlações por pavimento	70
Figura 43: velocidades médias	71
Figura 44: influência do tempo de exposição do rejunte na fachada na absorção de água – pavimentos inferiores	74
Figura 45: influência do tempo de exposição do rejunte na fachada na absorção de água – pavimentos superiores	74
Figura 46: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante A	76
Figura 47: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante B	76
Figura 48: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante C (cola-rejunta)	77

Figura 49: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante C (rejunta)	77
Figura 50: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante D	78
Figura 51: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante E	78
Figura 52: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante F	79
Figura 53: médias do ensaio de permeabilidade	80
Figura 54: absorções máximas aos 240 minutos para os diferentes tipos de rejunte	81
Figura 55: absorções máximas dos ensaios em obra	82
Figura 56: detalhe da porosidade nos corpos-de-prova 1 e 2	83
Figura 57: detalhe da porosidade no corpo-de-prova 5	83
Figura 58: argamassa do fabricante F (corpo-de-prova 8) – detalhes das fissuras superficiais e descoloração do rejunte	83
Figura 59: argamassa do fabricante F (corpo-de-prova 8) - aparência superficial	84
Figura 60: absorção dos diferentes tipos de rejunte – pavimento inferior	85
Figura 61: absorção dos diferentes tipos de rejunte – pavimento superior	85
Figura 62: absorção dos diferentes tipos de rejunte – laboratório	86
Figura 63: áreas de absorção	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: funções dos componentes do rejuntamento	42
Quadro 2: confronto entre a realidade da execução do ensaio de estanqueidade realizado no laboratório e no canteiro de obras	44
Quadro 3: tipos de argamassa para rejuntamento e requisitos mínimos	48
Quadro 4: características dos revestimentos cerâmicos nas diferentes obras visitadas e suas falhas	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: comparação entre obras – pavimento baixo	72
Tabela 2: comparação entre obras – pavimento alto	72
Tabela 3: absorções máximas aos 240 minutos	81
Tabela 4: comparação entre os resultados obtidos em obra e no laboratório da absorção aos 30 minutos	84
Tabela 5: absorção em relação à área – obra	87
Tabela 6: absorção em relação à área – laboratório	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 MÉTODO DE PESQUISA	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	15
2.2.1 Objetivo Principal	15
2.2.2 Objetivos Secundários	15
2.3 HIPÓTESE DA PESQUISA	16
2.4 PRESSUPOSTOS	16
2.5 PREMISSA	16
2.6 DELIMITAÇÕES	16
2.7 LIMITAÇÕES	17
2.8 DELINEAMENTO	17
3 REVESTIMENTO CERÂMICO	21
3.1 COMPONENTES DO REVESTIMENTO CERÂMICO	23
3.2 EXECUÇÃO	25
3.3 DESEMPENHO	27
3.4 MANIFESTAÇÕES PATOLOGIAS	30
3.4.1 Descolamento de Placas Cerâmicas	32
3.4.2 Trincas, Gretamento e Fissuras	33
3.4.3 Eflorescência	34
3.4.4 Bolor	36
3.4.5 Deterioração das Juntas	37
4 REJUNTE	38
5 ENSAIOS	43
5.1 MÉTODO DO CACHIMBO	43
5.2 ENSAIO DE PERMEABILIDADE EM LABORATÓRIO	45
6 DESENVOLVIMENTO, APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	49
6.1 ENSAIO EM OBRA	49
6.2 ENSAIO EM LABORATÓRIO	75
7 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE A	92

APÊNDICE B	97
APÊNDICE C	99
APÊNDICE D	106

1 INTRODUÇÃO

As fachadas além de serem responsáveis pela proteção e durabilidade da edificação, são a imagem do empreendimento, ou seja, é a fachada que mostra ao consumidor a qualidade dos produtos empregados na obra, refletindo também a qualidade do empreendedor. Esse é um dos motivos pelo qual as manifestações patológicas em fachadas são as mais temidas pelos construtores. Fachadas executadas em revestimento cerâmico, sem dúvida, são as mais vantajosas do ponto de vista da durabilidade e manutenção. Porém, o desempenho do revestimento depende da boa especificação dos materiais e boa execução do sistema, tendo em vista que o revestimento, sendo o material que recobre a superfície das paredes, é o primeiro elemento da edificação a sofrer a ação dos agentes agressivos do ambiente.

O uso de revestimentos cerâmicos no Brasil vem crescendo nos últimos anos. O País está entre os maiores produtores, consumidores e exportadores de cerâmica para revestimento no mundo (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, 2008). Da mesma forma, cresce a qualidade e variedade dos materiais que compõem este revestimento. Contudo, as manifestações patológicas envolvendo o sistema têm se mostrado frequentes, especialmente nos revestimentos de fachadas.

Os revestimentos cerâmicos externos deverão atender, quando submetidos às condições de exposição e uso, a requisitos e critérios de desempenho, sendo a estanqueidade e a durabilidade do revestimento, relacionada à capacidade de impermeabilidade, os mais importantes. Esta estanqueidade deve ser garantida pela camada de acabamento do revestimento, que, neste em questão, é composta pelas placas cerâmicas e pelo rejunte.

O rejunte é um material bastante solicitado devido à necessidade de apresentar resistência de aderência à borda da placa cerâmica, absorver deformações, dentro de certos limites, sem concentrar tensões, não manchar e não perder a cor. Em revestimentos cerâmicos externos o rejunte utilizado deve ser impermeável, para impedir que água infiltre por trás da cerâmica; antifúngico, para evitar formação de bolor; e flexível, para suportar dilatações e contrações promovidas por mudanças bruscas de temperatura. A infiltração de água, tanto pelas falhas

do rejunte por má execução como por fissuras causadas por movimentações, provoca danos à fachada como o descolamento da cerâmica, manchamento e desenvolvimento de fungos.

No presente trabalho, tem-se como objetivo avaliar o desempenho, quanto à estanqueidade à água, dos rejuntas utilizados nos revestimentos cerâmicos de fachadas, bem como, alguns fatores que possam influenciar este desempenho. A altura de aplicação da fachada, tempo de exposição do revestimento e a qualidade do material de rejuntamento são alguns. Esta avaliação, feita com o auxílio do Método do Cachimbo, pretende verificar se os produtos para rejuntamento utilizados nos revestimentos cerâmicos de fachada de Porto Alegre atendem aos requisitos de estanqueidade.

No capítulo 2, encontra-se o método de pesquisa, o qual indica objetivos, limitações, delimitações e delineamento, contendo todas as etapas seguidas para realização do trabalho.

Os capítulos 3 e 4 são resultado da pesquisa bibliográfica. O primeiro descreve o revestimento cerâmico, sua forma de execução, desempenho esperado em fachadas e principais manifestações patológicas encontradas neste sistema. O segundo, o material de rejuntamento, o qual preenche as juntas de assentamento do revestimento cerâmico e no qual se foca este trabalho. Neste apresentam-se as funções e as características do material em questão.

O Método do Cachimbo, utilizado em obra para verificar a absorção de água do rejunte efetivamente aplicado e em uso, e o ensaio de permeabilidade em laboratório para argamassas de rejuntamento, descrito em norma, são abordados no capítulo 5.

O capítulo 6 se destina a apresentação dos resultados encontrados nos ensaios, juntamente com a análise e discussão dos mesmos. Por sua vez, o capítulo 7 traz as conclusões do trabalho.

2 MÉTODO DE PESQUISA

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: rejuntas para revestimentos cerâmicos externos desempenham sua função de estanqueidade à água em fachadas?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é: avaliação do desempenho de rejuntas para revestimentos cerâmicos externos quanto à estanqueidade à água.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) comparação entre desempenhos dos diferentes rejuntas utilizados em revestimento cerâmico de fachadas;
- b) análise da influência do tempo de exposição do material no desempenho do mesmo;
- c) análise da influência da altura onde se encontra o rejunte na fachada no desempenho do mesmo.

2.3 HIPÓTESE DA PESQUISA

A hipótese deste trabalho é que rejuntas para revestimentos cerâmicos externos desempenham sua função de estanqueidade à água em fachadas.

2.4 PRESSUPOSTOS

Os pressupostos deste trabalho são:

- a) o Método do Cachimbo, desenvolvido pelo *Centre Scientifique et Technique de La Construction*, na Bélgica, para avaliação do desempenho de produtos para revestimento, é válido para o ensaio de estanqueidade em rejuntas;
- b) as placas cerâmicas das fachadas que foram analisadas atendem aos requisitos mínimos de absorção de água expostos na norma NBR 13818/97 (Placas cerâmicas para revestimento: especificação e métodos de ensaio), não influenciando nos ensaios de estanqueidade dos rejuntas.

2.5 PREMISSA

A premissa deste trabalho é que as manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas têm se mostrado frequentes, apesar do crescimento do emprego deste sistema na construção civil. Este fato indica, ou que os materiais não estão atendendo aos requisitos de desempenho, ou que a mão-de-obra utilizada não tem a qualificação necessária para execução do revestimento.

2.6 DELIMITAÇÕES

As delimitações deste trabalho são:

- a) os rejuntas analisados foram somente os executados em cerâmicas aplicadas em fachadas;
- b) as fachadas escolhidas para análise eram de edificações situadas em Porto Alegre.

2.7 LIMITAÇÕES

As limitações deste trabalho são:

- a) somente foram analisados alguns tipos de rejunte (rejunte flexível e argamassa para assentamento e rejuntamento simultâneo) para revestimento cerâmico externo de fachadas, não abrangendo todos os tipos de rejuntas do mercado nem todos os fabricantes;
- b) o número de edificações analisadas foi reduzido (10 obras).

2.8 DELINEAMENTO

O delineamento deste trabalho é:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) levantamento de empresas e obras;
- c) fixação dos cachimbos nas fachadas selecionadas;
- d) ensaio de estanqueidade em obra através do Método do Cachimbo;
- e) moldagem dos corpos-de-prova em laboratório;
- f) ensaio de permeabilidade em laboratório;
- g) análise dos resultados dos ensaios em obra e em laboratório;
- h) fechamento do trabalho e conclusões.

Primeiramente foi feita a pesquisa bibliográfica para desenvolver a base teórica do trabalho. Nesta etapa teve-se como objetivo o conhecimento das especificações técnicas do material estudado e da correta aplicação do mesmo, bem como, dos requisitos exigidos pela norma e pelo consumidor final do produto, quanto ao seu desempenho, e dos métodos utilizados para avaliá-lo.

Numa segunda etapa, com a parte teórica bem estabelecida, partiu-se para o levantamento das empresas que estavam executando ou que já haviam executado o revestimento cerâmico nas fachadas de suas obras. Procurando o maior número de edificações possível para cada tipo de rejunte a ser analisado, conseguiu-se um número final de 10 obras, 3 utilizando o rejunte

flexível em suas juntas de assentamento e 7 utilizando argamassa de assentamento e rejuntamento de placas cerâmicas.

Nas obras selecionadas para o estudo, fez-se a fixação dos cachimbos em diferentes alturas do edifício e, quando possível, na fachada mais desfavorável, ou seja, a que recebia maior ação de ventos e insolação. Foram aplicados seis cachimbos por fachada, três em uma altura mais baixa e três em uma mais elevada. Algumas vezes, foram aplicados os cachimbos em locais onde se percebia falhas na junta, como bolhas, fissuras na interface com as placas cerâmicas e alteração de cor. Isto, para poder observar como as falhas no rejuntamento aumentam a absorção e influenciam no desempenho do mesmo.

Com os cachimbos fixados, realizou-se o ensaio de estanqueidade do revestimento cerâmico. Foram analisados, como citado anteriormente, dois tipos de material de rejuntamento, a argamassa cola/rejunte, que é utilizada tanto para o assentamento quanto para o rejuntamento, e a argamassa para rejuntamento externo comum.

Utilizando amostras de argamassas, as mesmas encontradas nas obras, fez-se a moldagem dos corpos-de-prova em laboratório. Seguindo as indicações da norma NBR 14992/2003 (A.R. - Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas: requisitos e métodos de ensaio), realizou-se o ensaio de permeabilidade, o qual objetivava a caracterização do material de rejuntamento e comparação com os resultados obtidos em obra.

Após os ensaios iniciou-se a etapa de análise dos resultados, avaliando o desempenho quanto à estanqueidade à água dos rejuntas e buscando os fatores que influenciam o mesmo. Para isto foram utilizadas análises estatísticas.

As técnicas estatísticas clássicas usadas para estimar parâmetros e testar hipóteses possuem exigências de que os valores da variável estudada tenham distribuição normal ou aproximadamente normal e que haja homogeneidade de variâncias entre as populações que estão sendo comparadas. Na prática, porém, muitas variáveis não apresentam distribuição normal e às vezes até mesmo é difícil determinar que tipo de distribuição apresentam, pois a amostra não é suficientemente grande para tal avaliação. Da mesma maneira, muitas variâncias são heterogêneas (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Os testes sugeridos para analisar dados que não satisfaçam as exigências clássicas denominam-se testes de distribuição livre, por não dependerem do conhecimento da distribuição da variável na população, ou testes não-paramétricos.

Neste trabalho, foram utilizados os testes não-paramétricos devido a amostra ser pequena e não apresentar distribuição normal. Entre as técnicas não-paramétricas foram escolhidas, para a análise apresentada no capítulo 6, as seguintes:

a) teste T de Wilcoxon (T):

- correspondente ao teste t de Student para amostras pareadas;
- comparação entre dois grupos relacionados e a variável é de mensuração ordinal;

b) coeficiente de correlação de Spearman (r_s):

- varia entre -1 (correlação perfeita negativa) e +1 (correlação perfeita positivas), passando pelo 0 (ausência de correlação);

c) técnica de Kruskal-Wallis (H):

- é a ANOVA não-paramétrica para um critério de classificação, ou seja, é uma análise de variância não-paramétrica;
- comparação entre três ou mais grupos independentes e a variável é de mensuração ordinal.

Para as análises fez-se a correção de Bonferroni. Este procedimento consiste em corrigir o valor do nível de significância global do experimento de acordo com o tamanho da amostra. Outro recurso estatístico utilizado foi a técnica de Bootstrap, na qual é feita a reamostragem do experimento, ou seja, são feitas novas repetições do mesmo, escolhendo as observações de forma aleatória, quantas vezes se desejar, para recalculas as estimativas.

A significância estatística dos resultados foi avaliada pela probabilidade ou proporção populacional, P , que representa o erro que ocorreria ao se considerar o resultado do teste como sendo representativo da população. Este P foi observado da seguinte maneira, se o P amostral fosse maior do que 0,05, o resultado era considerado não significativo, se fosse menor era significativo. É utilizado, então, um nível de significância de 95% neste trabalho. Em alguns casos é citado o P como menor do que 0,001, ou seja, a resposta ao teste pode ser considerada para a população com um erro muitíssimo pequeno.

Utilizando programas computacionais (STAT e NCSS), dependendo do objetivo da análise, escolhia-se o teste estatístico a ser realizado – T de Wilcoxon, Sperman ou Kruskal-Wallis. Em alguns testes, quando a amostra se tornava muito pequena e o resultado não tinha bom suporte estatístico, fazia-se a reamostragem 1000 vezes por Brostrap.

Para os testes comparativos os resultados eram verificados através do ponto de corte (z), que é o valor crítico para o nível de significância estabelecido e é influenciado pela correção de Bonferroni. Cada teste estabelece um ponto de corte a partir da significância global do experimento e do número amostral. Se o resultado é maior que o ponto de corte há diferença entre os pares, se é menor, não há diferença. Nos testes de correlação, era verificada a existência da mesma, negativa ou positiva, entre as variáveis em questão.

As etapas do trabalho são apresentadas na figura 1.

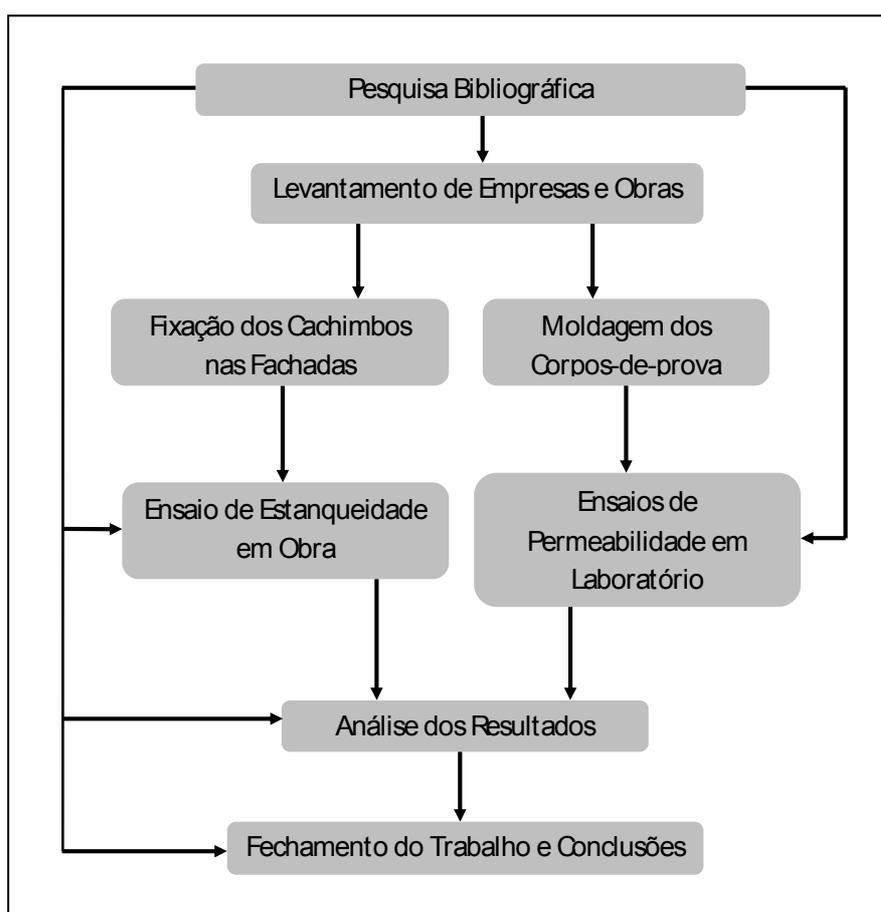


Figura 1: delineamento da pesquisa

3 REVESTIMENTO CERÂMICO

Os revestimentos de fachada se destinam à proteção e vedação da edificação contra a ação de agentes externos agressivos, além da valorização estética e patrimonial. Segundo Polisseni (1986, p. 40-41):

O revestimento pode ser entendido como sendo o recobrimento da superfície da parede, lisa ou áspera, em uma ou mais camadas com um mesmo material ou materiais distintos, via de regra com espessura uniforme, utilizado com a finalidade de proteção ou embelezamento.

O uso de revestimentos cerâmicos em fachadas tem sido uma prática cada vez mais frequente no Brasil. Este tipo de revestimento ocupa, hoje, um lugar de destaque na construção civil devido à sua importância econômica e participação no mercado. Medeiros e Sabbatini (1999, p.1) ressaltaram, nesta utilização, os revestimentos cerâmicos, junto com as pinturas, como a preferência do mercado consumidor em praticamente todas as regiões e em todos os segmentos imobiliários. Tendência verificada ainda hoje.

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento – ANFACER – (2008), o Brasil está entre os maiores consumidores, produtores e exportadores de cerâmica do mundo e cada vez mais a qualidade e variedade deste material aumentam. As figuras 2 a 4 mostram o crescimento dos números do setor de cerâmica para revestimento entre os anos de 2004 e 2007. Assim, se torna necessário um melhor controle da execução e dos materiais empregados neste sistema, objetivando o contínuo crescimento de seu emprego em fachadas e a melhoria de seu desempenho.

O Brasil possui condições muito favoráveis ao uso deste tipo de revestimento em fachadas, tendo um clima tropical e chuvoso. O crescente emprego dos revestimentos cerâmicos deve-se às inúmeras vantagens que este sistema possui em relação aos demais revestimentos externos tradicionais. Os revestimentos cerâmicos destacam-se pela maior durabilidade, valorização estética, facilidade de limpeza, possibilidades de composição harmônica, melhoria de estanqueidade, conforto térmico e acústico e valorização econômica do empreendimento (MEDEIROS; SABBATINI, 1999, p. 1-2). Além disso, Campante e Sabbatini (2001, p. 2)

ressaltam seu baixo custo de manutenção, devido à sua alta resistência às mais diversas condições ambientais, apresentando desgaste pouco acentuado ao longo do tempo e aumentando a vida útil da fachada.

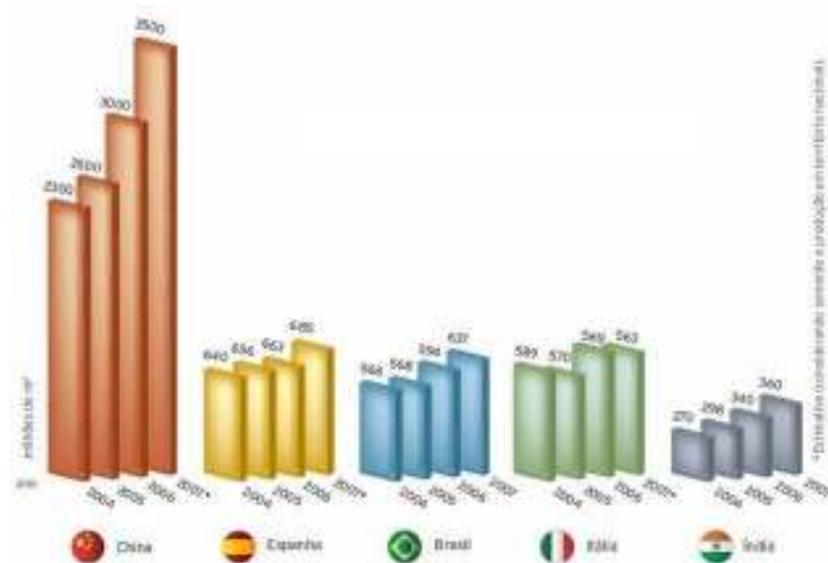


Figura 2: principais produtores mundiais de cerâmica para revestimento entre os anos de 2004 e 2007 (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, 2008)

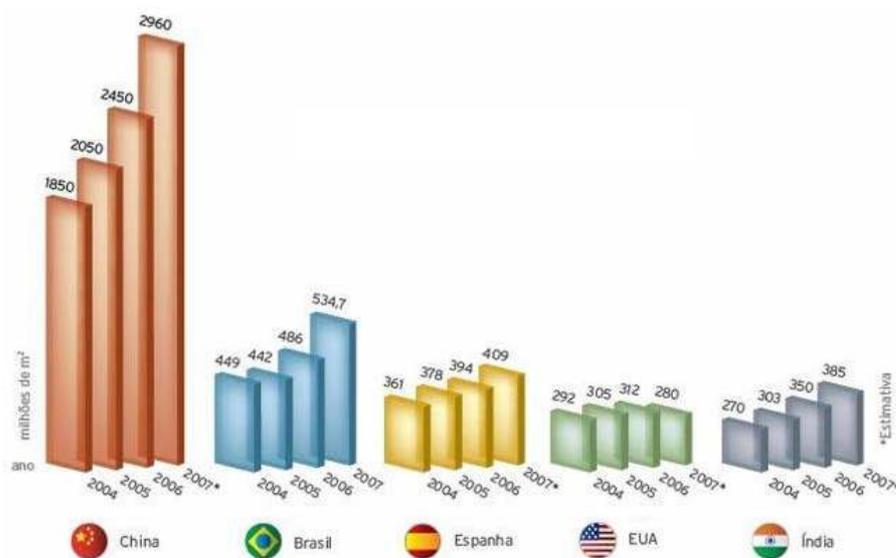


Figura 3: principais consumidores mundiais de cerâmica para revestimento entre os anos de 2004 e 2007 (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, 2008)

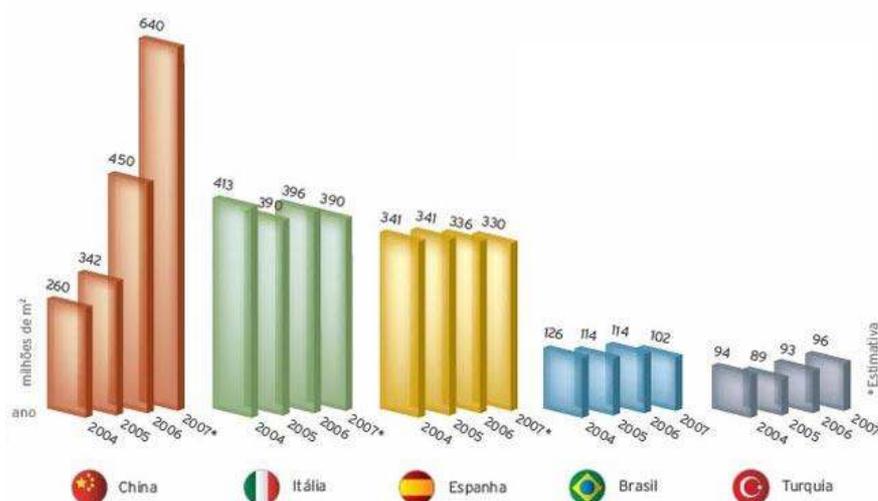


Figura 4: principais exportadores mundiais de cerâmica para revestimento entre os anos de 2004 e 2007 (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, 2008)

3.1 COMPONENTES DO REVESTIMENTO CERÂMICO

Como Campante e Baía (2008, p. 17) descrevem, “Os revestimentos cerâmicos devem ser entendidos como um sistema composto por uma sucessão de camadas, formando um conjunto monolítico aderido ao substrato (emboço) e este à base (alvenaria ou concreto armado)”. Segundo Junginger (2003, p. 10), uma parede revestida com placas cerâmicas é formada basicamente por três camadas:

- a) camada de regularização;
- b) camada de fixação;
- c) camada de acabamento.

A base é formada pelas paredes de alvenaria, que, no caso do revestimento cerâmico externo, são as paredes de vedação do edifício e que podem ser de blocos cerâmicos ou blocos de concreto, bem como os elementos da estrutura de concreto armado (vigas e pilares).

A camada de regularização tem por finalidade facilitar o assentamento das placas, deixando a base mais homogênea e regular, sem saliências e depressões. Esta camada, também, tem a importante função de atenuar os movimentos diferenciais da estrutura e da camada de

acabamento. É formada pelo chapisco, que serve de preparo para a base, sendo a ancoragem mecânica para aderência da camada seguinte, e pelo emboço.

A camada de fixação proporciona a aderência entre as placas cerâmicas e a camada de regularização. Pode ser constituída por argamassas de assentamento convencionais, ou seja, dosadas em obra, ou argamassas colantes industrializadas, que são pré-dosadas, necessitando apenas da adição de água.

A camada de acabamento é composta pelas placas cerâmicas e pelas juntas, que podem ser de assentamento, preenchidas por rejunte, ou de movimentação, preenchidas com selantes (JUNGINGER, 2003, p. 11-13; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996). Esta última camada é onde se foca este trabalho, especialmente nas juntas de assentamento e no material que as preenche. Uma análise mais aprofundada do rejunte se dará no capítulo seguinte.

A figura 5 mostra uma representação destas camadas.

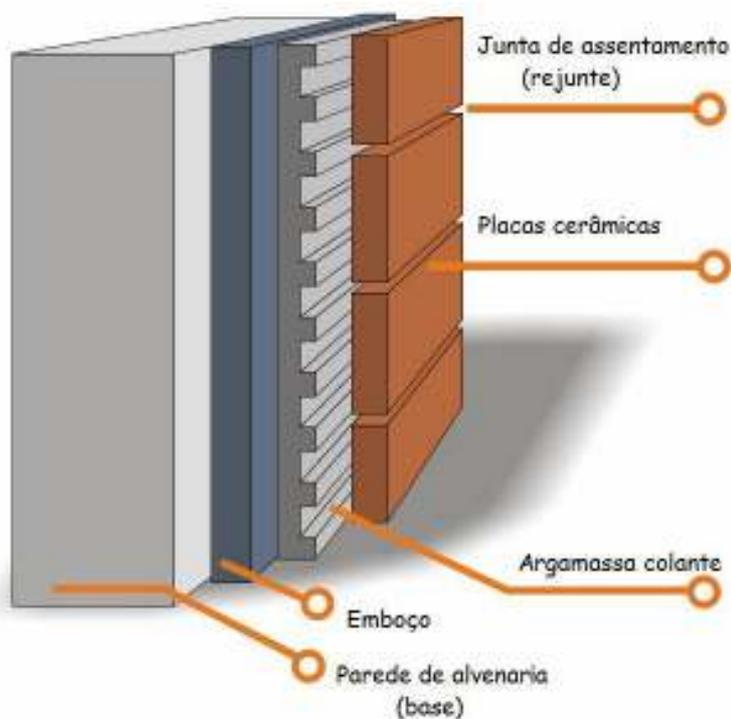


Figura 5: representação dos componentes do revestimento cerâmico (CENTRO CERÂMICO DO BRASIL, 2008)

3.2 EXECUÇÃO

A execução de revestimentos cerâmicos, com argamassas colantes, segue as seguintes etapas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996; CENTRO CERÂMICO DO BRASIL, 2008; FIORITO, 1994, p. 145-157; BARROS; SABBATINI, 2001, p. 16-26; JUNGINGER, 2003, p. 64-69; CAMPNATE; BAÍA, 2008, p. 63-84; SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DOS PRODUTOS DE CIMENTO, 2008):

- a) limpeza da base;
- b) aplicação do chapisco;
- c) aplicação do emboço;
- d) preparação da argamassa de assentamento;
- e) aplicação da argamassa de assentamento;
- f) assentamento das peças cerâmicas;
- g) preenchimento das juntas de assentamento;
- h) limpeza final.

Primeiramente, deve-se verificar a presença de qualquer tipo de material na base que possa vir a prejudicar a aderência das camadas seguintes. Faz-se a remoção de pó, materiais soltos, pontas de ferro, substâncias gordurosas (óleos e graxas), eflorescências e bolor.

Para tornar a superfície homogênea e aumentar sua rugosidade, garantindo maior aderência da camada de emboço, faz-se a aplicação da argamassa de chapisco na base. Sobre esta, executa-se a camada de regularização, o emboço, que visa nivelar a superfície, corrigindo pequenos defeitos. A aplicação do emboço deve ser realizada, no mínimo, após 3 dias da aplicação do chapisco.

A preparação da argamassa de assentamento, mistura do pó com a água, deve seguir as recomendações do fabricante, de modo que atinja consistência adequada e se torne trabalhável. Não se deve adicionar água após a mistura inicial e, caso o fabricante recomende, o material deve ficar em repouso. Geralmente é indicado um tempo entre 10 e 15 minutos antes do início da aplicação. Respeitando o tempo em aberto do material, que é o tempo decorrido desde a adição da água de amassamento até o momento em que ainda é possível

assentar e fazer aderir uma peça cerâmica, deve-se aplicar a argamassa sobre a camada de regularização. Não é necessário umedecer a superfície da base para aplicação da argamassa colante, salvo raras exceções quando, por exemplo, em locais sujeitos a insolação ou vento, a base deve ser pré-umedecida, contudo sem ser saturada.

O assentamento das placas cerâmicas só deve ocorrer após um período mínimo de 14 dias de cura do emboço. Durante o procedimento deve-se respeitar as juntas e observar se a argamassa colante ainda apresenta boas condições de aderência, sendo que a área de aplicação não deve ser muito grande para que não haja o endurecimento do material e perda da trabalhabilidade.

As placas devem ser assentadas a seco sobre a argamassa colante, ou seja, não se deve molhar as placas cerâmicas antes do assentamento, para não saturar os poros e comprometer a aderência. A aderência pode ser prejudicada também se o assentamento for realizado em dias chuvosos ou muito quentes e ensolarados.

O rejuntamento deve ser realizado, no mínimo, 3 dias após assentamento das peças cerâmicas para evitar o surgimento de tensões pela retração de secagem da argamassa colante. Porém, recomenda-se não exceder muito este tempo, pois as placas cerâmicas sem rejuntamento contam apenas com sua própria resistência mecânica e estão sujeitas a danos acidentais. Além disso, a demora contribui para o acúmulo de sujeiras nas juntas.

A argamassa de rejuntamento deve ser preparada conforme indicações do fabricante, quanto à adição de água e quanto ao tempo de repouso do material. O rejunte deve ser preparado num recipiente que não absorva água e que seja inerte. A água utilizada deve ser limpa de modo a não contaminar o rejunte com sais solúveis que possam dar origem a eflorescências posteriores.

Embora uma maior quantidade de água facilite a aplicação do rejunte, por torná-lo mais trabalhável, ela pode prejudicar a coloração, diminuir a aderência, aumentar a porosidade e a retração. Enfim, o excesso de água de amassamento pode prejudicar as propriedades do rejunte endurecido.

As juntas entre as placas cerâmicas devem estar isentas de sujidades, resíduos e poeiras que impeçam a perfeita penetração e aderência do rejuntamento. Da mesma forma, é necessária a retirada de excessos de argamassa colante, que deve ser feita logo após o assentamento para

não inviabilizar sua retirada após o endurecimento do material. As juntas devem ser umedecidas para boa hidratação e aderência do material quando as condições do tempo forem desfavoráveis (elevadas temperaturas e clima muito seco).

O material de rejuntamento deve ser aplicado em excesso, com o auxílio de desempenadeira emborrachada ou rodo de borracha, preenchendo completamente as juntas. Assim que iniciar o endurecimento do rejunte, remover o excesso com um pano seco ou espuma umedecida em água, evitando a aderência da argamassa na superfície da placa cerâmica.

A limpeza final deve ser feita 14 dias após o rejuntamento, com pano, água limpa e detergentes líquidos neutros. Nunca usar ácidos (ácido muriático) ou bases (soda cáustica) para a limpeza, o uso de produtos químicos ataca a superfície do rejunte por possuir efeito corrosivo.

3.3 DESEMPENHO

Polisseni (1986, p. 43) afirma que “Por serem o material que recobre a superfície da parede, os revestimentos de um modo geral, são os primeiros elementos da edificação a sofrerem ação dos agentes agressivos do meio ambiente, devido a fenômenos de origem natural ou mesmo oriundos da própria utilização.”.

As fachadas, como qualquer parte de um edifício, devem atender a requisitos e critérios de desempenho quando submetidos às condições de exposição. Estes requisitos e critérios, condições qualitativas e quantitativas, respectivamente, traduzem as exigências humanas, expressando níveis de segurança, habitabilidade e durabilidade. Particularmente, para os revestimentos externos, os requisitos de estanqueidade à água e durabilidade do revestimento relacionada com a capacidade de impermeabilidade ao longo do tempo são os mais importantes. Estes afetam diretamente: a saúde e higiene do usuário, já que com a presença da umidade pode haver o desenvolvimento de fungos; os níveis de desempenho térmico do edifício, pois a umidade favorece um aumento na condutibilidade térmica dos materiais de construção e a durabilidade dos materiais, sendo que a umidade pode desencadear processos de deterioração nos mesmos (OLIVEIRA et al., 2006; POLISSENI, 1986, p. 50).

Polisseni (1986, p. 50) caracteriza a estanqueidade à água como “[...] a propriedade dos materiais, componentes ou elementos da edificação de não permitirem a infiltração de água, sendo definida geralmente para determinadas condições de exposição.”. Nos revestimentos cerâmicos o responsável pela estanqueidade do sistema é o conjunto placas cerâmicas mais material de rejuntamento. Porém, o ponto vulnerável a penetração de água é o rejunte, “Isso porque a face exposta das placas é pouco absorvente devido à mistura de material fundente à cerâmica, o que forma o chamado vidrado.”, explica Loturco (2006), “e o rejunte cimentício, pelas suas próprias características físico-químicas, é menos resistente às agressões do que as placas cerâmicas [...]”, completa Junginger (2003, p. 4).

A umidade desencadeia a maior parte dos problemas técnicos das edificações e a grande causa de seu aparecimento está relacionada com a penetração de água pelas fachadas. Esta penetração ocorre devido à falha no desempenho dos produtos de revestimento, que são desenvolvidos para evitar a passagem da umidade (POLISSENI, 1986, p. 119). “No caso das fachadas, a umidade geralmente é proveniente de infiltrações de água da chuva.” (OLIVEIRA et al., 2006).

Conforme Polisseni (1986, p. 40), “A força do vento lança a água sobre as fachadas dos edifícios e a ação da gravidade atua de maneira a causar um escoamento da água sobre a superfície. Quando a água encontra uma fenda ou trinca em uma parede ela tende a penetrar.”. A infiltração de água, tanto pelas falhas do rejunte por má execução como por fissuras causadas por movimentações, provoca danos à fachada como o descolamento da cerâmica, manchamento, desenvolvimento de fungos (bolor) e eflorescências.

O desempenho dos revestimentos cerâmicos, no entanto, ficava restrito apenas as exigências dos usuários, não havendo normatização brasileira que estabelecesse critérios mínimos que a edificação devesse atender. Com a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), norma de desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, tem-se parâmetros quanto à durabilidade dos sistemas, bem como a manutenibilidade da edificação. A norma, que objetiva elevar a qualidade técnica requerida nas edificações, estabelecendo regras para avaliação do desempenho da mesma, terá vigência a partir de 2010 e está dividida em cinco partes, cada uma contendo requisitos e critérios aplicáveis a diferentes sistemas. Com relação às vedações verticais, onde se enquadram os revestimentos cerâmicos, tem-se a parte número quatro. Nesta, encontram-se, entre vários

outros, os seguintes critérios: estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas) e estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água (áreas molhadas).

O primeiro considera as condições de exposição ao vento conforme as regiões do País – pressão estática entre 40 e 50 Pa para o Rio Grande do Sul – e é avaliado através de ensaio em laboratório. Cria-se uma película homogênea e contínua de água e submete-se o corpo-de-prova a uma vazão e pressão pneumática, através de uma câmara especial, durante 7 horas. O resultado é baseado no percentual de manchas de umidade, na face oposta à incidência de água, em relação à área total do corpo-de-prova. Este percentual não deve ultrapassar 5% para edificações com mais de um pavimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

O segundo critério visa avaliar os requisitos das vedações (paredes) de não permitirem a infiltração de água, através de suas faces, quando em contato com áreas molháveis ou molhadas. A avaliação é feita através de ensaio de estanqueidade, em laboratório ou em unidades concluídas. O ensaio consiste em submeter um trecho de parede à presença de água, com pressão constante, por meio de uma câmara, com dimensões internas de 16 cm x 34 cm, acoplada à parede. O resultado é em centímetros cúbicos, medido com uma bureta, por um período de 24 horas. A quantidade de água que penetra deve ser inferior a 3 centímetros cúbicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

Para que o revestimento proporcione o desempenho esperado é necessário que se tome uma série de cuidados ao longo do processo de produção. Dentre eles a escolha de materiais corretos, avaliando as condições do ambiente que envolve a edificação, bem como o uso que será dado a ela; o estoque de materiais, tendo em vista a correta armazenagem, protegendo os produtos das intempéries e cuidado com a validade dos produtos e emprego de mão-de-obra qualificada e treinada. Além disso, a fim de que o revestimento não venha a se deteriorar precocemente, deve-se projetar as juntas de modo a resistirem às solicitações devido à presença de água, variações térmicas e ação de agentes químicos e biológicos (BARROS; SABBATINI, 2001 p. 9, 15-16).

O desempenho e a durabilidade dos revestimentos de fachada estão relacionados com a vida útil de todo o edifício, uma vez que eles constituem a fronteira entre o ambiente interno e externo. Para possibilitar um acréscimo de vida útil ao conjunto, além de se tomar os cuidados

citados anteriormente, faz-se necessário um programa de manutenção. Esse programa deve descrever como realizar a manutenção do revestimento, bem como as inspeções a serem feitas no rejunte, selantes e placas cerâmicas a fim de verificar a presença de fissuras, descolamentos, manchas, fungos e deterioração de materiais e a periodicidade dessas inspeções e das limpezas. Com a manutenção regular é possível manter o revestimento sempre com a aparência agradável e evitar o aparecimento de manifestações patológicas (RESENDE, 2004).

3.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

As manifestações patológicas nos revestimentos cerâmicos de fachadas ocorrem quando, em determinado momento da sua vida útil, que se caracteriza pelo tempo no qual o material consegue manter suas propriedades, deixam de apresentar o desempenho esperado, ou seja, não mais cumprem funções para as quais foram projetados, deixando de atender às necessidades dos usuários e havendo necessidade de manutenção ou substituição do material (CAMPANTE; SABBATINI, 2001, p. 2-4). Cichinelli (2006) afirma que “[...] segundo as normas internacionais, a vida útil de um revestimento cerâmico deve atingir, no mínimo, metade da vida útil da edificação.”.

A maior parte dos problemas patológicos que ocorrem nos revestimentos cerâmicos tem sua origem nas fases de elaboração do projeto e execução (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 27).

Os problemas originados na fase de projeto ocorrem pela inexistência de um projeto específico do revestimento cerâmico ou por erros de concepção na elaboração do mesmo. O desenvolvimento de um projeto que contemple todos os detalhes executivos, especificação de materiais compatíveis com o uso, a interação do revestimento com as demais partes do edifício e os parâmetros de desempenho, minimiza ou mesmo elimina a ocorrência de manifestações patológicas. Por sua vez, o projeto, quando existe, está limitado aos efeitos arquitetônicos, os quais têm suas diretrizes independentes das reais condições de exposição e dos requisitos básicos à sua execução (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 27). Além disso, Resende (2004, p. 173) cita “[...] a incapacidade de alguns projetistas e construtores de analisarem a necessidade de realizar manutenção nas fachadas dos edifícios, ou seja, de considerar a fase de uso como sendo uma etapa do edifício.”.

No que se refere à fase de execução do revestimento, as manifestações patológicas ocorrem quando a mão-de-obra empregada não é qualificada. Aliado a isto, se observam falhas devido ao controle deficiente por parte dos responsáveis pela obra, na seleção e recebimento de materiais, na preparação das argamassas e na execução dos serviços de assentamento e acabamento final. É imprescindível que todos os profissionais envolvidos com a produção tenham o domínio das corretas técnicas, bem como o conhecimento do desempenho esperado do produto final e das patologias decorrentes de falhas nessa fase (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 27; CAMPANTE; BAÍA, 2008, p. 87).

Outro ponto que vale a pena ressaltar é o fato de que muitos erros que ocorrem nos projetos e na execução estão relacionados ao rejuntamento, o qual é relegado a um plano de menor importância em relação ao assentamento das placas e é executado sem preocupação com os aspectos técnicos. A habilidade do aplicador, representada muitas vezes pela experiência prática obtida sem qualquer treinamento, acaba prevalecendo sobre a técnica correta de aplicação. Além disso, a seleção do material para rejuntamento é feita com base na facilidade de entrega por parte do fornecedor e no custo do mesmo, e não no conhecimento sobre o rejunte a ser utilizado, suas especificações e funções como componente do revestimento cerâmico (JUNGINGER, 2003, p. 2-4).

As manifestações patológicas de revestimentos cerâmicos de fachadas são difíceis de recuperar e requerem para isso custos elevados. Estes custos podem chegar a suplantarem os custos da execução original, já que muitas vezes, quando os problemas manifestam-se visualmente, já há comprometimento da integridade do revestimento (MEDEIROS; SABBATINI, 1999, p. 3). A recuperação se torna onerosa economicamente devido, muitas vezes, à inexistência de dispositivos para fixação dos equipamentos de acesso às fachadas; à necessidade de aluguel e instalação de balancins mais sofisticados, para agilidade dos serviços; à dificuldade de encontrar peças cerâmicas como as utilizadas durante a obra, e à baixa produtividade devido ao uso de pequenas equipes para melhor controle na execução dos serviços (RESENDE, 2004, p. 173; CAMPANTE; SABBATINI, 2001, p. 11).

Embora este tipo de revestimento seja largamente empregado no País, e em praticamente todo o mundo, a incidência de manifestações patológicas é grande e atestam a necessidade de melhorias na evolução tecnológica, principalmente junto à produção das fachadas (MEDEIROS; SABBATINI, 1999, p. 2-3). Outro ponto importante ressaltado por Junginger

(2003, p. 3) é o fato de que inúmeros casos de manifestações patológicas são corrigidos sem que se estabeleçam claramente as causas do fenômeno, tornando-os crônicos. Assim, é necessária a sistematização de fatores que minimizem a possibilidade do surgimento de manifestações patológicas.

Dentre as falhas mais frequentes nos revestimentos cerâmicos de fachadas estão os descolamentos das placas cerâmicas devido à perda de aderência, as trincas, gretamento e fissuras, as eflorescências, o bolor e a deterioração das juntas.

3.4.1 Descolamento de Placas Cerâmicas

Os descolamentos de placas cerâmicas, de acordo com Barros e Sabbatini (2001, p. 27), ocorrem quando há “[...] falhas ou ruptura na interface dos componentes cerâmicos com a camada de fixação ou na interface desta com o substrato, devido às tensões surgidas ultrapassarem a capacidade de aderência das ligações.”. Estas tensões podem ser induzidas aos revestimentos cerâmicos de fachada tanto pela estrutura do próprio edifício como pelas condições ambientais a que estão expostos (CAMPANTE; SABBATINI, 2001, p. 3).

Barros e Sabbatini (2001, p. 28) citam que os principais fatores associados à origem dos descolamentos são as deformações ocorridas na base devido a acomodações do edifício, fluência da estrutura de concreto armado e as variações higrotérmicas e de temperatura. Referem ainda que:

O ritmo de construção atual tem levado a que a fixação dos componentes cerâmicos ocorra num estágio da obra em que o suporte foi recentemente executado, apresentando-se ainda muito úmido, e em consequência disto, as modificações dimensionais devido à acomodação ou a retração do conjunto não foram desenvolvidas completamente.

Além disso, falta de juntas de movimentação; inadequação das argamassas de regularização, assentamento e rejuntamento; preparação deficiente da base e utilização de argamassa colante com prazo de validade vencido ou com o tempo em aberto já ultrapassado, combinados com a variação de umidade podem produzir a concentração de esforços de elevada intensidade (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 28). Medeiros e Sabbatini (1999, p. 2-3) acrescentam ainda a propagação de fissuras ocorridas nas interfaces com a estrutura, preenchimento

inadequado das juntas de assentamento e falta de argamassa de assentamento no verso das placas como causas dos descolamentos das placas cerâmicas em fachadas.

A utilização de argamassa convencional no assentamento dos componentes cerâmicos acentua o problema de descolamentos, já que esta apresenta maior índice de umidade em sua constituição e elevada espessura, uma vez que é a própria argamassa de regularização. Somado a isto, a falta de uma dosagem para este material e de controle do traço no momento de sua produção contribuem para seu baixo desempenho. A argamassa colante, quando o material é de garantida qualidade e respeitou-se o tempo de abertura durante a execução, reduz este problema (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 28-29).

Esta manifestação patológica pode ocorrer através de casos isolados ou em grandes painéis e é observada com maior frequência nos primeiros e últimos pavimentos, provavelmente em função do maior nível de solicitação a que estes estão sujeitos; nas regiões de deslocamentos estruturais mais intensos, como balanços, e nas fachadas mais solicitadas por insolação, devido aos choques térmicos (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 27-28; MEDEIROS; SABBATINI, 1999, p. 2).

Os primeiros sinais da manifestação do descolamento é a ocorrência de som cavo (oco) nas placas cerâmicas, quando percutidas e o estufamento da camada de acabamento, composto por placas cerâmicas e rejunte (CAMPANTE; BAÍA, 2008, p. 88-89). “Os problemas de descolamentos em fachadas são especialmente críticos devido ao risco de acidentes envolvidos na queda de placas ou de partes das camadas.”, afirmam Medeiros e Sabbatini (1999, p. 2).

3.4.2 Trincas, Gretamento e Fissuras

Barros e Sabbatini (2001, p. 29) afirmam que “estes fenômenos caracterizam-se por apresentarem uma perda da integridade da superfície do componente cerâmico, podendo até mesmo levar ao seu descolamento.”. “As manifestações destes problemas podem surgir de maneira generalizada nos painéis revestidos, ou até mesmo, em um único componente cerâmico, em quaisquer direções, horizontal, vertical e/ou diagonal [...]”.

Campante e Baía (2008, p. 90) apresentam uma classificação em função da dimensão da abertura e profundidade:

As trincas são rupturas no corpo da placa cerâmica provocadas por esforços mecânicos, que causam a separação das placas em partes, com aberturas superiores a 1 mm. As fissuras são rompimentos nas placas cerâmicas, com aberturas inferiores a 1 mm e que não causam a ruptura total das placas. O gretamento é uma série de aberturas inferiores a 1 mm e que ocorrem na superfície esmaltada das placas, dando a ela uma aparência de teia aranha.

As possíveis causas atribuídas a estas manifestações patológicas são (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 29):

- a) dilatação e retração do componente cerâmico, que podem ocorrer devido à variação térmica ou de umidade;
- b) deformação estrutural excessiva;
- c) ausência de detalhes construtivos, como juntas de movimentação e pingadeiras nas janelas e platibandas;
- d) retração da argamassa convencional devido à secagem da mesma.

Os problemas de trincas e fissuras, como os descolamentos das placas, são observados, mais frequentemente, nos primeiros e últimos pavimentos dos edifícios. Isso pode ser resultado da falta de especificação de juntas e de detalhes construtivos adequados para as solicitações sofridas por estes pavimentos (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 29).

3.4.3 Eflorescência

A eflorescência caracteriza-se pela formação de depósitos salinos, em grande parte, alcalinos ou alcalinos terrosos, na superfície dos revestimentos, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais constituintes do revestimento ou de sua base. Esta migração ocorre com o movimento da água, por capilaridade, através da porosidade existente nas camadas do revestimento até a superfície do mesmo, onde os sais, após a evaporação da água, cristalizam-se (RESENDE, 2004, p. 46; FIORITO, 1994, p. 118-119).

Para a formação da eflorescência é necessária a existência simultânea de sais solúveis, água para solubilizá-los e pressão hidrostática para que a solução migre para a superfície (RESENDE, 2004, p. 46). Fiorito (1994, p. 46) afirma que “não é exagero dizer que sem água não haverá eflorescência.”. Outros fatores que contribuem para o fenômeno são a alta porosidade dos materiais constituintes do revestimento e a elevação da temperatura, que, além de favorecer a solubilização dos sais, aumenta a velocidade de evaporação da água e, por consequência, da cristalização dos sais. O seu aparecimento, porém, não necessariamente indica seu local de origem, pois os sais podem ser transportados pela água a partir de locais afastados do ponto de ocorrência do problema (JUNGIGER, 2003, p. 121-122).

As formações salinas podem ter caráter pulverulento ou ter a forma de crostas duras e insolúveis em água (JUNGIGER, 2003, p. 121). Este problema apresenta-se, segundo Barros e Sabbatini (2001, p. 30), em diferentes níveis de gravidade, desde uma simples alteração da aparência da superfície onde se deposita, até o descolamento de componentes do revestimento.

Nos revestimentos de fachada, os sais são geralmente inorgânicos como os sulfatos de sódio, de potássio, de cálcio, de magnésio e os carbonatos de sódio e potássio (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 30). Estes sais solúveis podem ser provenientes de vários locais (RESENDE, 2004, p. 46):

- a) argamassas de regularização, assentamento e rejuntamento;
- b) concreto da estrutura;
- c) blocos de concreto ou cerâmicos da base;
- d) placas cerâmicas;
- e) água utilizada na construção;
- f) produtos utilizados na limpeza do revestimento;
- g) gases presentes na atmosfera.

A água, que possibilita a dissolução dos sais e que transporta os mesmos à superfície, pode ter origem na fase de execução (água de amassamento), na infiltração, através de trincas e fissuras no rejuntamento, da água da chuva ou na condensação de vapor da atmosfera dentro das paredes (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 30).

Na maioria dos casos, o fenômeno é visível e de aspecto desagradável, mas em alguns casos específicos pode ocorrer no interior dos corpos, imediatamente abaixo da superfície (JUNGINGER, 2003, p. 121). Os sais da eflorescência podem cristalizar-se dentro dos poros superficiais dos materiais quando, durante seu transporte pela água, sua quantidade aumentar ou ocorrer perda de água. Ocorrendo superficialmente essa cristalização dá origem a eflorescência mais amplamente encontrada e visível. Porém, se ocorrer internamente ao material, dá origem a cripto-eflorescência, a qual é mais difícil de identificar e pode ocasionar a ruptura mecânica dos componentes (JUNGINGER, 2003, p. 121; VERÇOZA, 1991, p. 34).

3.4.4 Bolor

O bolor, quando se desenvolve, causa uma alteração na estética da fachada, com formação de manchas escuras de diferentes cores (RESENDE, 2004, p. 43-44). Cichinelli (2006) caracteriza o bolor como:

Presença de fungos e algas que se proliferam na argamassa de rejunte, causados pelo uso de argamassa de rejunte com porosidade elevada e sem adição de agentes resistentes a esses microorganismos. Em pouco tempo, a fachada, mesmo se bem executada, pode ficar com a estética comprometida, necessitando de manutenção periódica.

A poluição atmosférica possui bactérias, algas e esporos de fungos entre suas partículas constituintes e estes microorganismos podem se desenvolver em vários substratos, inclusive nas argamassas inorgânicas. A ocorrência deste problema está condicionada a elevados teores de umidade e elevadas faixas de temperaturas; extensa faixa de valores de pH; presença de luz e ao cumprimento de exigências nutritivas, como a existência de compostos carbônicos pré-elaborados, fósforo, nitrogênio e traços de ferro, cloro, magnésio, cálcio e outros. Desta forma, nota-se que o desenvolvimento nos revestimentos está relacionado à presença de água, no estado líquido ou gasoso. O que coloca a fachada de edifício como um dos locais mais propícios (RESENDE, 2004, p. 43-45).

3.4.5 Deterioração das Juntas

A deterioração das juntas, apesar de afetar diretamente as argamassas de preenchimento das juntas de assentamento (rejunte) e de movimentação, compromete o desempenho dos revestimentos cerâmicos como um todo, já que estes componentes são responsáveis pela estanqueidade e pela capacidade de absorver deformações. Falhas no rejunte, como o envelhecimento do material e a perda da estanqueidade facilitam a infiltração de água (CAMPANTE; BAÍA, 2008, p. 94).

A perda da estanqueidade pode apresentar-se logo após a execução do rejuntamento, sendo que, a limpeza do revestimento com produtos inadequados pode causar deterioração do material de rejuntamento e aumento da porosidade superficial do mesmo. Isto, somado aos agentes atmosféricos agressivos e as solicitações mecânicas por movimentações estruturais, causam as manifestações patológicas, apresentando fissuras, trincas e inevitáveis infiltrações de água (CAMPANTE; BAÍA, 2008, p. 94; RESENDE, 2004, p. 173).

4 REJUNTE

O rejunte é o material de preenchimento das juntas de assentamento, que são os espaços entre as placas cerâmicas. Em função da dimensão destas juntas pode-se utilizar pastas de cimento (cimento e água), praticado principalmente em pequenas construções, e argamassas (cimento, areia e água), que podem ser industrializadas ou não e as quais são o foco deste trabalho. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria dos Produtos de Cimento (2008), argamassa de rejuntamento industrializada é uma mistura de cimento Portland e outros componentes homogêneos e uniformes, como areia, aditivos, pigmentos e outros aglomerantes minerais, dosados conforme a natureza da utilização e do tipo de acabamento.

Existem vários materiais que podem ser utilizados para rejuntamento, os mais comuns são (RESENDE; JUNGINGER, 2001, p. 6; JUNGINGER, 2003, p. 21-33):

- a) nata de cimento com adições: tem baixa capacidade de retenção de água e alta rigidez. Por apresentar grande potencial de retração é utilizada apenas para juntas estreitas, porém seu uso deve ser evitado;
- b) argamassa de cimento e areia: pouco usada hoje em dia, apresenta baixa trabalhabilidade, baixa capacidade de retenção de água e rigidez elevada;
- c) rejuntamento cimentício industrializado: é um produto pré-fabricado, composto de cimento, areia, agregados, corantes e outros aditivos que têm por objetivo melhorar o desempenho das juntas em diversos fatores como aderência, porosidade, resistência mecânica, limpabilidade, retração, absorção de água etc. Os rejuntas cimentícios podem ser:
 - monocomponentes: apresentam uma parte em pó que necessita apenas de adição de água. Esta parte em pó já contém os aditivos na sua formulação;
 - bicomponentes: apresentam uma fração granular em pó seca e outra parte na forma de emulsão aquosa (aditivo líquido). A mistura é efetuada na hora da utilização;
- d) rejuntamentos à base orgânica: mais utilizados em ambientes sujeitos à ação de produtos químicos. Possui propriedades muito superiores em relação aos produtos cimentícios, porém necessita de mão-de-obra especializada, pois é de aplicação mais complexa e tem um custo elevado. Formada por dois componentes pré-dosados que formam uma pasta homogênea quando misturados (selantes elastoméricos, resinas epóxi, resinas furânicas).

As funções mais importantes da argamassa de rejuntamento são (JUNGINGER, 2003, p. 36-63):

- a) auxiliar no desempenho estético do revestimento;
- b) estabelecer regularidade superficial;
- c) compensar variações de bitola e facilitar assentamento de placas;
- d) vedar o revestimento cerâmico;
- e) permitir difusão de vapor de água;
- f) proporcionar alívio de tensões;
- g) otimizar aderência das placas.

As juntas de assentamento são inevitáveis no revestimento cerâmico devido ao seu caráter modular, assim a coloração, a textura e o acabamento homogêneo do rejunte são fundamentais para a aparência final do revestimento. A função de auxiliar no desempenho estético está relacionada às características do rejunte de manter sua cor e ter resistência aos microorganismos.

Outra função, estabelecer a regularidade superficial, se torna importante para não haver o acúmulo de sujidades nas juntas. No caso de revestimentos cerâmicos de pisos, onde são indesejadas as reentrâncias das juntas, já que essas podem deixar as bordas das placas expostas a danos, se faz necessária esta regularidade.

As placas cerâmicas possuem variações dimensionais e as juntas devem absorver de maneira imperceptível essas variações, proporcionando efeito de modularidade. As juntas precisam ter largura suficiente para acomodar as variações das placas sem deixá-las evidente. Além disso, a presença das juntas facilita o próprio manuseio das peças durante o assentamento, possibilitando pequenos ajustes e alinhamento individual.

Como material de enchimento das juntas, o rejunte tem por função evitar a passagem de agentes deletérios para trás do revestimento ou, em outras palavras, tem a função de vedar o revestimento cerâmico. Assim o rejunte deve evitar a passagem de água líquida proveniente da chuva, que pode levar ao surgimento de manchas provenientes de lixiviação, danos por ciclos de secagem/umedecimento e outras patologias. O acesso da água limita-se a quatro

pontos, sendo que pelo corpo da placa cerâmica a água raramente infiltrará, a não ser em caso de defeito no produto:

- a) por juntas não preenchidas ou mal preenchidas;
- b) por fissuras entre a junta e a placa cerâmica;
- c) por fissuras no rejunte;
- d) através do corpo do rejunte.

Uma das propriedades das vedações e seus respectivos acabamentos é serem permeáveis ao vapor da água, contribuindo para o equilíbrio higrométrico entre dois ambientes distintos. Quando um revestimento cerâmico é aplicado, grande parte da área revestida torna-se totalmente impermeável ao vapor e à água líquida, pelo próprio fato de que as placas o são. O único local que pode ser permeável ao vapor é o rejunte entre as placas. O duplo comportamento de impermeabilidade à água líquida e permeabilidade ao vapor é desejável na prática, mas só é conseguido com o uso de materiais que não sejam demasiadamente compactos ou duros e que não sofram fissuras de retração.

Pelo fato de o revestimento cerâmico ser composto de elementos diversos (rejunte, placas cerâmicas, argamassa adesiva e substrato), é certo supor que cada um deles apresente também propriedades distintas. Dessa forma, qualquer movimentação originada em algum deles será transmitida aos demais através dos seus pontos de interligação. O rejunte deve ser capaz de suportar as tensões e dissipá-las, para não ocorrer defeitos no revestimento devido à concentração dessas tensões.

As placas cerâmicas, por exemplo, tendem a se movimentar segundo as variações de temperatura e umidade do ambiente e caberá ao rejunte possibilitar que elas trabalhem individualmente, acomodando qualquer deformação imposta à camada externa do conjunto aderido. Além da movimentação das placas, o rejunte deve ser capaz de suportar os esforços provenientes da base, proporcionando um alívio para o acúmulo natural de tensões sobre o revestimento cerâmico.

A aderência do rejunte às placas cerâmicas pode ser mecânica e/ou química e é influenciada pela compatibilidade dos materiais utilizados, técnica de aplicação e limpeza das juntas. A falta de aderência rejunte/placa pode abrir precedentes para a entrada de diversos agentes

nocivos ao revestimento, sendo essa preocupação particularmente importante para o caso do assentamento em fachadas. Assim sendo, é fundamental que as juntas estejam isentas de poeira e outros contaminantes que possam prejudicar a área de contato do rejunte com as placas.

Caso o rejunte seja aplicado a placas com absorção elevada e não possua adequada capacidade de retenção de água, pode haver uma falha na aderência, sendo a água absorvida muito rapidamente sem arrastar consigo os componentes da pasta e a ancoragem mecânica, que se dá pela penetração da pasta e sua cristalização no interior dos poros da placa, não ocorre. Por outro lado, caso a placa tenha absorção muito baixa, a pasta não será absorvida adequadamente. Nos dois casos serão necessários aditivos que proporcionem aderência química.

Para que as juntas cumpram adequadamente suas funções o material de rejuntamento, como citam Resende e Junginger (2001, p. 5), deve:

1. Ser resiliente, ou seja, deve ser capaz de variar de tamanho sob tensão e retornar ao estado original sem perda de desempenho;
2. Ter boa trabalhabilidade, de modo que proporcione preenchimento total das juntas sem grande trabalho;
3. Ter boa aderência e baixa retração, de modo a evitar formação de fissuras e ficar perfeitamente aderido à lateral das placas cerâmicas;
4. Manter ou aumentar a aderência das placas com o substrato, servindo de ponte entre as bordas das placas e a argamassa adesiva;
5. Ter resiliência mecânica adequada ao local em que será instalado;
6. Ter resistência à ação de agentes deletérios, como fungos, umidade, produtos químicos e outros específicos ao local de aplicação;
7. Manter suas características originais de cor, textura e odor ao longo de sua vida útil.

O rejunte também deve ser de fácil aplicação, uma vez que as condições de trabalho em fachadas são adversas, com presença de vento e dificuldades de acesso (LOTURCO, 2006). Além disso, deve ser de fácil limpeza, podendo ser limpo com os mesmos produtos e mesma facilidade que as placas cerâmicas (GEROLLA, 2007).

Hoje, com a disponibilidade no mercado de materiais específicos para rejuntamento é muito mais vantajosa a utilização destes do que a produção do rejunte na obra. Além da facilidade de preparação da mistura, que só necessita da adição de água na hora da utilização, possuem a vantagem de apresentar, em tese, dosagem controlada e uniforme. Os rejuntes industrializados já trazem incorporadas à sua composição as adições que permitem elevar seu desempenho. Propriedades como estabilidade de cor, resistência a manchas, retração, absorção de água, resistência de aderência, flexibilidade, potencial de fissuração e resistência a microorganismos podem ser melhoradas com a incorporação de aditivos nos rejuntes (BARROS; SABBATINI, 2001, p. 25; JUNGINGER, 2004, p. 21).

Resende e Junginger (2001, p. 7) citam que “Dentre os vários componentes que constituem as argamassas de rejuntamento, cada um deles possui suas próprias funções específicas.”, como é apresentado no quadro 1.

Constituinte	Função
Cimento	Proporcionar resistência mecânica.
Agregados	Evitar a formação de fissuras ocasionadas pela saída da água de hidratação e pela retração do cimento. Dependendo do tipo, podem reagir com o cimento e contribuir para a resistência final. Proporcionar um esqueleto para a argamassa, melhorando sua trabalhabilidade e proporcionando-lhe um corpo firme. Devem ter sua distribuição granulométrica muito bem controlada e variam conforme o tamanho da junta a que se destinam.
Aditivos à base de celoluse	Reter água necessária à hidratação do cimento, possibilitando cura adequada e conferindo um maior tempo de vida à argamassa.
Polímeros em pó (resinas)	Otimizar a aderência, proporcionando adesão química. Aumentar a flexibilidade e diminuir o módulo de deformação. Melhorar a trabalhabilidade. Aumentar a retenção de água e aumentar o tempo de pega do cimento (envolvimento das partículas de cimento). Diminuir a absorção de água. Aumentar a resistência à abrasão e à tração.

Quadro 1: funções dos componentes do rejuntamento
(RESENDE; JUNGINGER, 2001, p. 7)

5 ENSAIOS

5.1 MÉTODO DO CACHIMBO

Polisseni (1986, p. 80) afirma que “O objetivo do método é a determinação em laboratório ou *in loco* da avaliação da capacidade impermeabilizante ou de repelência à água de um revestimento de parede, medida através da sua propriedade de absorção d’água.”.

O método do cachimbo é simples, podendo ser levado ao canteiro de obra para completar, assim, o ensaio de estanqueidade à água realizado em laboratório. Um revestimento pode ser considerado impermeável em laboratório, onde as condições de ensaio são controladas, e, por diversas razões, como a sua má aplicação, modificações da qualidade do produto devido ao longo tempo de estocagem, mau acondicionamento no canteiro de obras ou até mesmo o envelhecimento natural, provocado pelas condições de exposição do edifício, não ser mais capaz de impermeabilizar (POLISSENI, 1986, p. 2-3). Segundo Polisseni (1986, p. 84) no canteiro de obra nenhuma avaliação de capacidade impermeabilizante do revestimento aplicado é realizada, sendo a verificação apenas visual pra aceitação do serviço. O quadro 2 confronta algumas diferenças entre a realidade de laboratório e a de canteiro de obra, as quais são muito diferentes quanto à realização dos ensaios de desempenho.

Segundo Polisseni (1986, p. 83) as principais aplicações do Método do Cachimbo são:

- i) avaliação da capacidade impermeabilizante de um revestimento de parede, comparando resultados de ensaios obtidos no laboratório e no canteiro de obras;
- ii) avaliação da durabilidade dos revestimentos de parede relacionado com a sua capacidade impermeabilizante;
- iii) comparação da eficácia inicial relativa à capacidade impermeabilizante entre produtos de revestimentos de parede existentes no mercado.

Polisseni (1986, p. 85) afirma que “O resultado do Método do Cachimbo (impermeabilidade) medido no canteiro de obras permite avaliar a qualidade do produto de revestimento de parede efetivamente colocado.”.

Realidade do Laboratório	Realidade do Canteiro de Obras
o número de corpos-de-prova revestido e ensaiado é pequeno	grandes superfícies de paredes são revestidas
normalmente o corpo-de-prova é confeccionado por um só operário	o edifício é construído por uma equipe de operários (variabilidade de mão-de-obra)
o material que será utilizado como revestimento não sofre estocagem, pois normalmente logo que chega ao laboratório é utilizado no ensaio	grandes quantidades de materiais a serem utilizados como revestimento ficam estocados por longos períodos
o corpo-de-prova que será ensaiado fica protegido no laboratório do sol, chuva e vento	o revestimento do edifício tão logo está aplicado, está exposto ao intemperismo
o ensaio é realizado logo após a cura do corpo-de-prova	o revestimento do edifício fica exposto anos a ação dos agentes de degradação do meio ambiente

Quadro 2: confronto entre a realidade da execução do ensaio de estanqueidade realizado no laboratório e no canteiro de obras (POLISSENI, 1986, p. 85)

O ensaio é realizado através de um cachimbo de vidro, graduado, confeccionado conforme recomendações do *Centre Scientifique et Technique de La Construction* (figura 6).

Polisseni (1986, p. 82) apresenta os procedimentos para realização do ensaio:

A realização do ensaio de absorção d'água de um revestimento de parede pelo Método do Cachimbo passa pelas seguintes fases:

- i) modelar com as mãos uma porção do mastique (forma aproximadamente cilíndrica) e envolver o bordo do cachimbo de vidro;
- ii) fixar o cachimbo de vidro na parede revestida, comprimindo-o contra a mesma;
- iii) com o auxílio da pisseta plástica, encher o cachimbo com água potável até a referência do nível zero;
- iv) com o auxílio do cronômetro efetuar e registrar, quando houver, as leituras da diminuição do nível de água após os tempos de 5, 10 e 15 minutos.

Polisseni (1986, p. 80) explica que “A medida da absorção d'água de um revestimento é realizada sobre uma pressão de água inicial de 92 mm, que corresponde à ação estática de um vento com velocidade de aproximadamente 140 km/h [...]” (POLISSENI, 1986, p. 80).

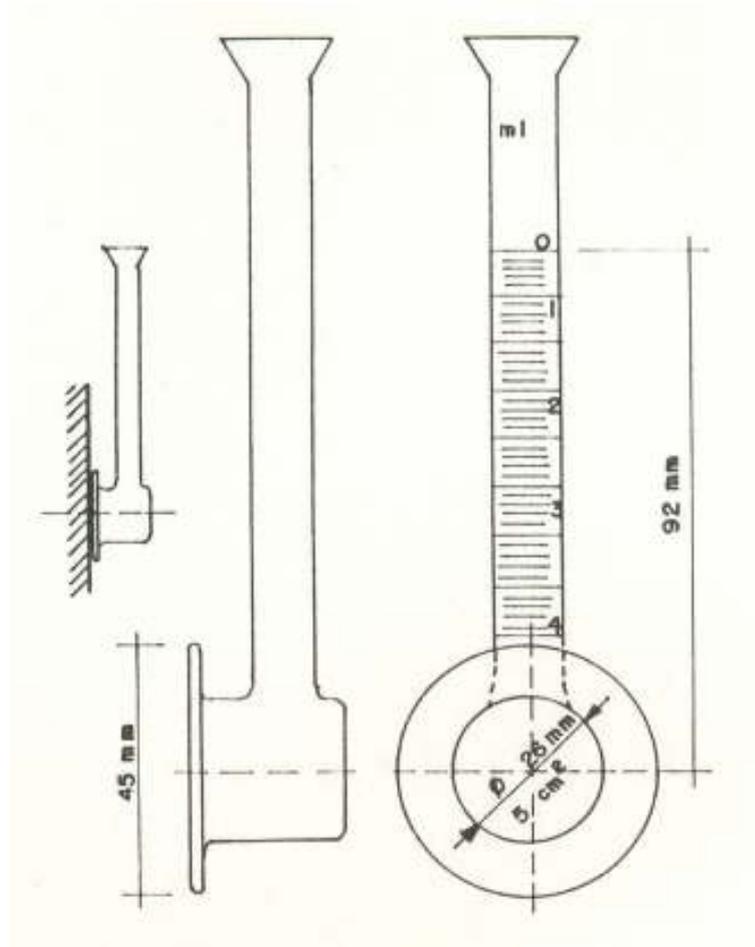


Figura 6: cachimbo de vidro conforme especificações do *Centre Scientifique et Technique de la Construction* – CSTC (POLISSENI, 1986, p. 81)

5.2 ENSAIO DE PERMEABILIDADE EM LABORATÓRIO

Segundo a NBR 14992 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 15), o ensaio para determinação de permeabilidade de corpos-de-prova de argamassa para rejuntamento deve ser realizado, em laboratório, com a temperatura do ar de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $(60 \pm 5)\%$. Para execução do ensaio é utilizado uma espátula metálica, fôrmas cúbicas de metal com 50 mm de aresta, uma coluna de vidro com diâmetro interno de base de (28 ± 2) mm e altura máxima de $(200 \pm 0,1)$ mm (figura 7) e um soquete metálico.

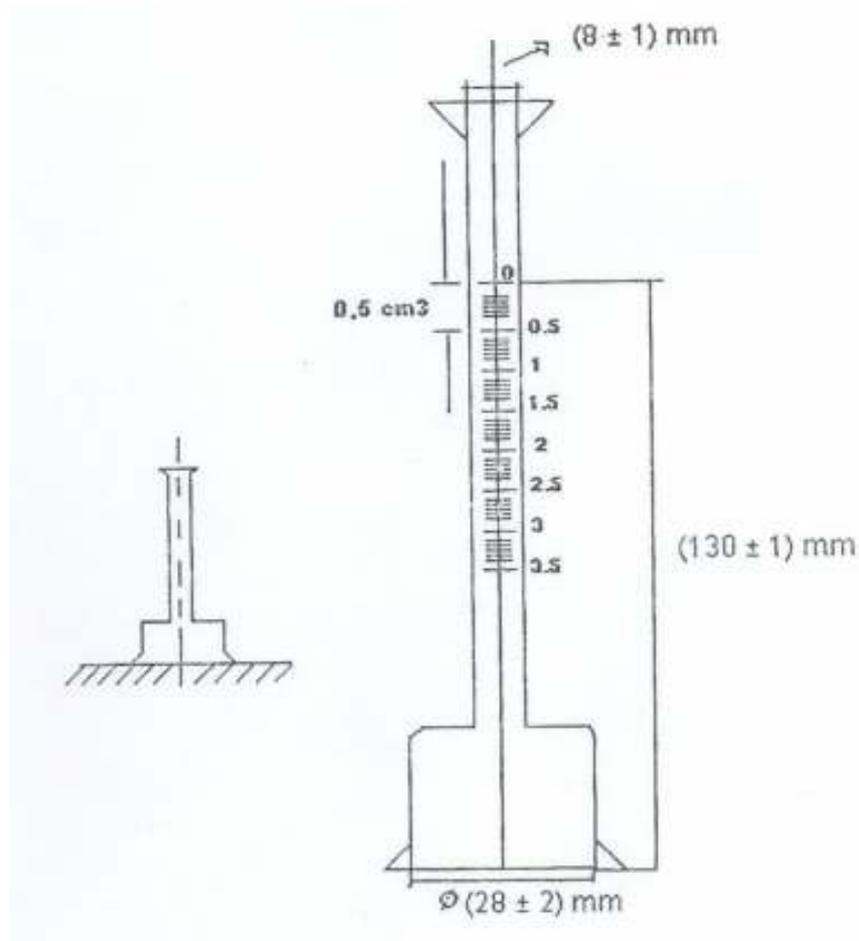


Figura 7: coluna de vidro conforme NBR 14992
(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003)

Primeiramente, é feita a mistura da argamassa de rejuntamento utilizando uma porção de 2,5 kg de argamassa e água de acordo com as indicações do fabricante. Verte-se a água no fundo do recipiente de mistura e coloca-se o material seco sobre o líquido de modo contínuo, registrando a hora da adição. A mistura permanece em repouso por 30 s e é ligado o misturador mecânico na velocidade baixa, misturando durante 30 s. Retirar a pá de mistura e reunificar a amassada em um intervalo de 60 s, raspando toda a superfície interna do recipiente. Após, recolocar a pá e misturar por mais 60 s. Por último, deixar o material em maturação, de acordo com o tempo indicado pelo fabricante, se houver, ou adotar 15 min e em seguida ligar o equipamento e misturar por mais 15 s. A mistura resultante deve ser trabalhável e estar livre de grumos, apresentando aspecto homogêneo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 5).

Após um tempo máximo de 15 min, iniciar o ensaio que é feito de acordo com as seguintes etapas, conforme descreve a NBR 14992 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 15-16):

- a) aplicar fina camada de óleo mineral nas faces internas das fôrmas;
- b) moldar os corpos-de-prova sobre uma base nivelada e livre de choques e vibrações. A moldagem é feita em duas camadas, aplicando 25 golpes, em 15 s, em cada uma delas com a espátula na posição vertical e mais 5 golpes em cada face com o soquete, após a colocação da última camada;
- c) retirar o excesso de material das superfícies superiores dos moldes;
- d) elevar um lado transversal da fôrma aproximadamente 3 cm e soltá-la por dez vezes, repetindo a operação no lado oposto, para adensar melhor a mistura;
- e) manter os corpos-de-prova nas formas por (48 ± 2) h, contadas a partir da adição do material na água;
- f) desformar os corpos-de-prova e mantê-los sob as condições iniciais de temperatura e umidade relativa até a data do ensaio, aos 28 dias de idade;
- g) sob a face que não teve contato com o molde, afixar a coluna de vidro, mediante um selante apropriado;
- h) afixar também uma coluna de vidro sobre uma placa de vidro, para servir de testemunho;
- i) introduzir água destilada ou desmineralizada, em no máximo 10 s no tubo de vidro até a graduação zero, registrando a hora de início da medição e as alturas aos 60 min, 120 min, 180 min e 240 min;
- j) o resultado é o valor lido no corpo-de-prova, descontando o valor lido no testemunho no mesmo tempo. Calcular e registrar a média dos resultados individuais, em centímetros cúbicos. Para cada amostra deverão ser ensaiados no mínimo três corpos-de-prova.

No relatório de ensaio deve-se indicar as características do material submetido a ensaio (tipo, cor, lote ou data de fabricação), a marca comercial do produto e fabricante, proporção de água em relação ao material anidro, idade dos corpos-de-prova e os resultados individuais e média aos 240 min (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p.16).

O ensaio de permeabilidade caracterizará o material de rejuntamento como Tipo I ou Tipo II, de acordo com o quadro 3. A NBR 14992 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 2) descreve:

Rejuntamento tipo I:

Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas as seguintes condições:

- a) aplicação restrita aos locais de trânsito de pedestres/transeuntes, não intenso;
- b) aplicação restrita a placas cerâmicas com absorção de água acima de 3% (grupos II e III – segundo a NBR 13817¹);
- c) aplicação em ambientes externos, piso ou parede, desde que não excedam 20 m² e 18 m², respectivamente, limite do qual são exigidas as juntas de movimentação, segundo NBR 13753² e NBR 12755³).

Rejuntamento tipo II:

Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas para uso em ambientes internos e externos, desde que observadas as seguintes condições:

- a) todas as condições do tipo I;
- b) aplicação em locais de trânsito intenso de pedestres/transeuntes;
- c) aplicação em placas com absorção inferior a 3% (grupo I – segundo a NBR 13817);
- d) aplicação em ambientes externos, piso ou parede, de qualquer dimensão, ou sempre que se exijam as juntas de movimentação;
- e) ambientes internos ou externos com presença de água estancada (piscinas, espelhos d'água etc.).

Anexos	Método/propriedade	Unidade	Idade de ensaio	Tipo I	Tipo II
B	Retenção de água	Milímetro (mm)	10 min	≤ 75	≤ 65
C	Variação dimensional	Milímetro por metro (mm/m)	7 dias	≤ 2,00	≤ 2,00
D	Resistência à compressão	Megapascal (MPa)	14 dias	≥ 8,0	≥ 10,0
E	Resistência à tração na flexão	Megapascal (MPa)	7 dias	≥ 2,0	≥ 3,0
F	Absorção de água por capilaridade aos 300 min	Gramas por centímetro quadrado (g/cm ²)	28 dias	≤ 0,6	≤ 0,3
G	Permeabilidade aos 240 min	Centímetros cúbicos (cm ³)	28 dias	≤ 2,0	≤ 1,0

Quadro 3: tipos de argamassa para rejuntamento e requisitos mínimos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 3)

¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13817**: placas cerâmicas para revestimento - classificação. Rio de Janeiro, 1997.

² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13753**: revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

³ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

6 DESENVOLVIMENTO, APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 ENSAIOS EM OBRA

Foram avaliadas, quanto a estanqueidade, as fachadas em 10 obras de 9 construtoras diferentes da cidade de Porto Alegre. Todas as obras executaram o revestimento da mesma forma, todas se situavam na mesma região da cidade, entre as avenidas Carlos Gomes e Goethe e as avenidas Protásio Alves e Cristóvão Colombo, com mesmas condições ambientais e de vizinhança. Os ensaios em obra, utilizando o Método do Cachimbo, foram realizados da seguinte forma:

- a) procurava-se a fachada mais desfavorável em relação à insolação (norte ou oeste), porém, devido à dificuldade de acesso, nem sempre era possível realizar o ensaio na fachada mais exposta ao sol e nem utilizar a mesma fachada em todas as obras. Deste modo, a escolha da fachada ficava restrita ao acesso a ela;
- b) utilizando silicone incolor, eram fixados 3 cachimbos em um pavimento inferior, algumas vezes foi possível a fixação de 4 cachimbos, devido ao tempo disponibilizado para o ensaio ou o tamanho da área escolhida (figura 8);



Figura 8: vista geral dos cachimbos e detalhe de seu posicionamento

- c) esperava-se uma hora para secagem do silicone;
- d) enchiam-se os cachimbos com água até a marca zero da graduação;
- e) eram registrados, nos tempos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos a diminuição do nível de água em mL, de acordo com a graduação do cachimbo, representando a absorção de água do rejunte;
- f) repetia-se o mesmo processo para um pavimento superior, de preferência o último pavimento, cobertura ou casa de máquinas, onde a incidência de ventos é maior.

Os resultados dos ensaios são apresentados em gráficos contendo as absorções individuais dos cachimbos, junto à descrição das obras na sequência do texto, e em uma tabela com todos os dados, detalhadamente, no apêndice A. Um registro fotográfico das visitas em obras encontra-se no apêndice C.

O ensaio na **Obra 1**, edifício residencial de alto padrão com 12 pavimentos, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

- a) revestimento cerâmico (figura 9):
 - placas cerâmicas: mosaico acetinado, dimensões 5x15 cm, cor tijolo;
 - argamassa de rejuntamento: rejunte flexível, **fabricante A**, cor cinza claro;
 - tamanho das juntas: 5 mm;
 - tempo decorrido do final da execução: 4 meses;
- b) ensaio (figuras 10 e 11):
 - orientação da fachada: nordeste (lateral esquerda);
 - pavimentos de fixação dos cachimbos: 2º pavimento e casa de máquinas;
 - temperatura: 27° C (sol).



Figura 9: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 1

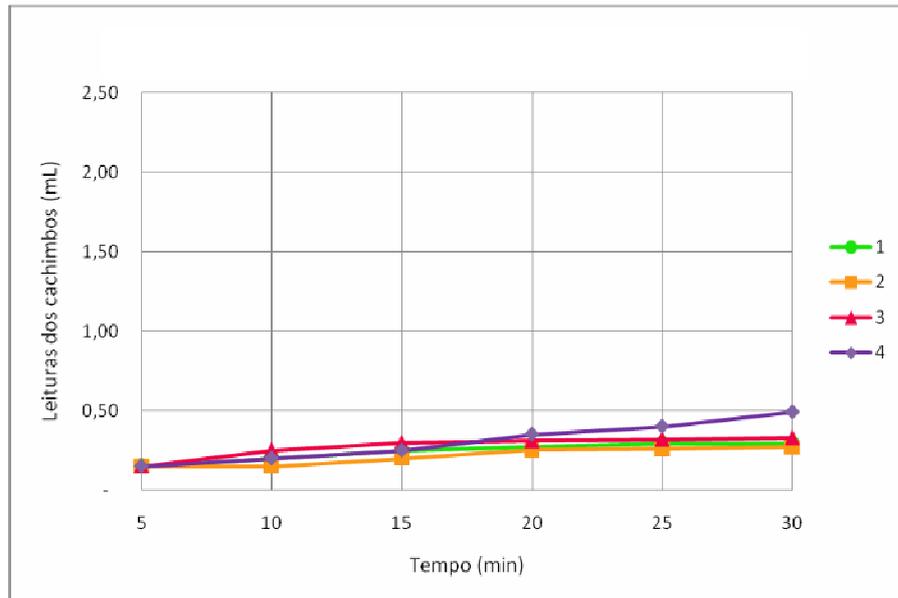


Figura 10: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 1

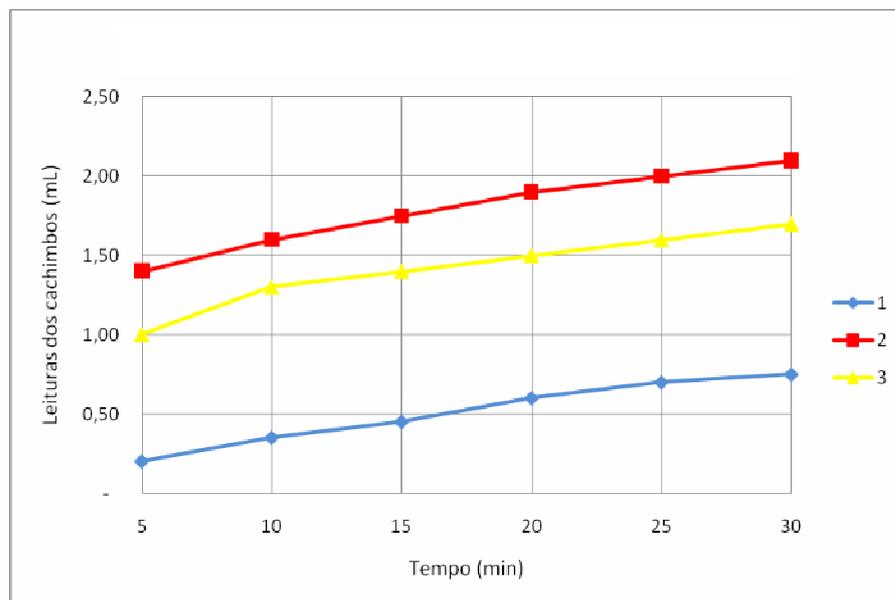


Figura 11: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 1

O rejuntamento na Obra 1 estava muito bem executado, poucas falhas eram visíveis. O revestimento havia sido concluído recentemente, sendo observadas poucas fissuras no rejunte, somente algumas falhas na aderência com a placa cerâmica ou bolhas devido a evaporação da água, mas nenhum sinal de degradação ou envelhecimento. A absorção foi baixa para todas as

repetições, tendo sido observado somente em dois cachimbos absorções superiores a 1 mL aos 30 minutos de ensaio.

O ensaio na **Obra 2**, edifício residencial de alto padrão com 17 pavimentos, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 12):

- placas cerâmicas: pastilhas esmaltadas, dimensões 5x5 cm, cor azul escuro e gelo;
- argamassa de rejuntamento: argamassa colante ACII (mesma argamassa utilizada para assentar e rejuntar), **fabricante B**, cor cinza claro;
- tamanho das juntas: 3 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 4 meses;

b) ensaio (figuras 13 e 14):

- orientação da fachada: nordeste (lateral esquerda);
- pavimentos de fixação dos cachimbos: pavimento térreo e casa de máquinas;
- temperatura: 21°C (sol).



Figura 12: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 2

Na Obra 2, apesar de o rejuntamento não ter sido executado com o produto correto, sendo utilizado para tal a argamassa colante das placas cerâmicas, a qual não tinha indicações do fabricante para o uso como rejunte, não havia falhas aparentes nas juntas. Algumas fissuras de retração puderam ser identificadas, mas o rejuntamento foi bem executado e estava com boa aparência e sem bolhas. A aplicação da argamassa foi feita como a dos rejuntos. Primeiramente eram assentadas as placas cerâmicas e alguns dias depois, no mínimo 3, era realizado o preenchimento das juntas. A absorção foi baixa tanto no pavimento inferior como no superior, não tendo absorções maiores que 2 mL.

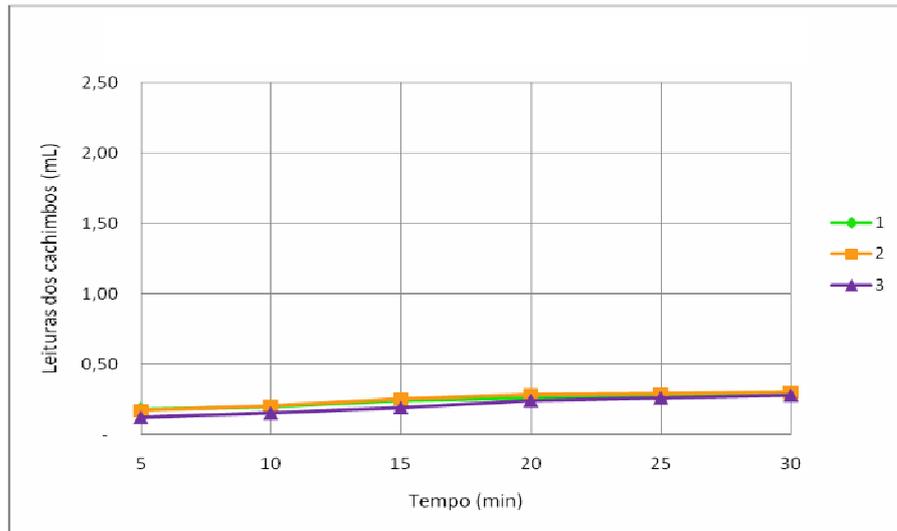


Figura 13: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 2

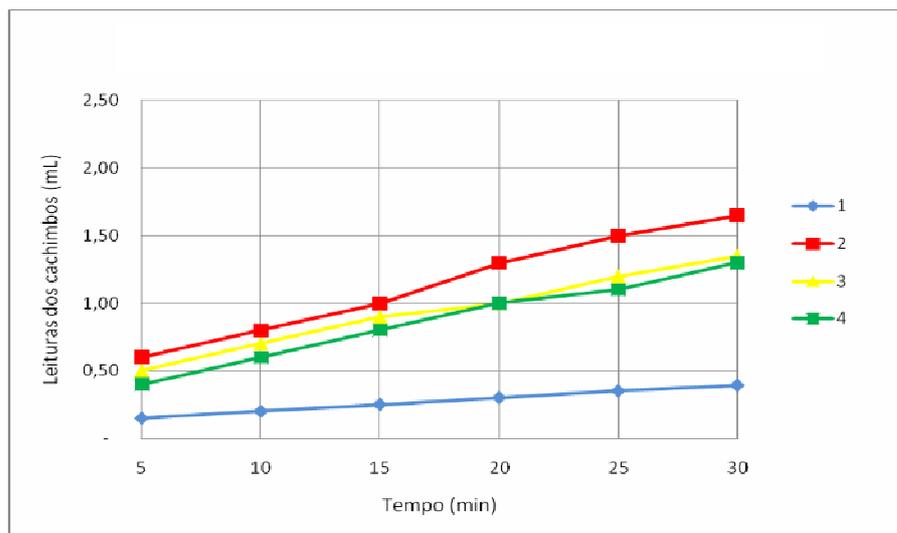


Figura 14: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 2

O ensaio na **Obra 3**, edifício residencial de padrão médio com 8 pavimentos e subsolo, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 15):

- placas cerâmicas: pastilhas esmaltadas, dimensões 5x5 cm, cor azul escuro;
- argamassa de rejuntamento: argamassa para assentamento e rejuntamento simultâneo de pastilhas cerâmicas, **fabricante C**, cor cinza escuro;
- tamanho das juntas: 3 mm;

- tempo decorrido do final da execução: 12 meses, da cobertura até o segundo pavimento, e 1 mês, no térreo;

b) ensaio (figura 16 e 17):

- orientação da fachada: leste (frontal) no pavimento superior e fachada norte (lateral direita) no pavimento inferior;
- pavimentos de fixação dos cachimbos: pavimento térreo e casa de máquinas;
- temperatura: 30°C (nublado).

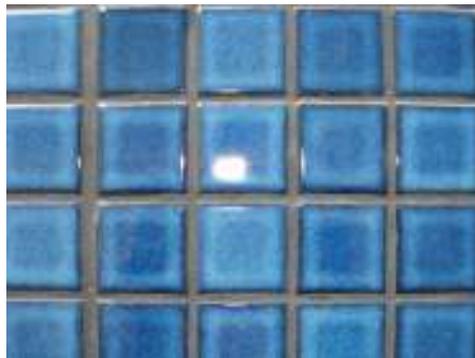


Figura 15: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 3

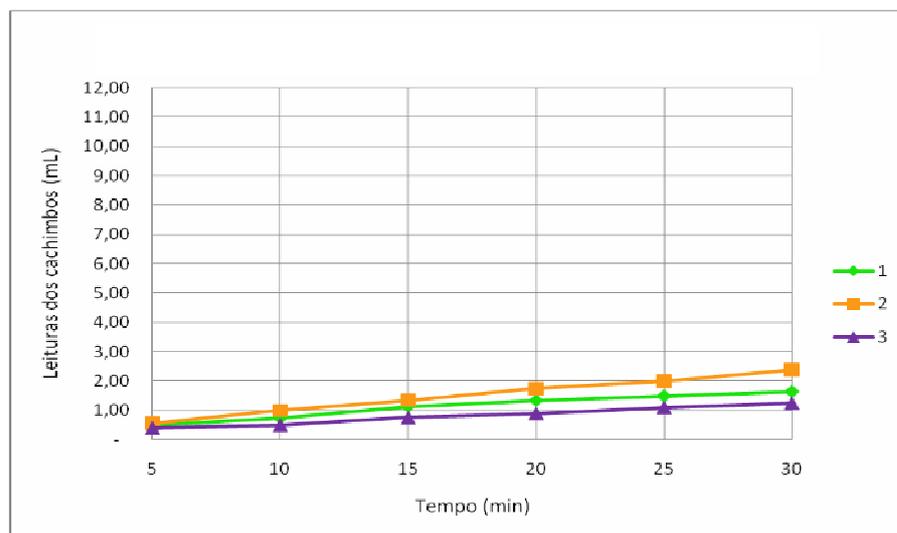


Figura 16: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 3

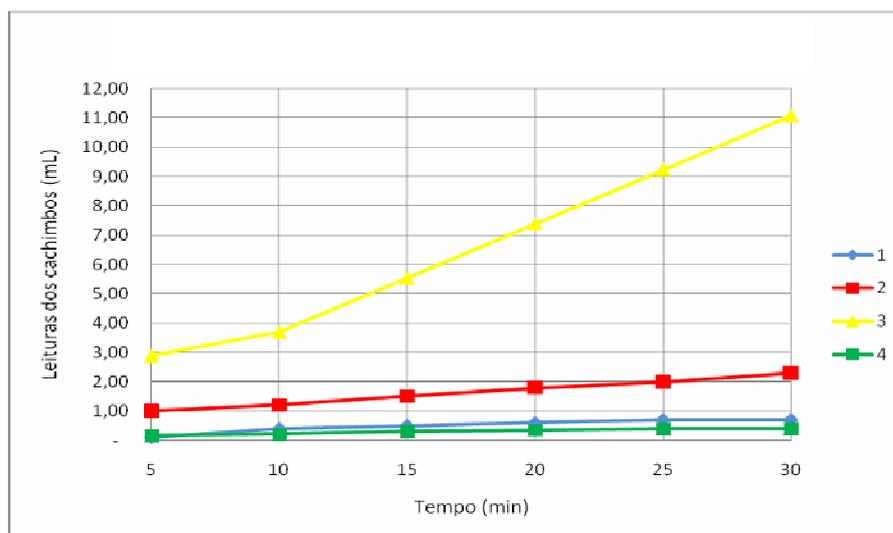


Figura 17: absorção de água medida pelo Método do cachimbo no pavimento superior da Obra 3

A Obra 3 apresentava diferenças nas datas de aplicação do rejunte entre os pavimentos observados de 1 ano. Esta diferença podia ser notada na aparência das juntas. O rejunte do pavimento superior, que tinha maior tempo de exposição, apresentava muitas fissuras, tanto na interface das placas com as juntas como no próprio rejunte. Era visível também a perda de coloração da argamassa de rejuntamento no pavimento superior, o que, no pavimento inferior, não ocorria. Apesar do observado envelhecimento do rejunte, este havia sido bem executado, sem falhas ou bolhas. A absorção nos diferentes pavimentos não foi muito diferente, tendo havido somente uma grande absorção, de 11 mL, no pavimento superior. O cachimbo que apresentou esta absorção havia sido fixado em uma das fissuras encontradas no rejunte.

A graduação dos cachimbos de vidro inicia em zero e termina em 4 mL. Ocorreu que, em algumas obras, a absorção foi maior do que a máxima graduação antes dos 30 minutos de ensaio. Foi, então, para não ocorrer discrepância nos dados coletados, medido o volume total dos cachimbos – 20 mL – e, quando a absorção era maior do que 4 mL, se registrava, aos 30 minutos, o quanto do volume total do cachimbo havia sido absorvido. Considerando que a velocidade de absorção era constante, se fazia a distribuição do volume absorvido nos tempos de interesse, partindo da última medida dentro da graduação.

O ensaio na **Obra 4**, edifício residencial de alto padrão com 16 pavimentos e 2 subsolos, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 18):

- placas cerâmicas: pastilhas esmaltadas, dimensões 5x5 cm, cor branco;
- argamassa de rejuntamento: argamassa colante para assentamento e rejuntamento de pastilhas cerâmicas, **fabricante D**, cor branco;
- tamanho das juntas: 3 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 12 meses;

b) ensaio (figura 19 e 20):

- orientação da fachada: leste (fundos);
- pavimentos de fixação dos cachimbos: pavimento térreo e casa de máquinas;
- temperatura: 23°C (nublado).



Figura 18: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 4

Na Obra 4 o rejuntamento não apresentava muitas falhas no pavimento inferior. No pavimento superior, porém, havia bastante fissuras e bolhas nas juntas. A absorção que mais se destacou, 5,4 mL, foi registrada no cachimbo fixado em uma dessas fissuras.

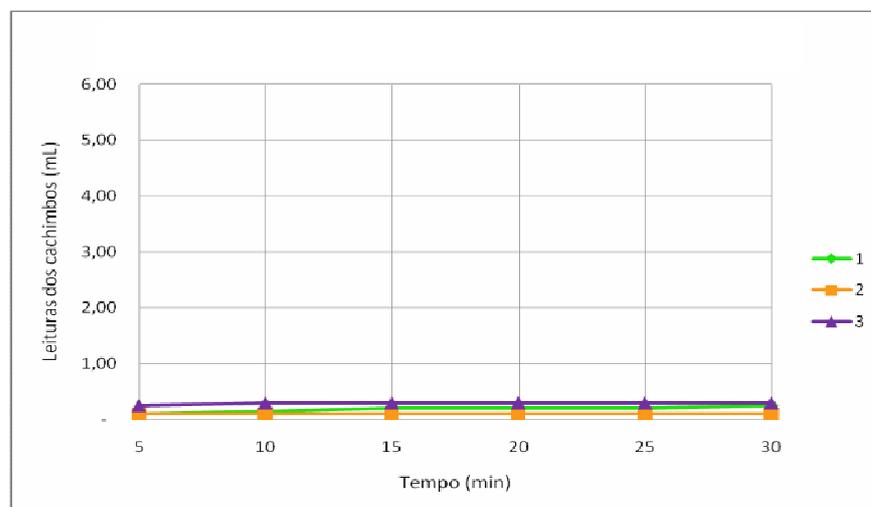


Figura 19: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 4

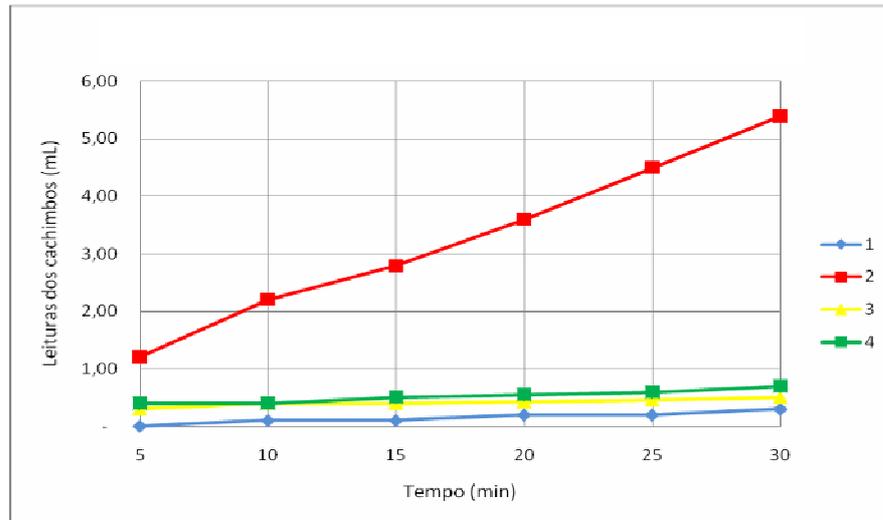


Figura 20: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 4

O ensaio na **Obra 5**, edifício residencial de alto padrão com 15 pavimentos, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 21):

- placas cerâmicas: pastilhas esmaltadas, dimensões 5x5 cm, cor gelo;
- argamassa de rejuntamento: rejunte flexível, **fabricante C**, cor gelo;
- tamanho das juntas: 3 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 3 meses;

b) ensaio (figuras 22 e 23):

- orientação da fachada: nordeste (lateral esquerda) no pavimento superior e fachada sudoeste (lateral direita) no pavimento inferior;
- pavimentos de fixação dos cachimbos: 3º pavimento e casa de máquinas;
- temperatura: 24°C (nublado).



Figura 21: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 5

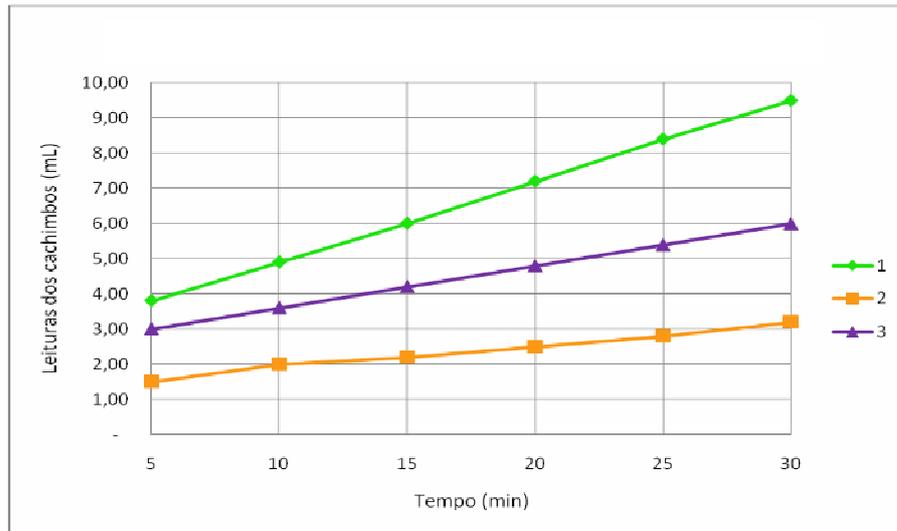


Figura 22: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 5

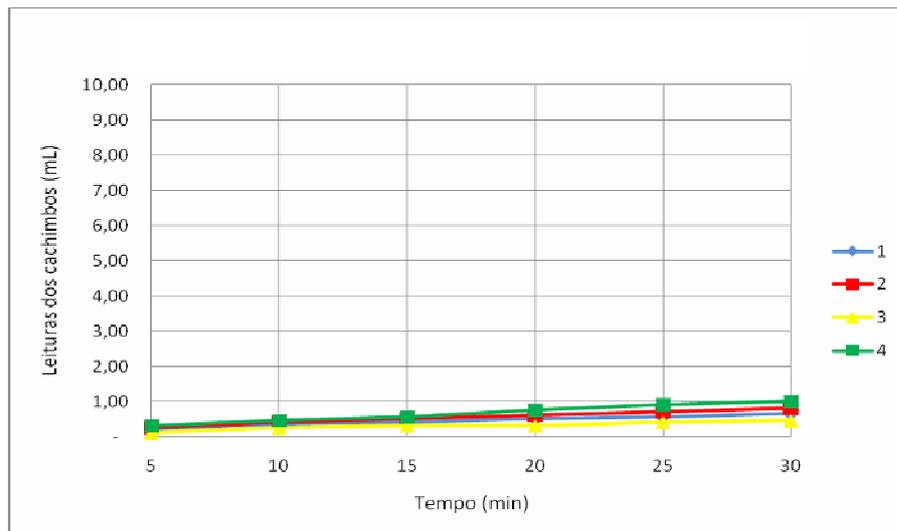


Figura 23: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 5

O rejuntamento da Obra 5 era, visivelmente, bem feito, sem grandes fissuras ou bolhas. O ensaio, porém, se destacou pelos resultados obtidos terem sido completamente diferentes dos registrados nas outras obras. No pavimento inferior ocorreu uma absorção muito mais elevada do que no pavimento superior, sendo que no primeiro a absorção foi, na média aos 30 minutos, 8,5 vezes maior que no segundo.

O ensaio na **Obra 6**, edifício comercial de padrão médio com 11 pavimentos, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 24):

- placas cerâmicas: pastilhas esmaltadas, dimensões 5x5 cm, cor verde;
- argamassa de rejuntamento: argamassa para assentamento e rejuntamento simultâneo de pastilhas cerâmicas, **fabricante C**, cor marrom claro;
- tamanho das juntas: 3 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 2 meses;

b) ensaio (figuras 25 e 26):

- orientação da fachada: oeste (frontal);
- pavimentos de fixação dos cachimbos: 3º pavimento e casa de máquinas;
- temperatura: 20°C (sol).



Figura 24: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 6

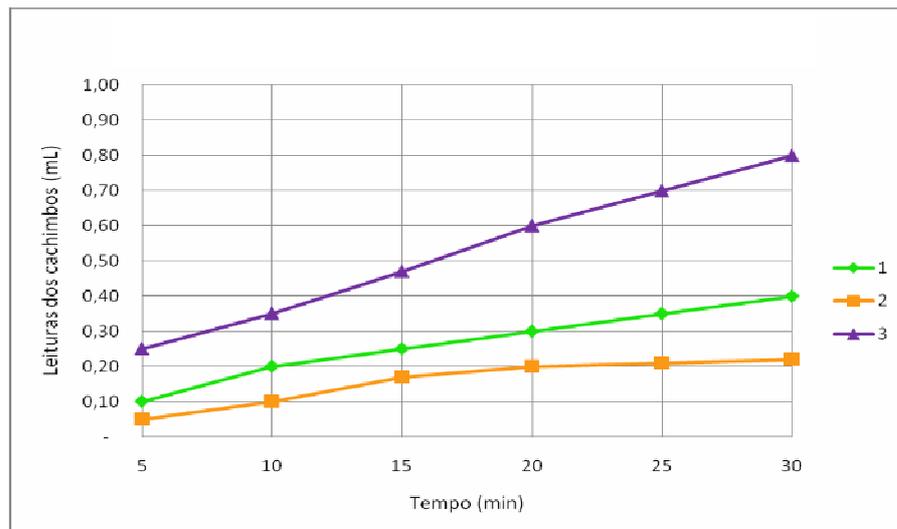


Figura 25: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 6

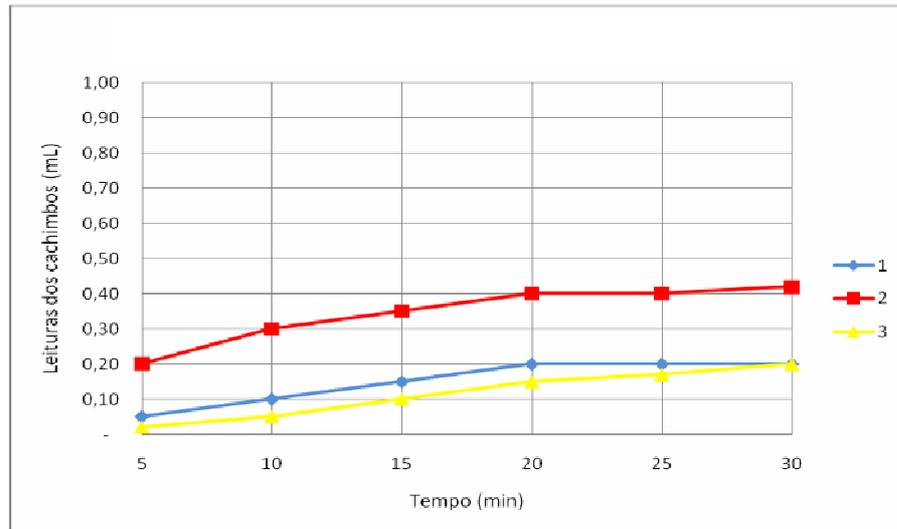


Figura 26: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 6

Na Obra 6 o rejunte não apresentava fissuras, falhas de execução ou bolhas. Visualmente foi verificada apenas uma certa porosidade superficial. As juntas eram muito bem executadas e isto refletiu nos resultados do ensaio, que, para os dois pavimentos avaliados, apresentou absorção inferior a 1 mL.

O ensaio na **Obra 7**, edifício residencial de padrão alto padrão com 13 pavimentos e subsolo, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 27):

- placas cerâmicas: pastilhas esmaltadas, dimensões 5x5 cm, cor branco e marrom escuro;
- argamassa de rejuntamento: argamassa colante para assentamento e rejuntamento de pastilhas cerâmicas, **fabricante D**, cor branco e marrom escuro;
- tamanho das juntas: 3 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 3 meses;

b) ensaio (figuras 28 e 29):

- orientação da fachada: nordeste (fundos) no pavimento superior e fachada noroeste (lateral esquerda) no pavimento inferior;
- pavimentos de fixação dos cachimbos: pavimento térreo e casa de máquinas;
- temperatura: 20°C (sol).



Figura 27: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 7

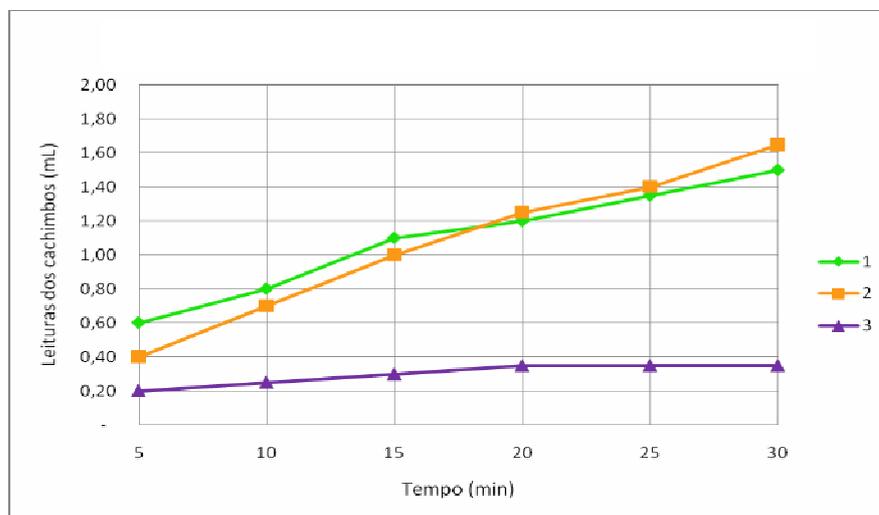


Figura 28: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 7

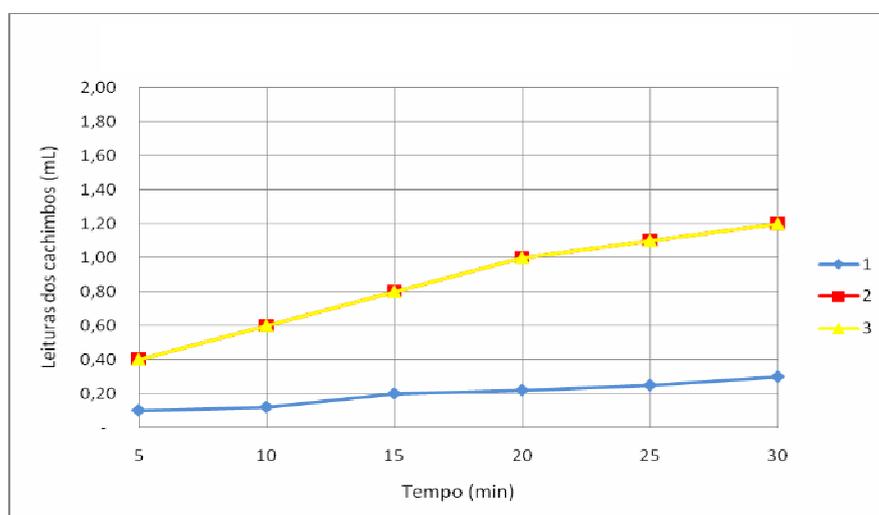


Figura 29: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 7

Durante o ensaio da Obra 7 observou-se um número grande de falhas no pavimento superior, porém os resultados do ensaio foram baixos para a absorção de água aos 30 minutos. No pavimento inferior as falhas e fissuras eram em menor número, mas a absorção foi um pouco superior. O revestimento era bastante recente e se apresentava em bom estado.

O ensaio na **Obra 8**, edifício residencial de alto padrão com 11 pavimentos, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 30):

- placas cerâmicas: pastilhas de porcelana, dimensões 5x5 cm, cor cinza claro e branco;
- argamassa de rejuntamento: argamassa para assentar e rejuntar pastilhas de porcelana, **fabricante E**, cor cinza claro e branco;
- tamanho das juntas: 3 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 2 meses;

b) ensaio (figuras 31 e 32):

- orientação da fachada: leste (lateral esquerda) no pavimento inferior e fachada oeste (lateral direita) no pavimento superior;
- pavimentos de fixação dos cachimbos: 3º pavimento e 11º pavimento;
- temperatura: 24º C (nublado).



Figura 30: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 8

Na Obra 8, o revestimento havia sido concluído recentemente, não apresentava fissuras, bolhas ou falhas e obteve resultados satisfatórios no ensaio de absorção à água.

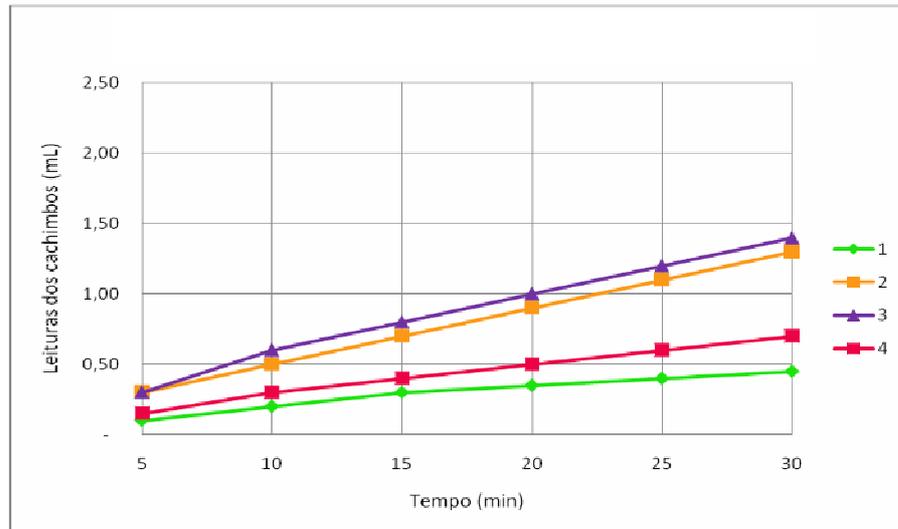


Figura 31: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 8

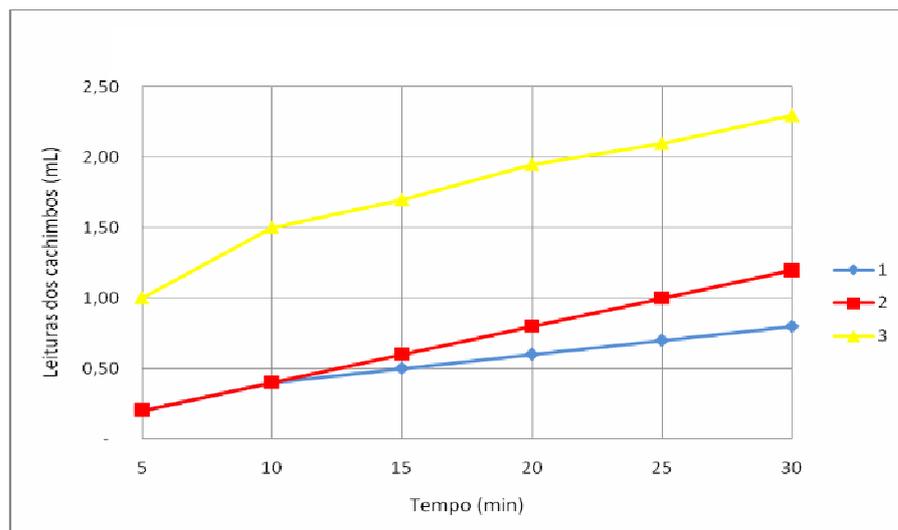


Figura 32: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 8

O ensaio na **Obra 9**, edifício de alto padrão com 14 pavimentos e subsolo, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 33):

- placas cerâmicas: pastilha esmaltada, dimensões 7x7 cm, cor branca;
- argamassa de rejuntamento: rejunte flexível, **fabricante A**, cor branca;
- tamanho das juntas: 5 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 12 meses;

b) ensaio (figuras 34 e 35):

- orientação da fachada: norte (lateral direita);
- pavimentos de fixação dos cachimbos: pavimento térreo e casa de máquinas;
- temperatura: 22°C (sol).



Figura 33: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 9

O revestimento de fachada da Obra 9 já apresentava alguns sinais de envelhecimento. Observou-se muitas fissuras nas juntas, principalmente no pavimento superior. O cachimbo que apresentou maior absorção, 13 mL, estava fixado em uma dessas fissuras. Os demais cachimbos tiveram baixa absorção, apesar da maior idade do revestimento, em relação à maioria das obras visitadas. Pode-se notar também, como o rejunte era branco, juntas, na parte superior da casa de máquinas, que estavam desenvolvendo bolor devido à umidade.

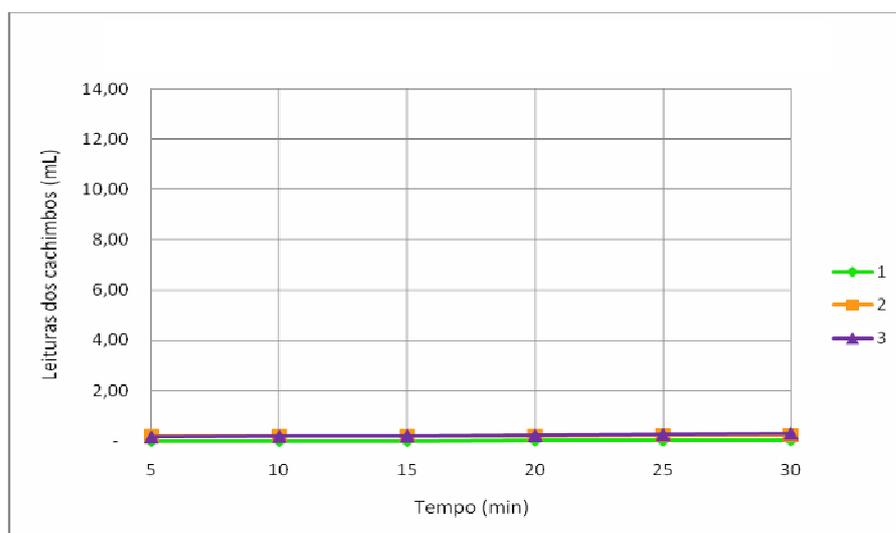


Figura 34: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 9

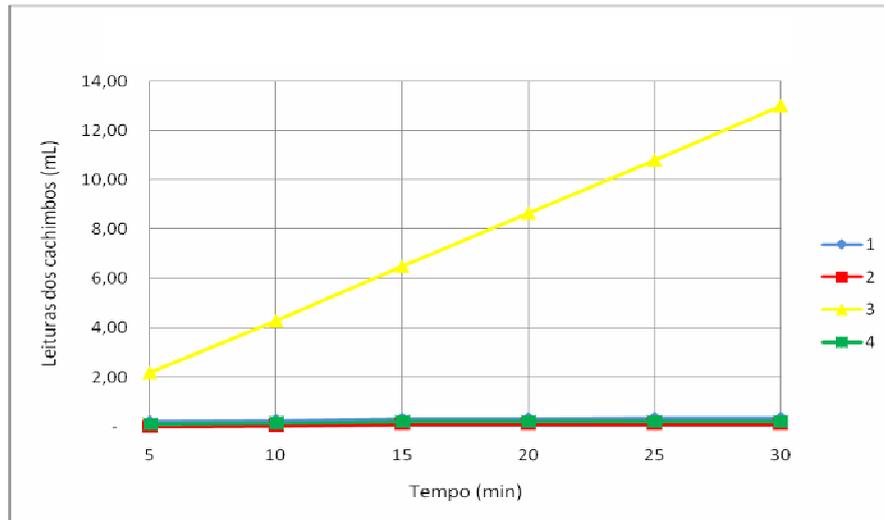


Figura 35: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 9

O ensaio na **Obra 10**, edifício de padrão médio com 17 pavimentos e subsolo, e seu revestimento de fachada são descritos a seguir:

a) revestimento cerâmico (figura 36):

- placas cerâmicas: pastilhas esmaltadas, dimensões 5x5 cm, cor marrom escuro e bege;
- argamassa de rejuntamento: argamassa para assentamento e rejuntamento simultâneo de pastilhas cerâmicas, **fabricante F**, cor marrom escuro e bege;
- tamanho das juntas: 3 mm;
- tempo decorrido do final da execução: 18 meses;

b) ensaio (figuras 37 e 38):

- orientação da fachada: nordeste (lateral esquerda);
- pavimentos de fixação dos cachimbos: 2º pavimento e casa de máquinas;
- temperatura: 24°C (sol).

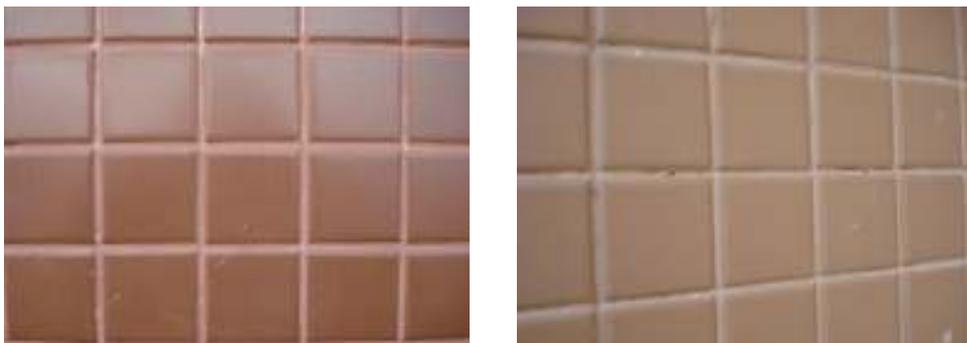


Figura 36: detalhe do revestimento cerâmico utilizado na Obra 10

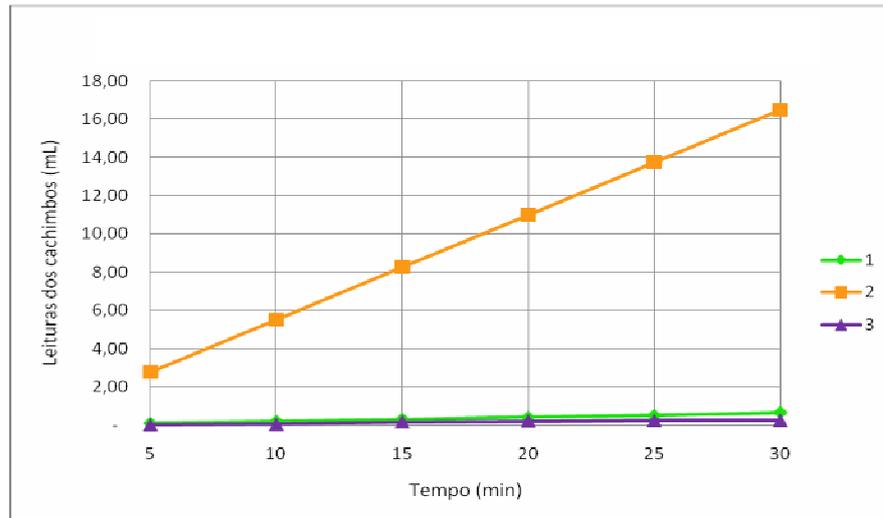


Figura 37: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento inferior da Obra 10

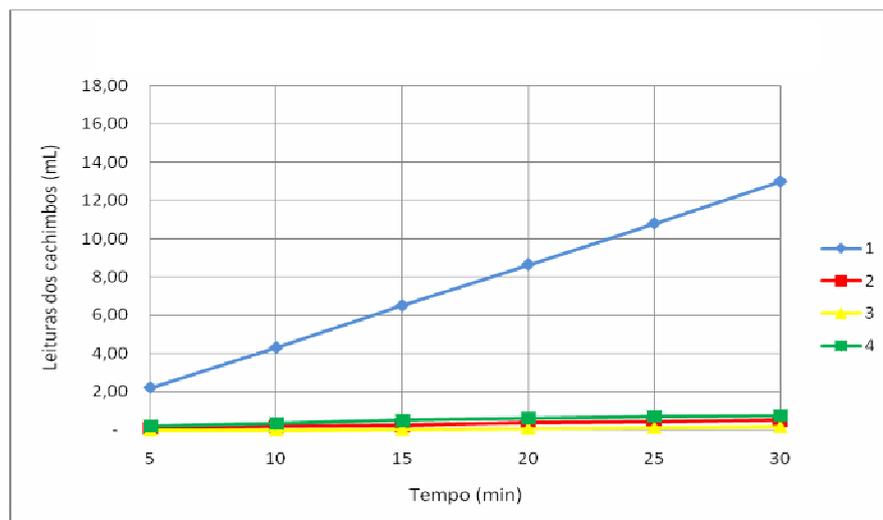


Figura 38: absorção de água medida pelo Método do Cachimbo no pavimento superior da Obra 10

A Obra 10 apresentava o revestimento de maior idade entre as obras visitadas, 18 meses. O rejuntamento, no pavimento superior, apresentava acentuada perda de cor, com as juntas esbranquiçadas, além de muitas fissuras. O material das juntas estava se esfarelando e muito envelhecido. No pavimento inferior notou-se uma porosidade superficial muito grande. A absorção, assim, foi a pior entre todas as obras, obtendo os maiores valores para 30 minutos de observação. O quadro 4 apresenta um resumo das características dos revestimentos cerâmicos encontrados nas obras visitadas e as falhas observadas nos mesmos.

	Cerâmica	Rejunte	Juntas	Idade (meses)	Falhas
Obra 1	mosaico acetinado 5x15 cm cor tijolo	rejunte flexível cinza claro	5 mm	4	aderência placa/rejunte bolhas
Obra 2	pastilha esmaltada 5x5 cm azul escuro/gelo	arg. colante AC II cinza claro	3 mm	4	poucas fissuras
Obra 3	pastilha esmaltada 5x5 cm azul escuro	arg. cola/rejunta cinza escuro	3 mm	12 (sup.) 1 (inf.)	muitas fissuras perda de coloração aderência placa/rejunte
Obra 4	pastilha esmaltada 5x5 cm branca	arg. cola/rejunta branco	3 mm	12	fissuras bolhas
Obra 5	pastilha esmaltada 5x5 cm gelo	rejunte flexível gelo	3 mm	3	poucas bolhas
Obra 6	pastilha esmaltada 5x5 cm verde	arg. cola/rejunta marrom claro	3 mm	2	porosidade superficial
Obra 7	pastilha esmaltada 5x5 cm branca/marrom	arg. cola/rejunta branco/marrom	3 mm	3	preenchimento muitas bolhas fissuras
Obra 8	pastilha esmaltada 5x5 cm cinza claro/branco	arg. cola/rejunta cinza claro/branco	3 mm	2	-
Obra 9	pastilha esmaltada 7x7 cm branca	rejunte flexível branco	5 mm	12	muitas fissuras aderência placa/rejunte
Obra 10	pastilha esmaltada 5x5 cm bege/marrom escuro	arg. cola/rejunta bege/marrom escuro	3 mm	18	material pulverulento muitas fissuras porosidade superficial perda de coloração

Quadro 4: características dos revestimentos cerâmicos nas diferentes obras visitadas e suas falhas

Para o critério de estanqueidade de vedações verticais com incidência direta de água estabelecido pela norma de desempenho, citada no capítulo 4, a máxima absorção para o ensaio proposto é de 3 cm³. Fazendo uma comparação de todas as absorções, aos 30 minutos, dos ensaios realizados em obra com este limite, percebe-se que metade das obras ensaiadas obteve resultados superiores. Além disso, das outras 5 obras, 4 tiveram absorções acima de 50% do máximo fixado pela norma. Isso, tendo em vista que o ensaio normatizado abrange maior área de absorção que o ensaio do Método do Cahimbo e tem duração de 24 horas.

As médias dos ensaios, por pavimento, são apresentadas nas figuras 39 e 40.

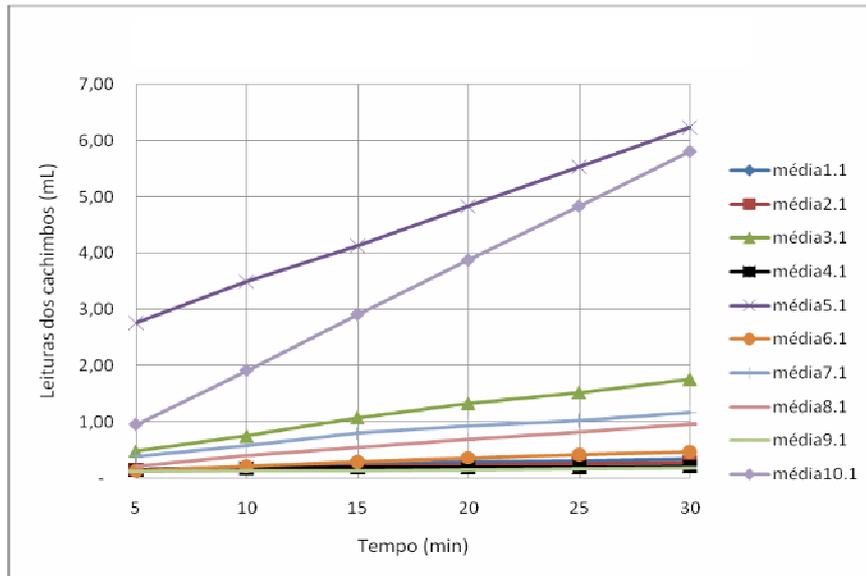


Figura 39: médias de absorção dos ensaios nos pavimentos inferiores

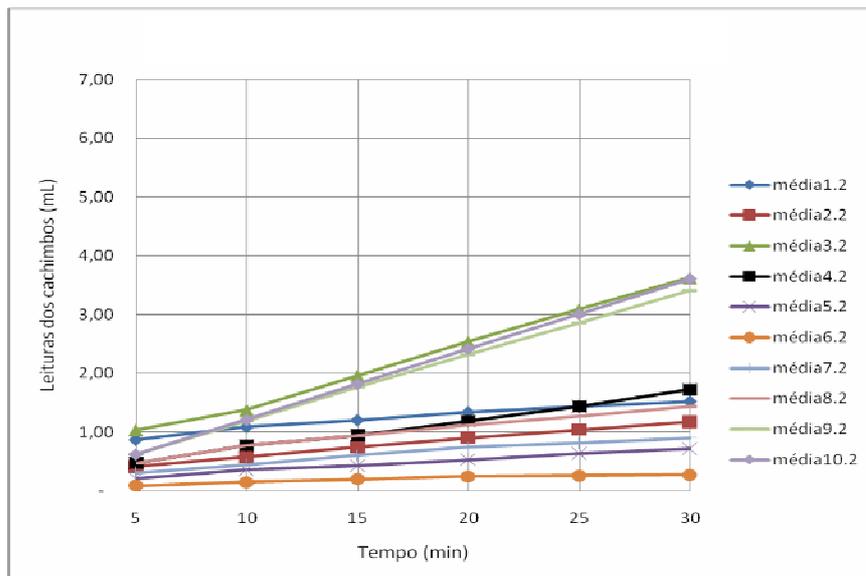


Figura 40: médias de absorção dos ensaios nos pavimentos superiores

Uma análise estatística foi feita para comparação entre as absorções aos 30 minutos dos diferentes pavimentos, o inferior e o superior, não levando em consideração diferenças entre as obras. Com o teste de Wilcoxon, citado anteriormente, verificou-se que as diferenças destas observações não eram significativas, com um $H = 0,172$, para um ponto de corte $z = 1,96$. Bootstrap demonstrou que o resultado é bem suportado estatisticamente, com um $P = 0,863$. Entretanto, quando, utilizando o mesmo teste, faz-se a comparação entre todos os valores obtidos, em todos os tempo no decorrer dos ensaios, para o pavimento superior e inferior, o

Wilcoxon nos dá uma diferença significativa entre os dois, $H = 2,713$ e $P < 0,001$. O pavimento alto absorve mais do que o pavimento baixo se todos os dados de um forem comparados com todos os dados de outro, de maneira que, obra por obra, não há diferença entre eles e no total de absorção, aos 30 min, eles também não se diferem. Assim, para uma simples comparação entre obras, para observar as que mais absorveram, uma média de todos os cachimbos, sem considerar pavimentos é apresentada na figura 41.

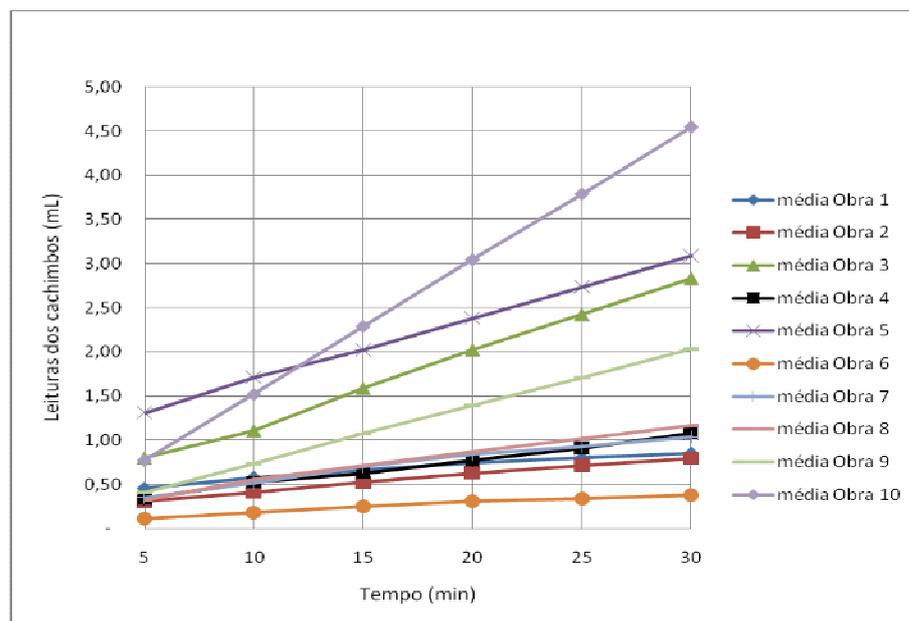


Figura 41: médias de absorção das argamassas de rejunte das diferentes obras

A Obra 10 teve a maior absorção, em média, seguida pelas obras 5, 3 e 9. As demais tiveram absorções bem semelhantes, sendo que a Obra 6 teve melhor desempenho quanto à estanqueidade à água.

Uma verificação das médias totais também pode ser feita na figura 42. Considerando todos os dados para os pavimentos altos e todos os dados para os pavimentos baixos nota-se que a média aos 30 minutos para os dois pavimentos é muito semelhante. Além disso, o gráfico apresenta a correlação (r_s) positiva entre tempo e absorção, o que já pode ser rapidamente observado nos gráficos individuais das obras. A absorção de água do rejunte aumenta com o aumento do tempo de duração do ensaio.

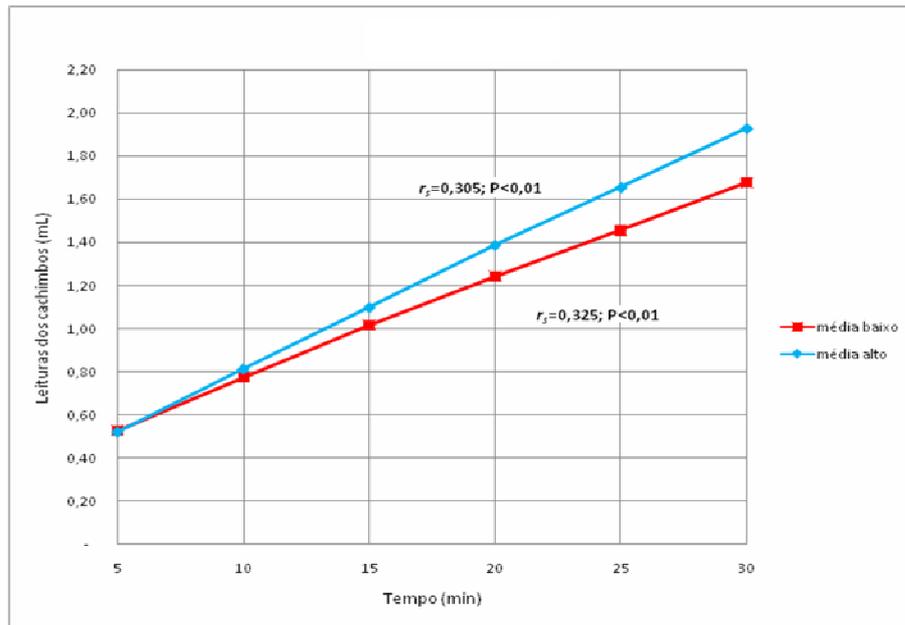


Figura 42: médias de todos os ensaios e correlações por pavimento

Outra análise estatística feita diz respeito a velocidade de absorção de água pelo rejunte. A comparação foi feita entre os pavimentos altos e os pavimentos baixos. Através do teste T de amostras pareadas, para cada obra, obteve-se que não há diferença significativa entre pavimento alto e pavimento baixo, com $P > 0,05$. Fazendo o teste para as médias de velocidades, média das velocidades de todos os pavimentos altos comparando com a média de velocidades de todos os pavimentos baixos, também não encontrou-se diferença significativa, com $P = 0,936$.

A comparação de velocidades entre as obras também foi feita estatisticamente. As velocidades médias são iguais estatisticamente entre as obras, sendo a diferença ente elas não significativa com $P = 0,5339$, ou seja, em todos os ensaios as velocidades de absorção foram semelhantes. Na figura 43 pode-se observar as médias das velocidades nas obras, por pavimento, e os desvios padrões.

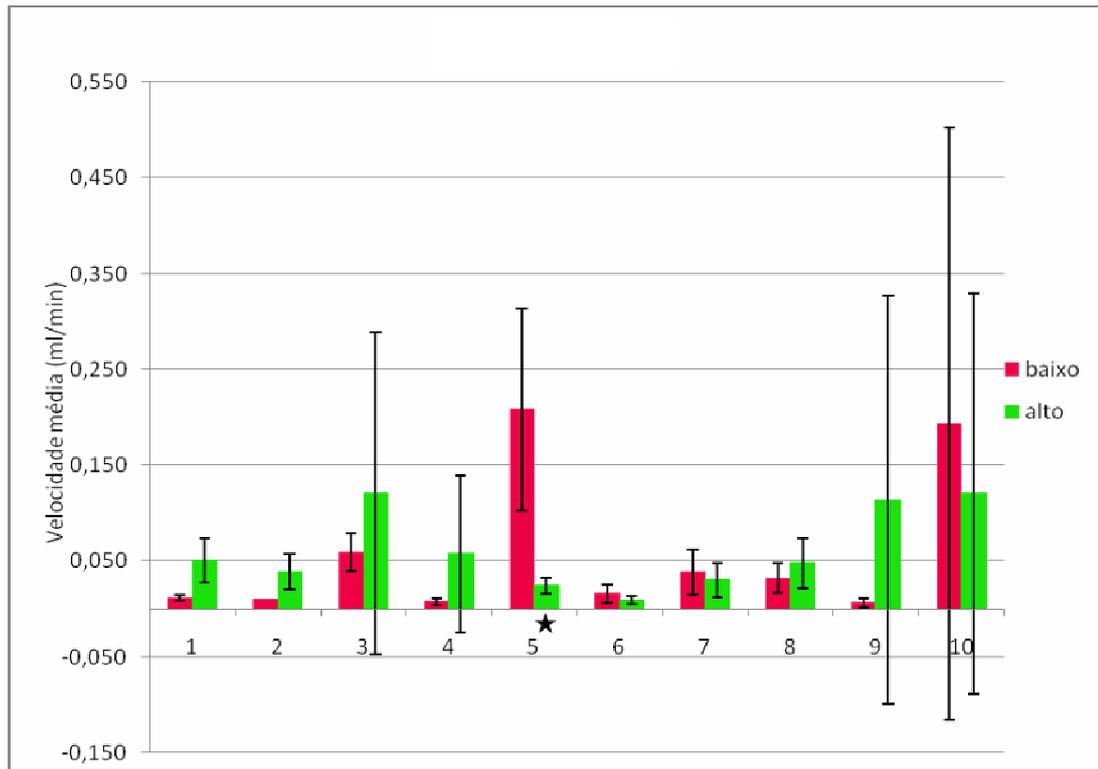


Figura 43: velocidades médias

Observando a figura 43 acima destaca-se o grande desnível entre as velocidades médias dos pavimentos da Obra 5. No pavimento inferior tem-se uma velocidade de absorção média 8 vezes maior que no pavimento superior e os desvios padrões não se cruzam, levando à dúvida sobre a significância da diferença entre elas. Fazendo uma reamostragem por Bootstrap de 1000 vezes, tem-se um suporte de 63% para a não significância estatística da diferença de velocidades médias. Este é um suporte médio para o resultado e isto ocorre pelo fato de se ter um baixo número amostral.

Durante o período de realização dos ensaios em obra, as temperaturas que foram observadas não variaram mais do que 10°C. Desta maneira, a diferença de temperaturas entre os ensaios não foi considerada nas comparações e análises de resultados, desprezando sua influência na absorção de água dos cachimbos.

Para uma comparação dos resultados dos ensaios em obra com os requisitos exigidos pelas normas, como os ensaios possuem diferentes tempos de duração, considerando as velocidades de absorção constantes e as absorções contínuas, fez-se a aproximação da absorção para 1 hora. Os parâmetros para comparação foram:

- a) NBR 14992/2003: 1 cm³ para 240 minutos de ensaio – 0,25 cm³ para 1 hora;
 b) NBR 15575-4/2008: 3 cm³ para 24 horas de ensaio – 0,125 cm³ para 1 hora.

Encontrou-se que, para as 68 repetições, apenas 4,4% apresentavam absorções inferiores a 0,25 cm³ e 1,5% inferiores a 0,125 cm³.

Verificada a heterogeneidade muito grande entre os ensaios e entre as repetições, foi realizada uma análise estatística para comparação entre as obras, utilizando o teste de Kruskal-Wallis. O resultado pode ser observado na tabelas 1 e 2, onde os dados grifados são os que apresentam diferenças entre si, ou seja, possuem resultado maior do que $z = 3,2608$ para Bonferroni.

Tabela 1: comparação entre obras - pavimento baixo

Variável	Obra 1	Obra 2	Obra 3	Obra 4	Obra 5	Obra 6	Obra 7	Obra 8	Obra 9	Obra 10
Obra 1	0,000	0,000	4,006	0,000	8,003	0,000	2,821	1,428	0,000	2,868
Obra 2	0,000	0,000	3,747	0,000	7,486	0,000	2,639	1,322	0,000	2,683
Obra 3	4,006	3,747	0,000	3,747	3,739	3,747	1,108	2,683	3,747	1,065
Obra 4	0,000	0,000	3,747	0,000	7,486	0,000	2,639	1,322	0,000	2,683
Obra 5	8,003	7,486	3,739	7,486	0,000	7,486	4,847	6,681	7,486	4,804
Obra 6	0,000	0,000	3,747	0,000	7,486	0,000	2,639	1,322	0,000	2,683
Obra 7	2,821	2,639	1,108	2,639	4,847	2,639	0,000	1,499	2,639	0,044
Obra 8	1,428	1,322	2,683	1,322	6,681	1,322	1,499	0,000	1,322	1,545
Obra 9	0,000	0,000	3,747	0,000	7,486	0,000	2,639	1,322	0,000	2,683
Obra 10	2,868	2,683	1,065	2,683	4,804	2,683	0,044	1,545	2,683	0,000

Tabela 2: comparação entre obras - pavimento alto

Variável	Obra 1	Obra 2	Obra 3	Obra 4	Obra 5	Obra 6	Obra 7	Obra 8	Obra 9	Obra 10
Obra 1	0,000	2,193	0,930	2,763	4,439	4,362	2,504	1,716	2,540	2,540
Obra 2	2,193	0,000	1,307	0,590	2,325	2,392	0,478	0,333	0,359	0,359
Obra 3	0,930	1,307	0,000	1,897	3,632	3,602	1,688	0,877	1,666	1,666
Obra 4	2,763	0,590	1,897	0,000	1,735	1,846	0,068	0,880	0,231	0,231
Obra 5	4,439	2,325	3,632	1,735	0,000	0,239	1,674	2,486	1,966	1,966
Obra 6	4,362	2,392	3,602	1,846	0,239	0,000	1,790	2,549	2,059	2,059
Obra 7	2,504	0,478	1,688	0,068	1,674	1,790	0,000	0,759	0,146	0,146
Obra 8	1,716	0,333	0,877	0,880	2,486	2,549	0,759	0,000	0,666	0,666
Obra 9	2,540	0,359	1,666	0,231	1,966	2,059	0,146	0,666	0,000	0,000
Obra 10	2,540	0,359	1,666	0,231	1,966	2,059	0,146	0,666	0,000	0,000

Para os pavimentos inferiores as diferenças são muito maiores e mais numerosas, porém as obras 3 e 5 são as que mais diferem. Nos pavimentos superiores as obras 3, 5 e 6 diferem entre si, as demais são estatisticamente iguais. Deve-se observar que as três obras utilizaram, em suas juntas de assentamento, material de mesmo fabricante, sendo que as obras 3 e 6 utilizam o mesmo tipo de produto. A homogeneidade dos pavimentos superiores deve-se as condições de exposição, já que nestes, elas são muito parecidas em relação à incidência de raios solares e vento, além de que, nos pavimentos altos, as fachadas ensaiadas tinham orientação solar mais frequente. Isso não ocorre nos pavimentos inferiores, onde, cada edifício tinha vizinhanças de diferentes alturas, em diferentes posições e cada ensaio foi feito na fachada que havia acesso e não pela exposição solar.

Entre as 10 obras obteve-se 3,5 vezes mais diferenças nos pavimentos inferiores do que nos superiores. Das 90 comparações feitas, 30% apresentaram diferenças nos pavimentos baixos e 8% nos pavimentos altos. Essa heterogeneidade dos pavimentos baixos pôde ser notada em vários dos testes estatísticos realizados, sendo que os dados nunca seguem um padrão, tanto para cor de rejunte, orientação solar, tempo de exposição da fachada e fabricante. Alguns destes testes serão citados no decorrer do trabalho.

O tempo de exposição dos rejuntas foi analisado estatisticamente, já que em obra, durante os ensaios, as argamassas de mais idade apresentaram-se visivelmente envelhecidas. A análise foi feita separando os resultados dos pavimentos altos e baixos e, devido à heterogeneidade do pavimento baixo, para este não foi verificada diferença significativa entre as idades. As figuras 44 e 45 apresentam as absorções médias para os diferentes tempos de exposição.

Utilizando o Coeficiente de Correlação de Serman para esta análise, obteve-se uma correlação negativa ($r_s = -0,026$) e estatisticamente não significativa ($P > 0,05$) entre os tempos das fachadas e as médias de absorção para os pavimentos inferiores. Para os superiores, a correlação foi positiva ($r_s = 0,722$) e estatisticamente significativa ($P < 0,01$). Assim, quanto maior o tempo de exposição, as áreas mais altas apresentaram um aumento de absorção de água pela degradação do material de rejuntamento.

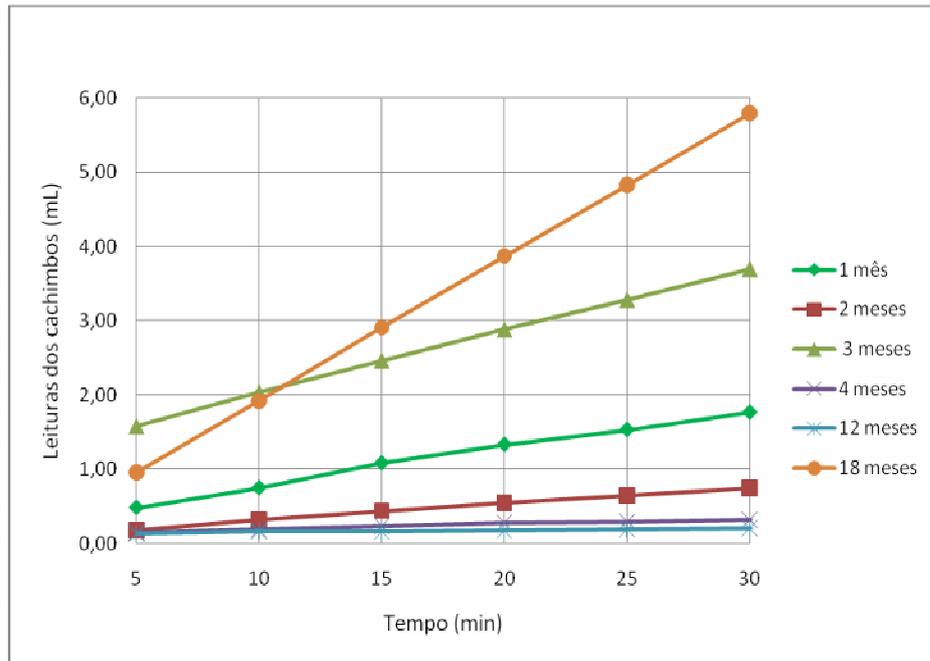


Figura 44: influência do tempo de exposição do rejunte na fachada na absorção de água – pavimentos inferiores

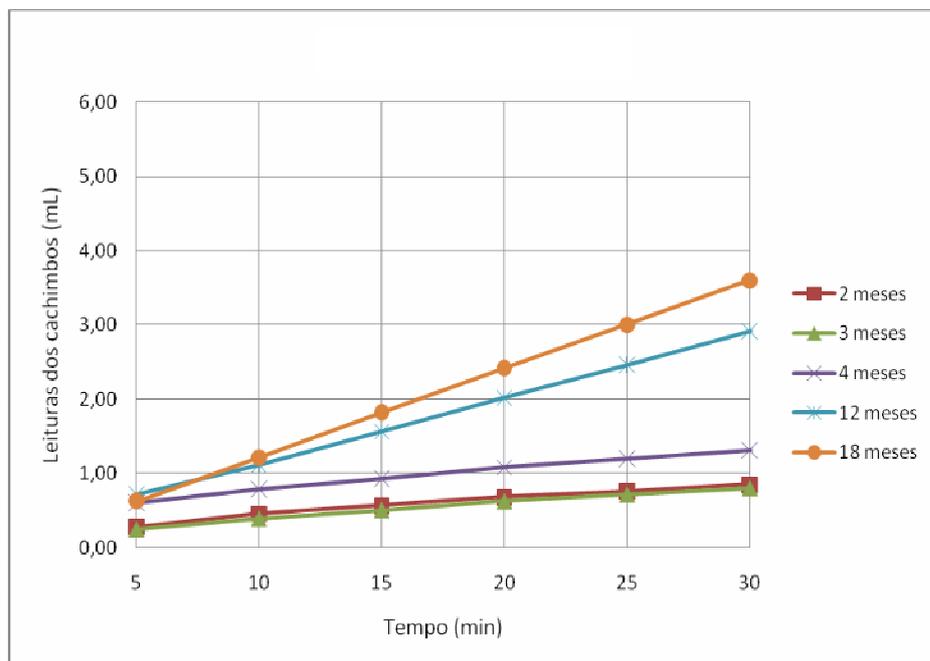


Figura 45: influência do tempo de exposição do rejunte na fachada na absorção de água – pavimentos superiores

Tentou-se, também, fazer uma análise quanto à influência da cor do rejunte na sua absorção de água. Argamassas de cores escuras absorvem mais os raios ultravioleta e o calor, dilatando e contraindo de maneira mais acentuada que as argamassas de cores claras, que refletem os

raios. Desta maneira, os rejuntas coloridos fissurariam e degradariam mais que os brancos e absorveriam mais água. Outro ponto a levantar é que os rejuntas coloridos teriam, em sua composição, maior teor de material fino, já que os pigmentos adicionados são em pó, o que faria com que a mistura, para ficar com uma boa trabalhabilidade, necessitasse de mais água, levando a uma maior porosidade e maior absorção de água.

As quatro argamassas que tiveram maior absorção de água nos ensaios eram duas de cores escuras e duas brancas, porém as coloridas se apresentaram visualmente mais envelhecidas, com perda de cor e fissuração. A análise estatística resultou em não significância na relação entre absorção e cor do material, com resultados maiores do que $z = 2,3940$ para Bonferroni e, mesmo, $z = 1,96$ para o Regular Test (sem correção). Fazendo a comparação entre as cores, somente para o pavimento alto, com reamostragem de 1000 vezes, obteve-se que todas as absorções eram iguais estatisticamente, independentemente das cores.

A comparação entre fabricantes não foi possível pelo baixo número de dados e da grande variabilidade entre as obras, tanto de mão de obra, como de idades de exposição e fachadas de ensaio. Essa variabilidade pode ser notada, como já citado anteriormente, entre as obras 3, 5 e 6, que mesmo tendo utilizado material do mesmo fabricante, tiveram resultados muito diferentes de absorção de água. No teste estatístico, com ponto de corte $z = 2,3940$, comparando somente estas três obras, para o pavimento baixo, as três se diferem entre si; para o pavimento alto, Obra 5 é igual à Obra 6, porém as duas diferem de 3; e para uma comparação sem considerar o pavimento de ensaio, a Obra 3 é igual à Obra 5 e as duas diferem da Obra 6.

6.2 ENSAIO EM LABORATÓRIO

O ensaio em laboratório foi realizado seguindo as indicações da norma NBR 14992/2003, como descrito no capítulo 6, moldando-se 4 corpos-de-prova para cada amostra de argamassa de rejuntamento. Um registro fotográfico do ensaio é apresentado no apêndice D. Os resultados de absorção, por fabricante, encontram-se nas figuras 46 a 52 e, mais detalhadamente, no apêndice B. Os rejuntas ensaiados, aos 28 dias de cura, foram os mesmos encontrados nas obras, ou seja, mesmo produto do mesmo fabricante, porém não nas mesmas cores, e encontram-se descritos a seguir:

a) fabricante A (corpo-de-prova 4):

- rejunte flexível;
- cor marfim;
- proporção água/material anidro 220ml/kg;

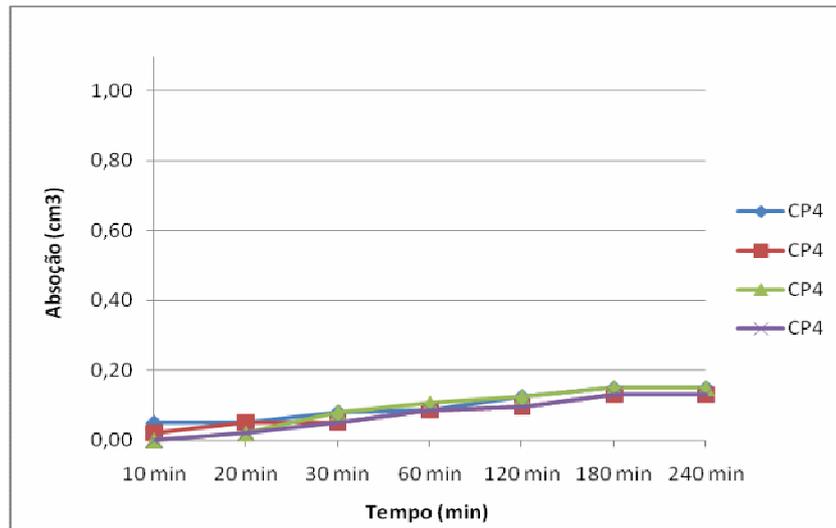


Figura 46: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante A

b) fabricante B (corpo-de-prova 7):

- argamassa colante ACII;
- cor cinza claro;
- proporção água/material anidro 250 mL/kg;

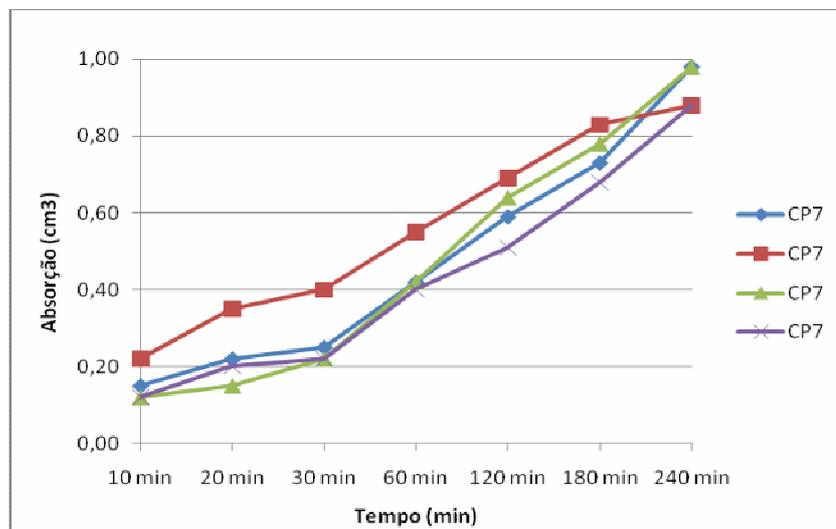


Figura 47: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante B

c) fabricante C (corpo-de-prova 2):

- argamassa para assentamento e rejuntamento;
- cor marrom claro;
- proporção água/material anidro 250 mL/kg;

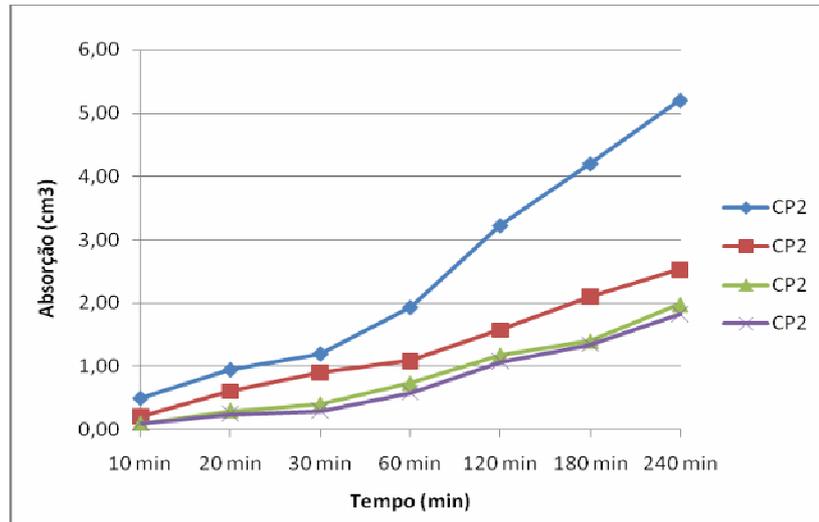


Figura 48: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante C (cola-rejunta)

d) fabricante C (corpo-de-prova 1):

- rejunte flexível;
- cor azul claro;
- proporção água/material anidro 210 mL/kg;

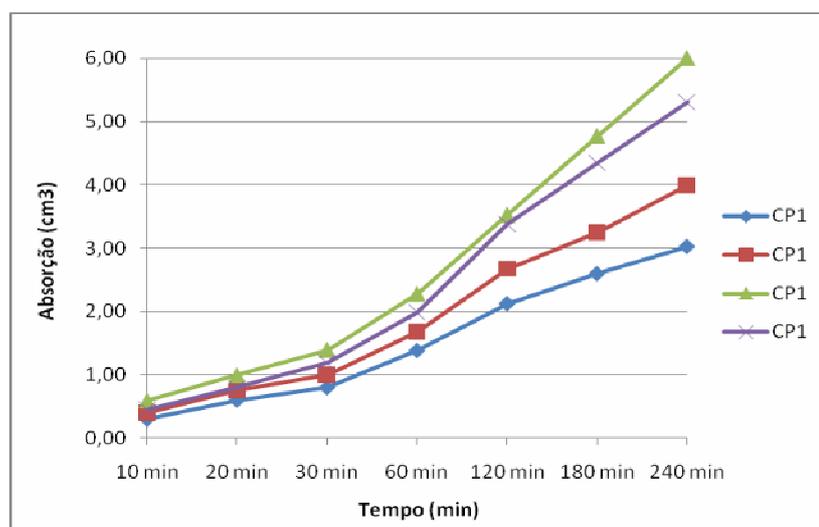


Figura 49: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante C (rejunta)

e) fabricante D (corpo-de-prova 5):

- argamassa colante para assentamento e rejuntamento;
- cor branca;
- proporção água/material anidro 200 ml/kg;

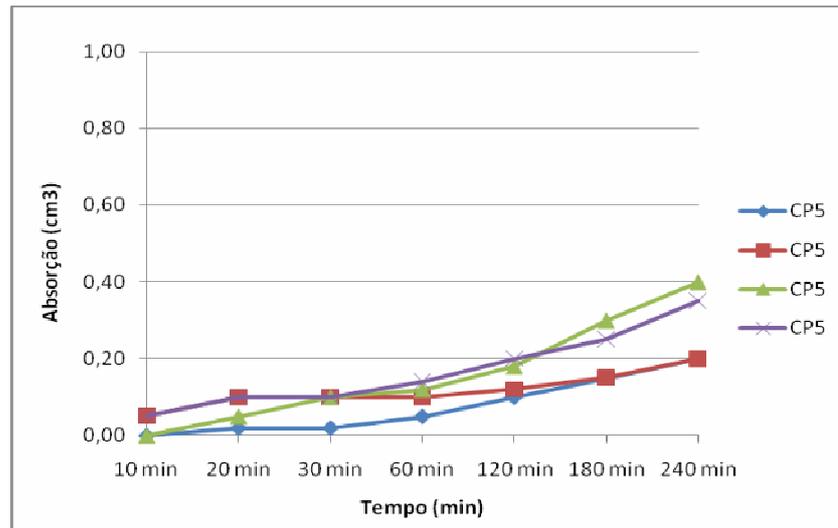


Figura 50: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante D

f) fabricante E (corpo-de-prova 6):

- argamassa para assentamento e rejuntamento;
- cor branca;
- proporção água/material anidro 300 mL/kg;

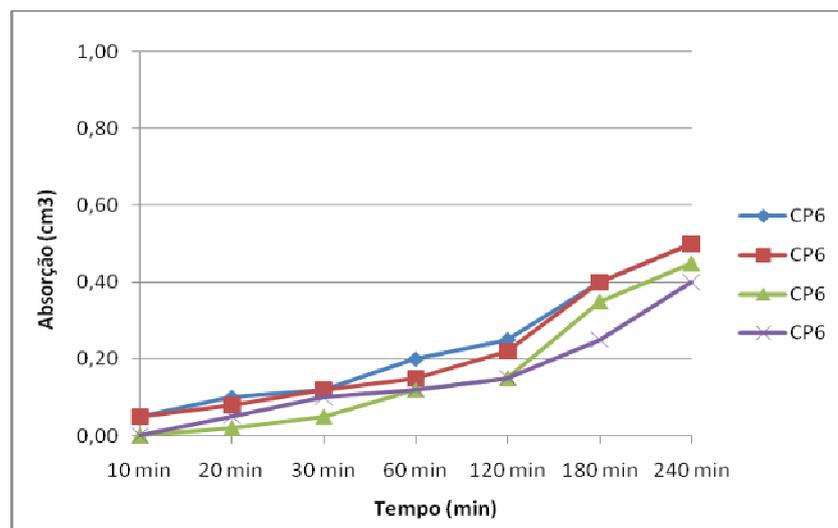


Figura 51: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante E

g) fabricante F (corpo-de-prova 8):

- argamassa para assentamento e rejuntamento;
- cor marrom escuro;
- proporção água/material anidro 250 mL/kg.

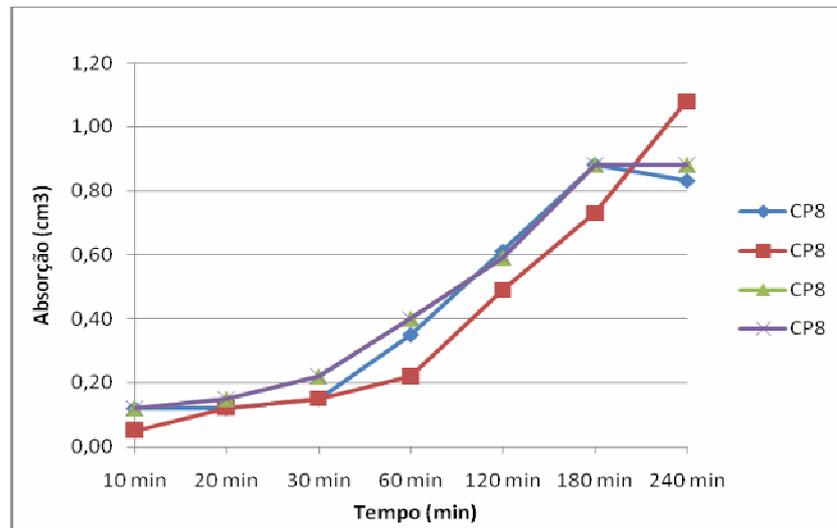


Figura 52: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório – fabricante F

Analisando os resultados dos ensaios em laboratório para absorção aos 240 minutos, como especifica a norma, das sete amostras de rejunte, cinco ficaram abaixo do limite máximo estabelecido para argamassas à base de cimento Portland para rejuntamento em fachadas, como se pode observar na figura 53.

Os corpos-de-prova 1 e 2, ambos do mesmo fabricante, absorveram em média, respectivamente, 4,5 e 3 vezes mais do que o limite estabelecido em norma. Além disso, o corpo-de-prova 1, aos 30 minutos de ensaio já havia superado o limite de absorção. Os outros ficaram dentro dos requisitos mínimos exigidos, sendo que os corpos-de-prova 4, 5 e 6 se mantiveram, em média, abaixo dos 50% do limite. Todos, no entanto, têm correlação positiva e significativa, para Sperman, entre o tempo e a absorção, como nos ensaios em obras.

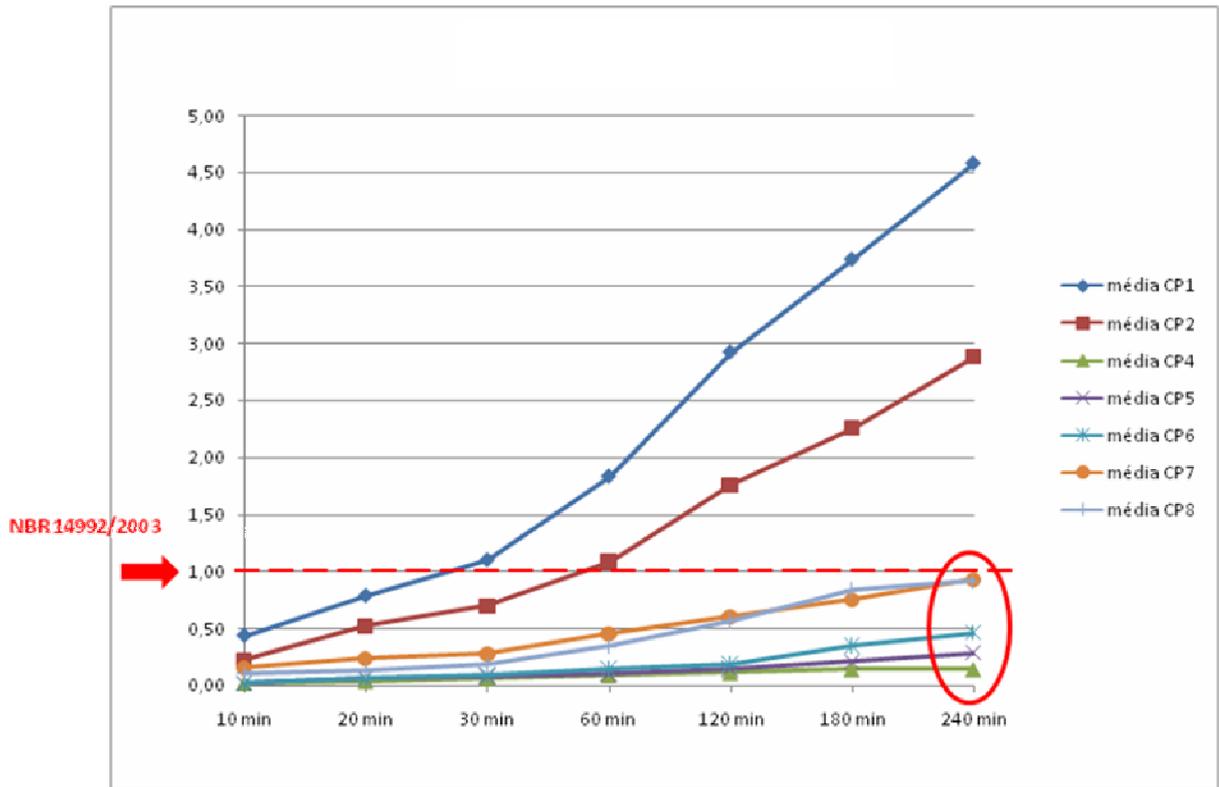


Figura 53: médias do ensaio de permeabilidade

A partir dos dados nota-se também, que até os 30 minutos de absorção, os corpos-de-prova, em geral, têm absorção semelhante. Depois disso começam a se diferenciar. Uma análise estatística, com $z = 3,0381$ com correção de Bonferroni, comparando as absorções dos diferentes corpos-de-prova, par a par, a cada tempo registrado resultou:

- CP1 se diferencia de CP4, CP5 e CP6 nos tempos de 10 e 20 minutos e é igual estatisticamente aos outros;
- CP2 se diferencia apenas de CP4 em todos os tempos a partir de 20 minutos;
- CP1 se diferencia apenas de CP4 e CP5, a partir de 20 minutos;
- CP4, CP5, CP6, CP7 e CP8 são iguais estatisticamente, em relação à absorção de água.

Observando as máximas absorções dos corpos-de-prova e as médias, aos 240 minutos de ensaio, pode-se avaliar e comparar o desempenho dos fabricantes. O fabricante C teve o pior desempenho, com maiores absorções em laboratório. O fabricante A teve o melhor desempenho. A tabela 3 e a figura 54 apresentam as máximas absorções aos 240 minutos no ensaio de permeabilidade em laboratório.

Tabela 3: absorções máximas aos 240 minutos

Fabricante	Absorção [mL]
	Máximas aos 240 min
A	0,15
B	0,98
C (cola-rejunta)	6
C (rejunta)	5,2
D	0,4
E	0,5
F	1,08

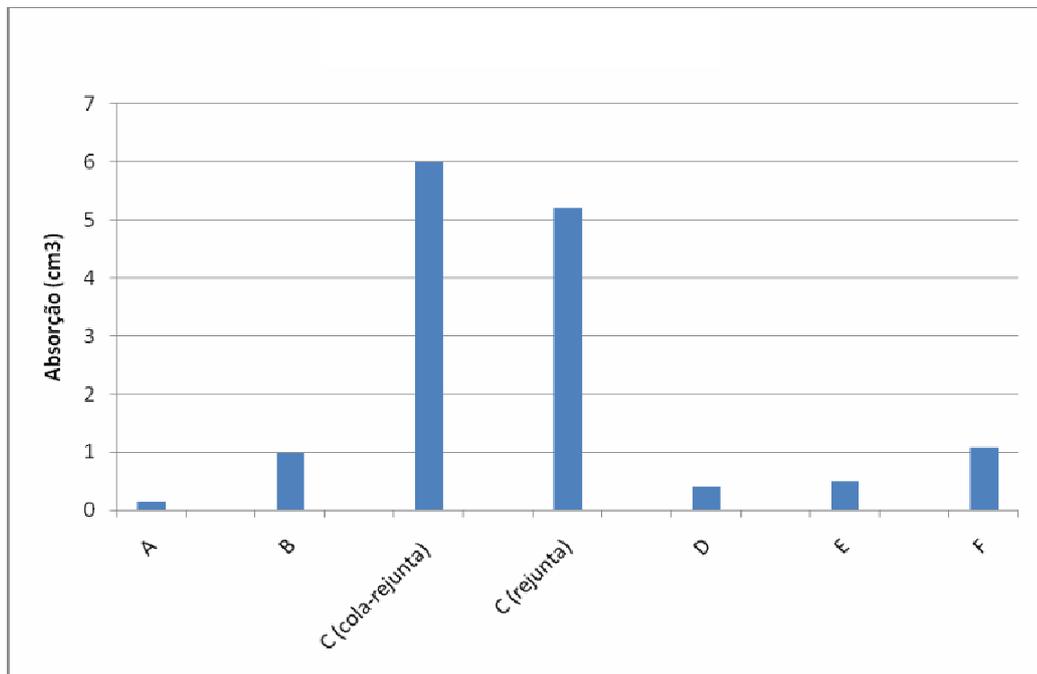


Figura 54: absorções máximas aos 240 minutos para os diferentes tipos de rejunte

Comparando a figura 54 com a 55, das máximas absorções registradas em obra, pode-se dizer que o fabricante C, argamassa de assentamento e rejuntamento, teve desempenho ruim tanto em laboratório como em obra. O fabricante F teve um desempenho bom em laboratório, apesar de ter ficado muito próximo do limite de absorção estabelecido em norma, porém em obra, teve péssimo desempenho. Isto pode ser explicado pela rápida degradação do material, não tendo a resistência necessária pra suportar as condições de exposição a que foi submetido. O fabricante A que teve o melhor desempenho em laboratório, em um das obras no qual foi utilizado, teve grande absorção. Nesta obra o material já estava a algum tempo exposto e o cachimbo que teve a absorção maior estava situado em uma fissura.

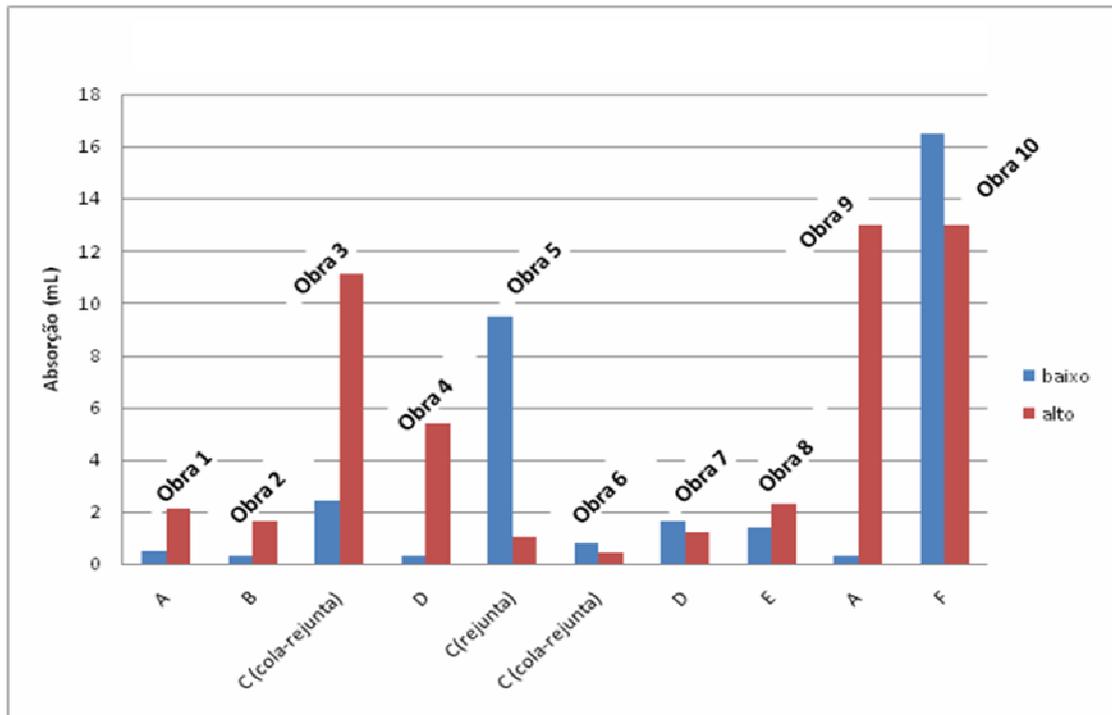


Figura 55: absorções máximas dos ensaios em obra

Durante o ensaio de permeabilidade no laboratório alguns pontos puderam ser observados:

a) durante o preparo da mistura:

- a argamassa do fabricante A, corpo-de-prova 4, tinha ótima trabalhabilidade para a relação água/material anidro recomendada;
- a argamassa do fabricante D, corpo-de-prova 5, tinha péssima trabalhabilidade para a relação água/material anidro recomendada, dificultando bastante a moldagem dos corpos-de-prova, bem como a realização do acabamento;
- todas as outras argamassas tiveram boa trabalhabilidade, não dificultando a moldagem dos corpos-de-prova;

b) durante o ensaio:

- os corpos-de-prova apresentaram visualmente, no geral, alta porosidade (figuras 56 e 57);
- a argamassa do fabricante E, corpo-de-prova 6, se mostrava, visualmente menos poroso;
- as argamassa dos fabricantes B e D, corpos-de-prova 7 e 5, respectivamente, apresentaram acabamento superficial ruim;
- a argamassa do fabricante F, corpo-de-prova 8, se mostrava pulverulenta, quebradiça, com fissuras na superfície e alguns pontos com descoloração (figuras 58 e 59).



Figura 56: detalhe da porosidade nos corpos-de-prova 1 e 2



Figura 57: detalhe da porosidade no corpo-de-prova 5

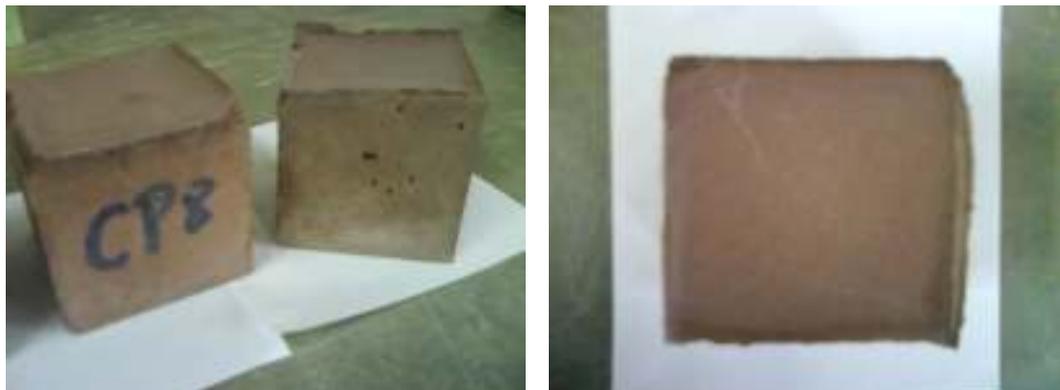


Figura 58: argamassa do fabricante F (corpo-de-prova 8) – detalhes das fissuras superficiais e descoloração do rejunte



Figura 59: argamassa do fabricante F (corpo-de-prova 8) – aparência superficial

Uma comparação entre as absorções observadas em obra e em laboratório, aos 30 minutos de ensaio, nos mostra que, quanto à absorção de água, todas as argamassas tiveram pior desempenho em obra, com exceção da obra 6 que teve absorção menor do que em laboratório. O fabricante A, que teve melhor desempenho em laboratório, chegou a absorver 31 vezes mais em obra. A tabela 4 apresenta estes dados.

Tabela 4: comparação entre os resultados obtidos em obra e no laboratório da absorção aos 30 minutos

Fabricante	Média de Absorção aos 30 min			Tipo de Rejunte
	Obra 1	Obra 9	Ensaio	
A	Obra 1	Obra 9	Ensaio	Rejunte flexível
	0,85	2,03	0,07	
B	Obra 2		Ensaio	Argamassa colante AC II
	0,79		0,27	
C	Obra 3	Obra 6	Ensaio	Argamassa de assentamento e rejuntamento
	2,83	0,37	1,1	
C	Obra 5		Ensaio	Rejunte flexível
	3,09		0,7	
D	Obra 4	Obra 7	Ensaio	Argamassa de assentamento e rejuntamento
	1,08	1,03	0,08	
E	Obra 8		Ensaio	Argamassa de assentamento e rejuntamento
	1,16		0,1	
F	Obra 10		Ensaio	Argamassa de assentamento e rejuntamento
	4,55		0,19	

A comparação estatística entre os tipos de materiais que são utilizados em obra, argamassa de rejuntamento e argamassa de assentamento e rejuntamento, não foi possível devido ao baixo número de dados. A argamassa de rejuntamento foi encontrada em apenas três obras e duas delas utilizaram o produto do mesmo fabricante. Apenas observando os dados e comparando

as figuras 60 e 61, onde são colocadas as médias totais dos resultados dos ensaios em obra, e a figura 62, médias totais do ensaio de laboratório, pode-se dizer que as argamassas apenas para rejuntamento tiveram um pior desempenho quanto à absorção de água.

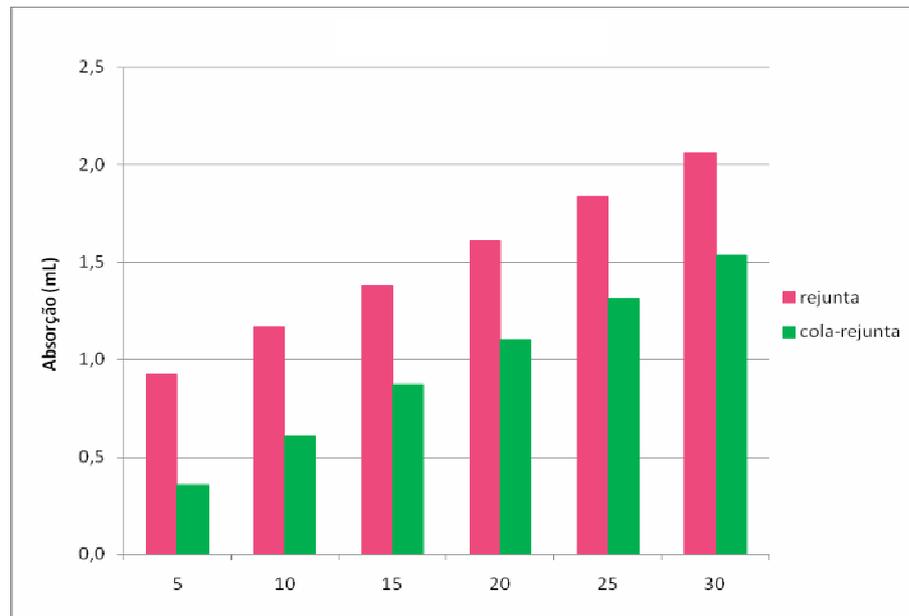


Figura 60: absorção dos diferentes tipos de rejunte – pavimento inferior

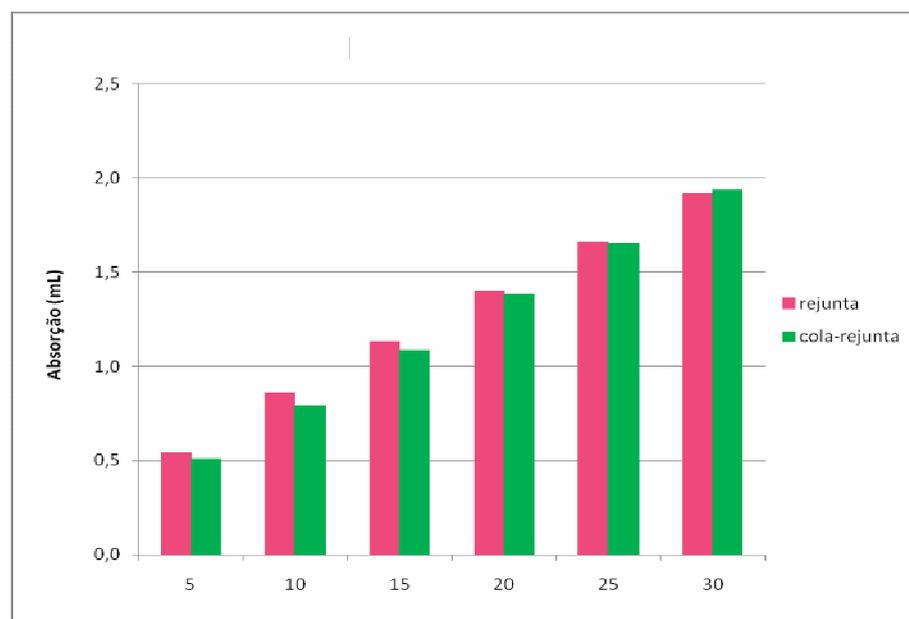


Figura 61: absorção dos diferentes tipos de rejunte – pavimento superior

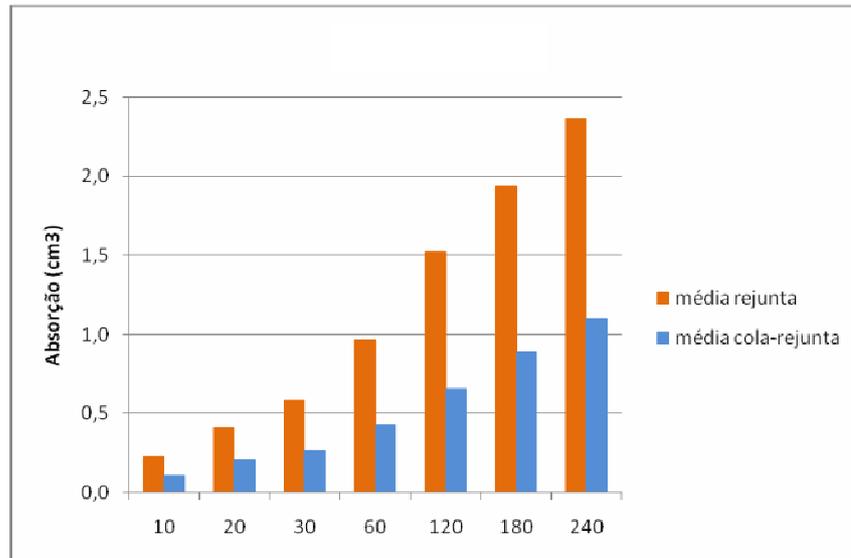


Figura 62: absorção dos diferentes tipos de rejunte - laboratório

Um aspecto que ainda deve ser ressaltado é o fato de que as áreas de absorção dos ensaios, em obra e em laboratório, eram diferentes. Em obra além das juntas, o cachimbo era posicionado, em parte, sobre das placas cerâmicas. Em laboratório, a coluna era completamente fixada sobre a argamassa (figura 63). Desse modo tem-se:

- área de absorção para os ensaios em obra (considerando uma junta de 3 mm): $1,47 \text{ cm}^2$;
- área de absorção para ensaio em laboratório: $6,15 \text{ cm}^2$.

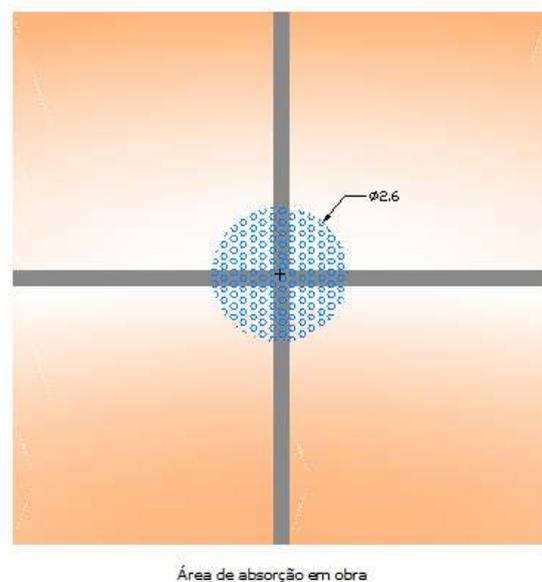
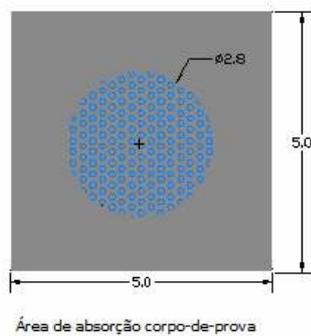


Figura 63: áreas de absorção

De qualquer modo, as absorções em obra foram maiores, não sendo necessária uma conversão de unidades, mudando os dados em mL para mL/cm², para fazer as comparações. Além disso, a coluna de água, ou seja, a pressão hidrostática nos dois ensaios era a mesma. Tanto a coluna de vidro do ensaio em laboratório como o cachimbo do ensaio em obra tinham um volume de 20 mL. Entretanto, para qualquer conferência, é apresentado nas tabelas 5 e 6 a modificação das unidades, dividindo as absorções pelas respectivas áreas de absorção.

Tabela 5: absorção em relação à área - obra

Absorção aos 30 min (cm³/cm²)										
Ensaio em obra										
	obra 1	obra 2	obra 3	obra 4	obra 5	obra 6	obra 7	obra 8	obra 9	obra 10
1	0,193	0,193	1,100	0,167	6,333	0,267	1,000	0,300	0,020	0,433
2	0,180	0,200	1,600	0,067	2,133	0,147	1,100	0,867	0,160	11,000
3	0,220	0,187	0,833	0,200	4,000	0,533	0,233	0,933	0,200	0,167
4	0,327	0,260	0,467	0,200	0,433	0,133	0,200	0,467	0,227	8,667
5	0,500	1,100	1,533	3,600	0,533	0,280	0,800	0,533	0,067	0,333
6	1,400	0,900	7,400	0,333	0,300	0,133	0,800	0,800	8,667	0,113
7	1,133	0,867	0,267	0,467	0,667	-	-	1,533	0,133	0,500
média	0,565	0,530	1,886	0,719	2,057	0,249	0,689	0,776	1,353	3,030

Tabela 6: absorção em relação à área - laboratório

Absorção aos 30 min (cm³/cm²)							
Ensaio em laboratório							
	CP1	CP2	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8
1	0,130	0,195	0,013	0,003	0,020	0,041	0,024
2	0,163	0,146	0,008	0,016	0,020	0,065	0,024
3	0,228	0,065	0,013	0,016	0,008	0,036	0,036
4	0,195	0,049	0,008	0,016	0,016	0,036	0,036
média	0,179	0,114	0,011	0,013	0,016	0,044	0,030

Mesmo com a correção das unidades tem-se uma maior absorção em obra do que em laboratório, em maiores proporções, aliás. Dessa maneira, a única coisa que se pode observar de diferente é a absorção da Obra 6, que passa a ser maior do que a de laboratório, com pouca diferença, ficando bem próximas uma da outra. Nenhuma análise pode ser prejudicada com a diferença nos dados. O fato de a Obra 6 ter ficado com essa absorção um pouco menor em obra pode estar associada com a quantidade de água utilizada na mistura, inferior a recomendada pelo fabricante.

7 CONCLUSÕES

Os rejuntas utilizados em revestimentos cerâmicos de fachadas não desempenham sua função de estanqueidade à água. Este desempenho deficiente pode ser influenciado pela execução e pela degradação do material de rejuntamento.

Em todas as obras analisadas, com exceção de uma, o rejunte havia sido escolhido corretamente. O local de aplicação e a espessura das juntas de assentamento estavam de acordo com as indicações dos fabricantes. Falhas durante o processo executivo, no entanto, podem ter sido responsáveis pela grande absorção encontrada em alguns revestimentos. Erros na dosagem da água de amassamento, mau preenchimento das juntas, desconsideração dos tempos em aberto do material e mesmo limpeza inadequada são fatores que alteram o desempenho.

Por outro lado, como a execução não foi acompanhada, bem como as condições nas quais ela foi realizada, clima e temperatura no dia de aplicação do rejunte, não foram abordadas no trabalho, a perda do desempenho dos rejuntas pode ser devido ao envelhecimento do material. As obras que apresentaram fachadas há mais tempo concluídas e em uso, expostas as condições de insolação, vento e variações de temperatura, apresentaram as maiores absorções. Os rejuntas se mostraram envelhecidos, com grande fissuração e perda de cor. A absorção mais acentuada nestas falhas mostra que a má execução ou a perda das propriedades do material influenciam muito na infiltração de água através das juntas.

Estatisticamente a influência do tempo de exposição da fachada no desempenho quanto à estanqueidade do rejunte foi comprovada. Entretanto, as obras visitadas não possuíam idades avançadas e este envelhecimento verificado não poderia estar ocorrendo. O revestimento cerâmico é reconhecido por sua maior durabilidade e menor manutenção em relação aos demais revestimentos externos, de maneira que o rejunte, como parte integrante deste, deveria apresentar estas mesmas características. No entanto, não há normas brasileiras que estabeleçam o tempo de vida útil deste material, bem como, os fabricantes não apresentam garantias de sua durabilidade.

Assim, apesar de os rejuntas apresentarem resultados satisfatórios quanto à absorção de água em laboratório eles não mantêm suas propriedades e degradam-se rapidamente quando exposto as condições do ambiente. Os materiais não conseguem suportar as agressividades do local onde são aplicados e onde deveriam cumprir suas funções corretamente.

A influência da altura de aplicação no desempenho dos rejuntas nas fachadas não foi confirmada. Apesar de, teoricamente, em pavimentos mais elevados, com maior incidência de ventos, o material ter maior probabilidade de contrair e fissurar, absorvendo mais água, estatisticamente, com os dados dos ensaios, isso não foi observado. O baixo número de repetições e os grandes desvios padrões dos resultados dos ensaios podem ter dificultado esta análise. Outra causa para o resultado não ter sido o esperado pode ser a pouca idade dos revestimentos. Com o aumento do tempo de exposição, os mesmos vão degradando e absorvendo mais água e, sendo os pavimentos superiores mais atingidos pelas condições de exposição e pelas movimentações hogrotérmicas, a diferença de absorção entre pavimentos aparecerá.

Dentre os materiais de rejuntamento analisados, os produtos utilizados apenas como rejuntamento do revestimento cerâmico tiveram pior desempenho comparado com os produtos de assentamento e rejuntamento simultâneo de placas cerâmicas. Isto, talvez, poderá ser observado de maneira diferente em edificações antigas. As argamassas cola/rejunta, com o tempo, irão fissurar mais e conseqüentemente absorver mais água do que os rejuntas flexíveis, formulados para absorver mais as deformações.

Por fim, a execução do revestimento cerâmico, principalmente a camada de acabamento, deve ser realizada por profissionais treinados e controlada pelos responsáveis pela obra. Os materiais devem ser escolhidos de forma correta e compatível ao local de aplicação. Apesar de as juntas de assentamento parecerem uma pequena parte do revestimento e por isso sua absorção de água ser desconsiderada, isso não é real. Numa fachada cerâmica as juntas ocupam uma grande área e se o rejunte nelas aplicado não executar a função de vedá-las a infiltração de água acabará por deteriorar o revestimento, implicando em várias manifestações patológicas.

Com relação aos materiais hoje no mercado, estes devem ser melhor analisados em laboratório e em obra. O desempenho do material já aplicado deve ser observado, de maneira que possa cumprir suas funções e suportar as condições a que será sujeito quando em uso.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: revestimento de paredes externas e internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 14992**: argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15575-4**: edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho. Parte 4: sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO. Números do setor. 2008. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br>>. Acesso em: 5 out. 2008.

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**: diretrizes básicas. São Paulo, 2001. Apostila de aula. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C3%A9nicos/revestimentos%20cer%C3%A2micos/apostila%20revestimentos%20cer%C3%A2micos.PDF>>. Acesso em: 9 abr. 2009.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística**: princípios e aplicações. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CAMPANTE, E. F.; SABBATINI, F. H. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada**. São Paulo: EPUSP, 2001. Boletim Técnico BT/PCC/301.

CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico**. 2. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008.

CENTRO CERÂMICO DO BRASIL. Manual de assentamento de revestimento cerâmico: fachadas. Disponível em: <http://ccb.org.br/assentamento/manual_fachadas.pdf>. Acesso em: 25 out. 2008.

CICHINELLI, G. Patologias cerâmicas: por que ocorrem os deslocamentos e trincas em edificações revestidas com cerâmicas e quais as recomendações dos especialistas para evitar problemas. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 14, n. 116, p. 44-50, nov. 2006.

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

GEROLLA, G. Acabamento cerâmico: conheça as principais exigências de desempenho e particularidades do rejuntamento com argamassa em fachadas cerâmicas. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 15, n. 122, p. 38-39, maio 2007.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos**: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOTURCO, B. Capa cerâmica: detalhes de especificação e de execução são os fatores que mais influenciam o desempenho dos revestimentos aderidos. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 14, n. 109, p. 34-38, abr. 2006.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1999. Boletim Técnico BT/PCC/246.

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, T. M.; MITIDIERI FILHO, C. V. Estanqueidade de fachadas à água de chuva. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 14, n. 106, p. 48-53, jan. 2006.

POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede**: método do cachimbo. 1986. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RESENDE, M. M.; JUNGINGER, M. **Análise das características das argamassas de rejuntamento**. São Paulo: EPUSP, 2001. Trabalho final da disciplina PCC 5831 – Tecnologia de produção de revestimentos cerâmicos. Disponível em: <http://www.maxjunginger.pcc.usp.br/images/trabalhos/rejuntamento_arg.pdf>. Acesso em: 24 out. 2008.

RESENDE, M. M. **Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios**: limpeza de revestimentos cerâmicos. 2004. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE CIMENTO. Produtos: argamassa de rejuntamento. Disponível em: <http://www.sinaprocim.org.br/produtos/produtos_argamassa.htm>. Acesso em: 25 out. 2008.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: SAGRA, 1991.

APÊNDICE A – Resultados dos ensaios em obra

Tabela A1: resultados dos ensaios com o Método do Cachimbo

Obra	Pavimento	Cachimbos	Absorção [mL]						Velocidade [mL/min]
			5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	
1	2º	1	0,15	0,20	0,25	0,27	0,29	0,29	0,010
		2	0,15	0,15	0,20	0,25	0,26	0,27	0,009
		3	0,15	0,25	0,30	0,31	0,32	0,33	0,011
		4	0,15	0,20	0,25	0,35	0,40	0,49	0,016
		média	0,15	0,20	0,25	0,30	0,32	0,35	0,012
		desvio padrão	0,00	0,04	0,04	0,04	0,06	0,10	0,003
		máximo	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,49	0,016
		mínimo	0,15	0,15	0,20	0,25	0,26	0,27	0,009
	casa de máquinas	1	0,20	0,35	0,45	0,60	0,70	0,75	0,025
		2	1,40	1,60	1,75	1,90	2,00	2,10	0,070
		3	1,00	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	0,057
		média	0,87	1,08	1,20	1,33	1,43	1,52	0,051
		desvio padrão	0,61	0,65	0,67	0,67	0,67	0,69	0,023
		máximo	1,40	1,60	1,75	1,90	2,00	2,10	0,070
mínimo		0,20	0,35	0,45	0,60	0,70	0,75	0,025	
2	Térreo	1	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,29	0,010
		2	0,17	0,20	0,25	0,28	0,29	0,30	0,010
		3	0,12	0,15	0,19	0,24	0,26	0,28	0,009
		média	0,16	0,18	0,23	0,26	0,28	0,29	0,010
		desvio padrão	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,000
		máximo	0,18	0,20	0,25	0,28	0,29	0,30	0,010
		mínimo	0,12	0,15	0,19	0,24	0,26	0,28	0,009
	casa de máquinas	1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,39	0,013
		2	0,60	0,80	1,00	1,30	1,50	1,65	0,055
		3	0,50	0,70	0,90	1,00	1,20	1,35	0,045
		4	0,40	0,60	0,80	1,00	1,10	1,30	0,043
		média	0,41	0,58	0,74	0,90	1,04	1,17	0,039
		desvio padrão	0,19	0,26	0,34	0,42	0,49	0,54	0,018
		máximo	0,60	0,80	1,00	1,30	1,50	1,65	0,055
mínimo	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,39	0,013		
3	Térreo	1	0,50	0,75	1,15	1,35	1,50	1,65	0,055
		2	0,55	1,00	1,35	1,75	2,00	2,40	0,080
		3	0,40	0,50	0,75	0,90	1,10	1,25	0,042
		média	0,48	0,75	1,08	1,33	1,53	1,77	0,059
		desvio padrão	0,08	0,25	0,31	0,43	0,45	0,58	0,019
		máximo	0,55	1,00	1,35	1,75	2,00	2,40	0,080
		mínimo	0,40	0,50	0,75	0,90	1,10	1,25	0,042
	casa de máquinas	1	0,10	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70	0,023
		2	1,00	1,20	1,50	1,80	2,00	2,30	0,077
		3	2,90	3,70	5,55	7,40	9,25	11,10	0,370
		4	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	0,013
		média	1,04	1,38	1,96	2,54	3,09	3,63	0,121
		desvio padrão	1,31	1,61	2,45	3,30	4,17	5,05	0,168
		máximo	2,90	3,70	5,55	7,40	9,25	11,10	0,370
mínimo	0,10	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	0,013		

Continua

Continuação

Obra	Pavimento	Cachimbos	Absorção [mL]						Velocidade [mL/min]
			5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	
4	Térreo	1	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,008
		2	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,003
		3	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,010
		média	0,15	0,18	0,20	0,20	0,20	0,22	0,007
		desvio padrão	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,003
		máximo	0,25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,010
		mínimo	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,003
	casa de máquinas	1	0,00	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,010
		2	1,20	2,20	2,79	3,60	4,50	5,40	0,180
		3	0,30	0,40	0,40	0,42	0,45	0,50	0,017
		4	0,40	0,40	0,50	0,55	0,60	0,70	0,023
		média	0,48	0,78	0,95	1,19	1,44	1,73	0,058
		desvio padrão	0,51	0,96	1,24	1,61	2,05	2,46	0,082
		máximo	1,20	2,20	2,79	3,60	4,50	5,40	0,180
mínimo	0,00	0,10	0,10	0,20	0,20	0,30	0,010		
5	Térreo	1	3,80	4,90	6,00	7,20	8,40	9,50	0,317
		2	1,50	2,00	2,20	2,50	2,80	3,20	0,107
		3	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	0,200
		média	2,77	3,50	4,13	4,83	5,53	6,23	0,208
		desvio padrão	1,17	1,45	1,90	2,35	2,80	3,16	0,105
		máximo	3,80	4,90	6,00	7,20	8,40	9,50	0,317
		mínimo	1,50	2,00	2,20	2,50	2,80	3,20	0,107
	casa de máquinas	1	0,20	0,35	0,40	0,50	0,55	0,65	0,022
		2	0,25	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,027
		3	0,10	0,25	0,30	0,30	0,40	0,45	0,015
		4	0,30	0,45	0,55	0,75	0,90	1,00	0,033
		média	0,21	0,36	0,44	0,54	0,64	0,73	0,024
		desvio padrão	0,09	0,09	0,11	0,19	0,21	0,23	0,008
		máximo	0,30	0,45	0,55	0,75	0,90	1,00	0,033
mínimo	0,10	0,25	0,30	0,30	0,40	0,45	0,015		
6	3°	1	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,013
		2	0,05	0,10	0,17	0,20	0,21	0,22	0,007
		3	0,25	0,35	0,47	0,60	0,70	0,80	0,027
		média	0,13	0,22	0,30	0,37	0,42	0,47	0,016
		desvio padrão	0,10	0,13	0,16	0,21	0,25	0,30	0,010
		máximo	0,25	0,35	0,47	0,60	0,70	0,80	0,027
		mínimo	0,05	0,10	0,17	0,20	0,21	0,22	0,007
	casa de máquinas	1	0,05	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20	0,007
		2	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	0,42	0,014
		3	0,02	0,05	0,10	0,15	0,17	0,20	0,007
		média	0,09	0,15	0,20	0,25	0,26	0,27	0,009
		desvio padrão	0,10	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,004
		máximo	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	0,42	0,014
		mínimo	0,02	0,05	0,10	0,15	0,17	0,20	0,007

Continua

Continuação

Obra	Pavimento	Cachimbos	Absorção [mL]						Velocidade [mL/min]
			5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	
7	3°	1	0,60	0,80	1,10	1,20	1,35	1,50	0,050
		2	0,40	0,70	1,00	1,25	1,40	1,65	0,055
		3	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35	0,012
		média	0,40	0,58	0,80	0,93	1,03	1,17	0,039
		desvio padrão	0,20	0,29	0,44	0,51	0,59	0,71	0,024
		máximo	0,60	0,80	1,10	1,25	1,40	1,65	0,055
		mínimo	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35	0,012
	casa de máquinas	1	0,10	0,12	0,20	0,22	0,25	0,30	0,010
		2	0,40	0,60	0,80	1,00	1,10	1,20	0,040
		3	0,40	0,60	0,80	1,00	1,10	1,20	0,040
		média	0,30	0,44	0,60	0,74	0,82	0,90	0,030
		desvio padrão	0,17	0,28	0,35	0,45	0,49	0,52	0,017
		máximo	0,40	0,60	0,80	1,00	1,10	1,20	0,040
		mínimo	0,10	0,12	0,20	0,22	0,25	0,30	0,010
8	3°	1	0,10	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,015
		2	0,30	0,50	0,70	0,90	1,10	1,30	0,043
		3	0,30	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	0,047
		4	0,15	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,023
		média	0,21	0,40	0,55	0,69	0,83	0,96	0,032
		desvio padrão	0,10	0,18	0,24	0,31	0,39	0,46	0,015
		máximo	0,30	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	0,047
	mínimo	0,10	0,20	0,30	0,35	0,40	0,45	0,015	
	11°	1	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,027
		2	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	0,040
		3	1,00	1,50	1,70	1,95	2,10	2,30	0,077
		média	0,47	0,77	0,93	1,12	1,27	1,43	0,048
		desvio padrão	0,46	0,64	0,67	0,73	0,74	0,78	0,026
		máximo	1,00	1,50	1,70	1,95	2,10	2,30	0,077
mínimo		0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,027	
9	Térreo	1	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,001
		2	0,20	0,20	0,20	0,22	0,23	0,24	0,008
		3	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,30	0,010
		média	0,12	0,13	0,13	0,15	0,17	0,19	0,006
		desvio padrão	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,005
		máximo	0,20	0,20	0,20	0,22	0,25	0,30	0,010
		mínimo	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,001
	casa de máquinas	1	0,20	0,25	0,30	0,32	0,34	0,34	0,011
		2	0,00	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,003
		3	2,20	4,30	6,50	8,65	10,80	13,00	0,433
		4	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20	0,007
		média	0,63	1,19	1,78	2,32	2,86	3,41	0,114
		desvio padrão	1,05	2,08	3,15	4,22	5,29	6,39	0,213
		máximo	2,20	4,30	6,50	8,65	10,80	13,00	0,433
mínimo	0,00	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,003		

Continua

Continuação

Obra	Pavimento	Cachimbos	Absorção [mL]						Velocidade [mL/min]
			5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	
10	2°	1	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,65	0,022
		2	2,75	5,50	8,25	11,00	13,75	16,50	0,550
		3	0,02	0,05	0,18	0,22	0,25	0,25	0,008
		média	0,96	1,92	2,91	3,87	4,83	5,80	0,193
		desvio padrão	1,55	3,10	4,62	6,17	7,72	9,27	0,309
		máximo	2,75	5,50	8,25	11,00	13,75	16,50	0,550
		mínimo	0,02	0,05	0,18	0,22	0,25	0,25	0,008
	casa de máquinas	1	2,20	4,30	6,50	8,65	10,80	13,00	0,433
		2	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,017
		3	0,00	0,00	0,03	0,08	0,12	0,17	0,006
		4	0,20	0,35	0,50	0,60	0,70	0,75	0,025
		média	0,63	1,21	1,82	2,42	3,01	3,61	0,120
		desvio padrão	1,05	2,06	3,13	4,16	5,20	6,27	0,209
		mínimo	0,00	0,00	0,03	0,08	0,12	0,17	0,006

APÊNDICE B – Resultados dos ensaios em laboratório

Tabela B1: resultados do ensaio de permeabilidade em laboratório

Obr a	corpos-de- prova	fabri- can- te	cor	água/material seco	Absorção (cm ³)							
					10 min	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min	
3 e 6	CP1	C	azul claro	210 mL/kg	0,30	0,60	0,80	1,39	2,13	2,60	3,03	
	CP1				0,40	0,75	1,00	1,69	2,68	3,25	4,00	
	CP1				0,60	1,00	1,40	2,29	3,53	4,77	6,00	
	CP1				0,45	0,80	1,20	1,99	3,38	4,34	5,30	
					média CP1	0,44	0,79	1,10	1,84	2,93	3,74	4,58
					desvio padrão	0,13	0,17	0,26	0,39	0,65	0,99	1,33
					máximo	0,60	1,00	1,40	2,29	3,53	4,77	6,00
					mínimo	0,30	0,60	0,80	1,39	2,13	2,60	3,03
5	CP2	C	marrom claro	250 mL/kg	0,50	0,95	1,20	1,94	3,23	4,20	5,20	
	CP2				0,20	0,60	0,90	1,09	1,58	2,10	2,53	
	CP2				0,10	0,30	0,40	0,74	1,18	1,40	1,98	
	CP2				0,10	0,25	0,30	0,59	1,08	1,35	1,83	
					média CP2	0,23	0,53	0,70	1,09	1,76	2,26	2,89
					desvio padrão	0,19	0,32	0,42	0,60	1,00	1,34	1,57
					máximo	0,50	0,95	1,20	1,94	3,23	4,20	5,20
					mínimo	0,10	0,25	0,30	0,59	1,08	1,35	1,83
1 e 9	CP4	A	marfim	220 mL/kg	0,05	0,05	0,08	0,09	0,13	0,15	0,15	
	CP4				0,02	0,05	0,05	0,09	0,10	0,13	0,13	
	CP4				0,00	0,02	0,08	0,11	0,13	0,15	0,15	
	CP4				0,00	0,02	0,05	0,09	0,10	0,13	0,13	
					média CP4	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,14	0,14
					desvio padrão	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
					máximo	0,05	0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,15
					mínimo	0,00	0,02	0,05	0,09	0,10	0,13	0,13
4 e 7	CP5	D	branco	200 mL/kg	0,00	0,02	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	
	CP5				0,05	0,10	0,10	0,10	0,12	0,15	0,20	
	CP5				0,00	0,05	0,10	0,12	0,18	0,30	0,40	
	CP5				0,05	0,10	0,10	0,14	0,20	0,25	0,35	
					média CP5	0,03	0,07	0,08	0,10	0,15	0,21	0,29
					desvio padrão	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,08	0,10
					máximo	0,05	0,10	0,10	0,14	0,20	0,30	0,40
					mínimo	0,00	0,02	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20
8	CP6	E	branco	300 mL/kg	0,05	0,10	0,12	0,20	0,25	0,40	0,50	
	CP6				0,05	0,08	0,12	0,15	0,22	0,40	0,50	
	CP6				0,00	0,02	0,05	0,12	0,15	0,35	0,45	
	CP6				0,00	0,05	0,10	0,12	0,15	0,25	0,40	
					média CP6	0,03	0,06	0,10	0,15	0,19	0,35	0,46
					desvio padrão	0,03	0,04	0,03	0,04	0,05	0,07	0,05
					máximo	0,05	0,10	0,12	0,20	0,25	0,40	0,50
					mínimo	0,00	0,02	0,05	0,12	0,15	0,25	0,40
2	CP7	B	cinza claro	250 mL/kg	0,15	0,22	0,25	0,42	0,59	0,73	0,98	
	CP7				0,22	0,35	0,40	0,55	0,69	0,83	0,88	
	CP7				0,12	0,15	0,22	0,42	0,64	0,78	0,98	
	CP7				0,12	0,20	0,22	0,40	0,51	0,68	0,88	
					média CP7	0,15	0,23	0,27	0,45	0,61	0,76	0,93
					desvio padrão	0,05	0,09	0,09	0,07	0,08	0,06	0,06
					máximo	0,22	0,35	0,40	0,55	0,69	0,83	0,98
					mínimo	0,12	0,15	0,22	0,40	0,51	0,68	0,88
10	CP8	F	marrom escuro	250 mL/kg	0,12	0,12	0,15	0,35	0,61	0,88	0,83	
	CP8				0,05	0,12	0,15	0,22	0,49	0,73	1,08	
	CP8				0,12	0,15	0,22	0,40	0,59	0,88	0,88	
	CP8				0,12	0,15	0,22	0,40	0,59	0,88	0,88	
					média CP8	0,10	0,14	0,19	0,34	0,57	0,84	0,92
					desvio padrão	0,04	0,02	0,04	0,09	0,05	0,08	0,11
					máximo	0,12	0,15	0,22	0,40	0,61	0,88	1,08
					mínimo	0,05	0,12	0,15	0,22	0,49	0,73	0,83

APÊNDICE C – Registro fotográfico dos ensaios em obra

Obra 1 – Fabricante A

Figura C1: permeabilidade do rejunte – Obra 1

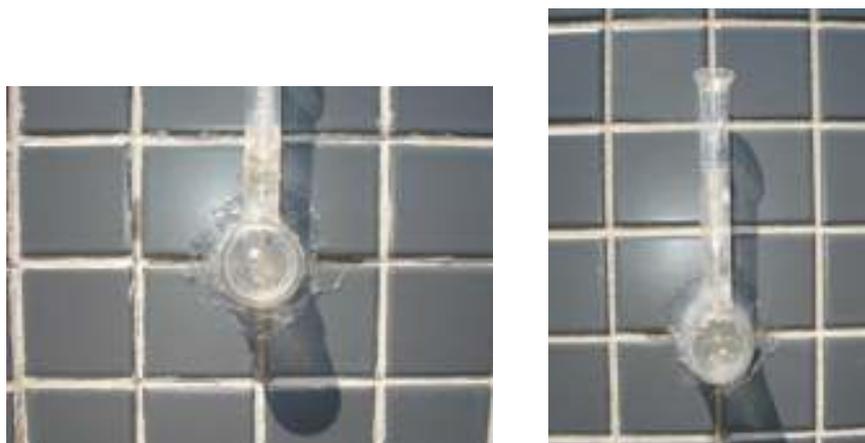
Obra 2 – Fabricante B

Figura C2: permeabilidade do rejunte – Obra 2

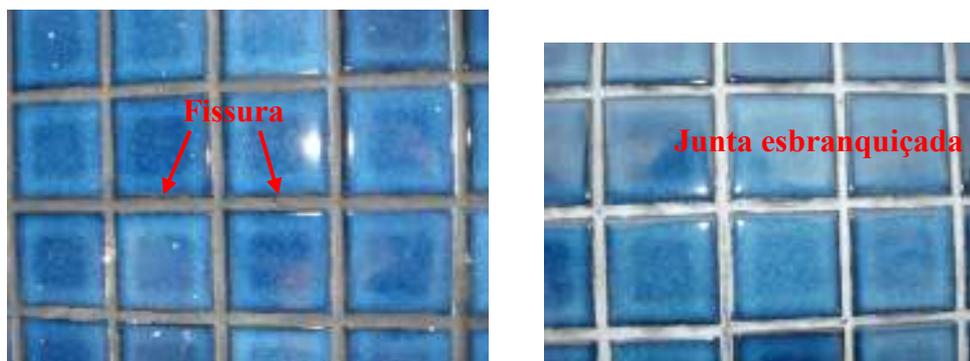
Obra 3 – Fabricante C

Figura C3: envelhecimento do rejunte – Obra 3



Figura C4: permeabilidade do rejunte – Obra 3

Obra 4 – Fabricante D

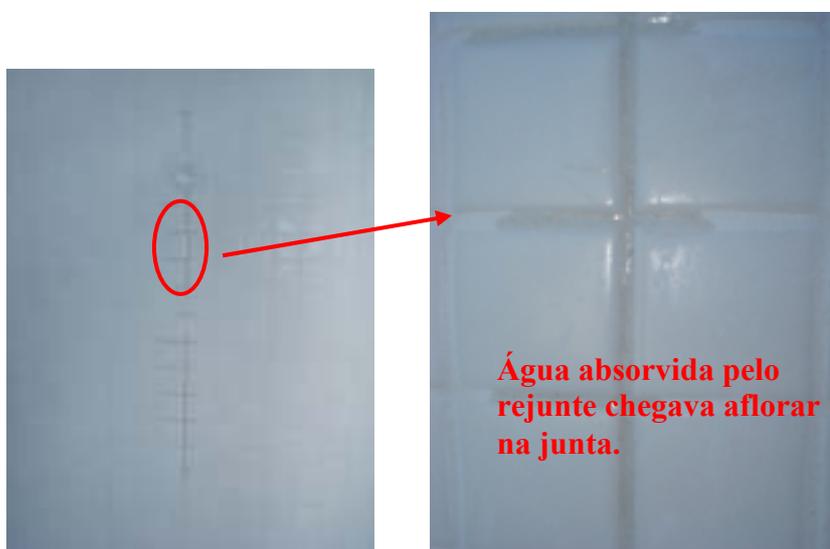


Figura C5: permeabilidade do rejunte – Obra 4

Obra 5 – Fabricante C



Figura C6: permeabilidade do rejunte – Obra 5

Obra 6 – Fabricante C

Figura C7: juntas Obra 6 sem sinais de envelhecimento e permeabilidade de água

Obra 7 – Fabricante

Figura C8: rejuntamento com muitas falhas



Figura C9: permeabilidade do rejunte - Obra 7

Obra 8 – Fabricante E

Figura C10: cachimbos Obra 8



Figura C11: permeabilidade do rejunte – Obra 8

Obra 9 – Fabricante A

Figura C12: umidade nas juntas – bolor no rejunte



Figura C13: falha no rejuntamento

Obra 10 – Fabricante F



Figura C14: porosidade do rejunte



Figura C15: permeabilidade do rejunte – Obra 10 (pavimento inferior)



Figura C16: envelhecimento do rejunte – Obra 10



Figura C17: permeabilidade do rejunte – Obra 10 (pavimento superior)

APÊNDICE D – Registro fotográfico do ensaio em laboratório



Figura D1: misturador mecânico



Figura D2: fôrmas para corpos-de-prova



Figura D3: corpos-de-prova



Figura D4: ensaio de permeabilidade - corpos-de-prova 1, 2 e 4



Figura D5: ensaio de permeabilidade - corpos-de-prova 5 e 6

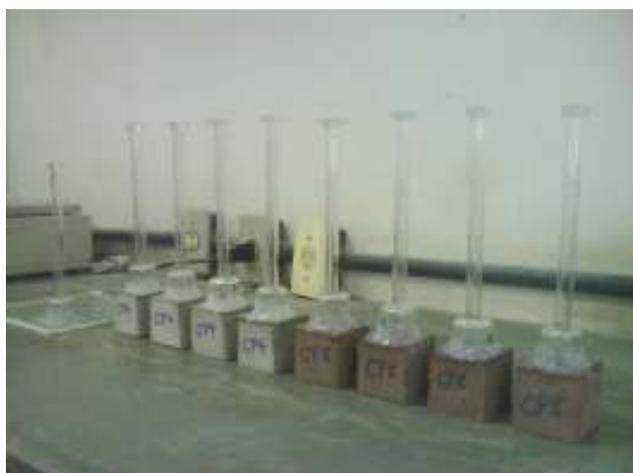


Figura D6: ensaio de permeabilidade - corpos-de-prova 7 e 8