

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

**Bruna Maciel Grochot**

**AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE ENSAIO PRECONIZADOS  
NA NBR 15575-4/2010 QUANTO À ESTANQUEIDADE À  
ÁGUA APLICADOS EM REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**BRUNA MACIEL GROCHOT**

**AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE ENSAIO PRECONIZADOS  
NA NBR 15575-4/2010 QUANTO À ESTANQUEIDADE À  
ÁGUA APLICADOS EM REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA**

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**  
**Coorientadora: Laís Zucchetti**

Porto Alegre  
dezembro 2012

**BRUNA MACIEL GROCHOT**

**AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE ENSAIO PRECONIZADOS  
NA NBR 15575-4/2010 QUANTO À ESTANQUEIDADE À  
ÁGUA APLICADOS EM REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA**

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, dezembro de 2012

Profa. Ângela Borges Masuero  
Dra. pela UFRGS  
Orientadora

Arq. Laís Zucchetti  
MSc. pela UFRGS  
Coorientadora

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Ângela Borges Masuero (UFRGS)**  
Dra. pela UFRGS

**Arq. Laís Zucchetti**  
MSc. pela UFRGS

**Eng. Anderson Augusto Müller**  
Eng. Civil pela UFRGS

**Eng. Luciana de Nazaré Pinheiro**  
**Cordeiro**  
MSc. pela UFRGS

Dedico este trabalho a meus pais, Lusuir e Fátima,  
e ao meu irmão Rafael, que sempre me apoiaram,  
especialmente na escolha do Curso de Graduação,  
e durante, com muito amor, paciência e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, Profa. Ângela Borges Masuero, por ter aceitado me orientar e disponibilizar seu tempo para auxiliar no desenvolvimento deste trabalho, pela atenção e dedicação, e por todas as ideias e informações fornecidas, buscando sempre a melhoria do tema e do conteúdo.

Agradeço à minha coorientadora, Lais Zucchetti, por ter aceitado a auxiliar na orientação, pela presença, especialmente no laboratório, para me ajudar a planejar, preparar e executar meus ensaios, além de todos os conselhos fornecidos.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, a quem dedico minha total admiração pelo excelente trabalho que faz com uma dedicação inigualável.

À minha família, que sempre me apoiou e me deu forças para ir até o fim, superando todas as dificuldades, e que não mediu esforços para fazer o possível para me ajudar.

Ao Lucas, por tudo, mas em especial pelo companheirismo e pela paciência, e por me ajudar sempre que eu precisava, desde os ensaios para os seminários, opiniões no conteúdo do trabalho, até nos ensaios no laboratório.

A todos os meus amigos, que reclamam da minha ausência desde que entrei na Engenharia, quero que saibam que mesmo com toda a correria, não esqueço de vocês nunca.

Um agradecimento especial: às amigas Carla e Bruna, que me acompanharam durante todo o curso, agradeço o companheirismo e o apoio dentro e fora da UFRGS; à Édina, minha eterna vizinha, que foi minha companheira de TCC durante os dois semestres, pelo apoio e incentivo em todas as horas; e aos amigos Gabriel Bernardes e Casemiro, pela companhia e amizade.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.

*Albert Einstein*

## RESUMO

Este trabalho trata da avaliação de ensaios normatizados, do ponto de vista de estanqueidade, para a análise de revestimentos externos produzidos com argamassas industrializadas. A pesquisa bibliográfica foi base para seu desenvolvimento e, uma vez que inexistem normas que avaliam o desempenho quanto à estanqueidade de sistemas de revestimentos de argamassa conforme a necessidade deste trabalho, a mesma voltou-se para a NBR 15575-4/2010, que fornece subsídios para o desenvolvimento de avaliações de sistemas de vedação vertical. Esta Norma apresenta dois ensaios referentes à estanqueidade, abordados neste trabalho. O primeiro consistiu em fixar – em prismas – caixas com buretas anexadas e preenchê-las com água, para medir o volume infiltrado em um intervalo de tempo pré-determinado; este foi aplicado em três mini paredes de alvenaria, com revestimentos de argamassa (um fornecedor diferente para cada prisma) nas duas faces do volume. Ainda, foi aplicada uma camada de acabamento com tinta econômica, material com alta permeabilidade à água se comparada a tintas à base de resinas. O outro consistiu na fixação de uma câmara de estanqueidade que aplica simultaneamente jatos de ar e água constantes em um prisma com dimensões maiores, construído da mesma forma que as demais paredes (menores). Como estes dois ensaios fornecem dados acerca do desempenho quanto à estanqueidade do sistema e da argamassa de forma isolada, resolveu-se avaliá-la através de um teste destrutivo, o Método de Kelham (desenvolvido para avaliar o comportamento do concreto quanto à sucção de água), em busca de um ponto em comum entre as argamassas ensaiadas. Este método analisa a absorvidade de corpos de prova extraídos dos prismas, pela submersão dos mesmos em água seguida de sua pesagem (em certos intervalos de tempo), para avaliar a evolução da absorção pelo material. Sua aplicação corroborou com os resultados dos demais ensaios: o revestimento argamassado sem um acabamento de baixa permeabilidade é altamente poroso e permeável. Assim, pôde-se chegar à conclusão que a falta de uma camada de tinta eficaz (de baixa permeabilidade) tem como consequência a entrada de água no conjunto. Concluiu-se também que, para a avaliação realizada neste trabalho, os ensaios preconizados na NBR 15575-4/2010 não foram totalmente eficazes para avaliar a estanqueidade dos sistemas de revestimentos de argamassa utilizados, fornecendo apenas indicativos do desempenho do sistema, uma vez que as descrições dos testes demonstraram-se deficientes em detalhamento e especificações.

Palavras-chave: Ensaio de estanqueidade. NBR 15575-4/2010. Método de Kelham.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas do projeto de pesquisa .....	17
Figura 2 – Camadas dos revestimentos de argamassa .....	25
Figura 3 – Relação entre o diâmetro do poro e a absorção capilar .....	31
Figura 4 – Fatores que influenciam na penetração da umidade .....	33
Figura 5 – Panos corridos verticalmente .....	35
Figura 6 – Diagrama dos fluxos de água em detalhes com diferentes geometrias .....	36
Figura 7 – Prismas de dimensões 0,90x0,60m com argamassa aplicada .....	39
Figura 8 – Prismas de dimensões 1,50x1,00m para realização dos três ensaios .....	40
Figura 9 – Esquema correlacionando fornecedores, ensaios e prismas .....	41
Figura 10 – Prismas prontos para os ensaios .....	41
Figura 11 – Caixas do ensaio fixadas nos prismas .....	43
Figura 12 – Caixa com bureta graduada .....	43
Figura 13 – Câmara fixada ao prisma .....	45
Figura 14 – Pontos de corpos de prova extraídos .....	46
Figura 15 – Esquema de vedação dos corpos de prova para Método de Kelham .....	47
Figura 16 – Corpos de prova selados e vedados .....	47
Figura 17 – Dispositivo metálico acoplado na balança hidrostática para pesagem dos corpos-de prova úmidos .....	48
Figura 18 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor A, lado 1 .....	51
Figura 19 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor A, lado 2 .....	51
Figura 20 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor B, lado 1 .....	52
Figura 21 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor B, lado 2 .....	52
Figura 22 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor C, lado 1 .....	53
Figura 23 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor C, lado 2 .....	53
Figura 24 – Mancha de água do sistema de revestimento: prisma grande após 6 horas ..	54
Figura 25 – Análise termográfica da parede durante o ensaio da câmara .....	56
Figura 26 – Análise termográfica da parede após 5 horas de ensaio (câmara) .....	56
Figura 27 – Análise da mancha na face da parede em contato com a câmara .....	57
Figura 28 – Localização dos pontos de extração dos corpos de prova (prismas menores) .....	58
Figura 29 – Localização dos pontos de extração dos corpos de prova (prisma maior) ....	58
Figura 30 – Legenda dos pontos de extração demonstrados nos gráficos .....	60
Figura 31 – Ganho de massa de água em função de $\sqrt{t}$ para argamassa do fornecedor A aplicada sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento) .....	63



Figura 32 – Ganho de massa de água em função de $\sqrt{t}$ para argamassa do fornecedor B aplicada sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento) .....	64
Figura 33 – Ganho de massa de água em função de $\sqrt{t}$ para argamassa do fornecedor C aplicada sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento) .....	65
Figura 34 – Ganho de massa de água em função de $\sqrt{t}$ para argamassa do fornecedor B aplicada no prisma de maior dimensão sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento) .....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios gerais de classificação dos revestimentos .....	20
Quadro 2 – Atividades e equipamentos de produção das argamassas .....	28
Quadro 3 – Propriedades das argamassas dos fornecedores A, B e C .....	38
Quadro 4 – Relação entre ensaios aplicados e (a) fornecedores; (b) tamanhos dos prismas .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor A .....	59
Tabela 2 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor B .....	59
Tabela 3 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor C .....	59
Tabela 4 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor B (prisma grande) .....	59
Tabela 5 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor A .....	63
Tabela 6 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor B .....	64
Tabela 7 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor C .....	65
Tabela 8 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor B (prisma grande) .....	66

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	15
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	15
<b>2.2.2 Objetivos secundários</b> .....	15
2.3 DELIMITAÇÕES .....	16
2.4 LIMITAÇÕES .....	16
2.5 DELINEAMENTO .....	16
<b>3 REVESTIMENTOS DE FACHADA</b> .....	19
3.1 CLASSIFICAÇÃO .....	19
3.2 VIDA ÚTIL .....	21
3.3 DESEMPENHO .....	22
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA</b> .....	24
4.1 CAMADAS DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA .....	24
<b>4.1.1 Emboço</b> .....	25
<b>4.1.2 Reboco</b> .....	26
<b>4.1.3 Massa única</b> .....	26
<b>4.1.4 Chapisco</b> .....	26
4.2 PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA .....	27
4.3 PROPRIEDADES .....	29
<b>5 ESTANQUEIDADE</b> .....	30
5.1 MECANISMOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA .....	30
5.2 PENETRAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA .....	32
5.3 INFLUÊNCIA DOS DETALHES ARQUITETÔNICOS E CONSTRUTIVOS EM FACHADAS .....	34
<b>6 PROGRAMA EXPERIMENTAL</b> .....	37
6.1 PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....	37
6.2 ENSAIOS REALIZADOS .....	41
<b>6.2.1 Método do anexo D da NBR 15575-4</b> .....	42
<b>6.2.2 Método do anexo C da NBR 15575-4</b> .....	44
<b>6.2.3 Método de Kelham</b> .....	45
<b>7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	50

7.1 MÉTODO DO ANEXO D DA NBR 15575-4 .....	50
7.2 MÉTODO DO ANEXO D DA NBR 15575-4 .....	55
7.3 MÉTODO DE KELHAM .....	57
<b>8 CONCLUSÕES</b> .....	67
REFERÊNCIAS .....	68
APÊNDICE A .....	70



## 1 INTRODUÇÃO

Devido à importância das funções exercidas pelas fachadas e seus constituintes, observa-se que o segmento da construção civil precisa aumentar sua preocupação com os revestimentos externos das edificações, compatibilizando projeto, mão de obra, sistemas construtivos e materiais necessários para a realização dos mesmos. Isso pode ser notado pela grande incidência de problemas como descolamentos, fissuras, aparecimento de microrganismos e presença de umidade, gerados pela falta de cuidado com a etapa de revestimento da construção.

A execução dos revestimentos de fachada é de grande complexidade, já que esta varia em fatores como composição e desempenho, tornando-a peculiar para cada uso e função. A variabilidade dos materiais disponíveis no mercado leva os engenheiros a optarem por soluções empíricas, com resultados imprevistos, dificultando as etapas de projeto, execução e controle de qualidade.

Os revestimentos externos são os primeiros componentes da edificação a sofrerem a ação dos agentes agressivos, dentre eles o vento, a chuva, a emissão de gases, a poeira, a temperatura ambiente e a radiação solar. Portanto, têm como função proteger a estrutura da edificação contra esses agentes, aumentando sua durabilidade e reduzindo os custos com sua manutenção.

Para Petrucci (2000, p. 1-2), a necessidade de durabilidade dos edifícios contrasta com a ideia de envelhecimento. Os edifícios sofrem desgastes causados tanto pelo homem como pela natureza, com o passar do tempo, e os materiais que compõe as edificações estão sujeitos a processos físicos, químicos e biológicos resultando em uma deterioração contínua. O ciclo de vida das construções e de seus materiais é determinado pelas condições ambientais às quais estão submetidos, e assim, sofrem constantes mudanças com o tempo.

Para avaliar os efeitos da agressividade dos agentes mencionados nos materiais utilizados na construção, diversos laboratórios vêm, ao longo do tempo, desenvolvendo diferentes métodos de ensaios que auxiliam no seu estudo e compreensão, buscando simular situações cada vez mais próximas à realidade. Com os resultados destes ensaios, é possível atuar na melhoria do

desempenho dos materiais contra os problemas decorrentes das ações prejudiciais do meio em que se encontram, e buscar uma redução no aparecimento das manifestações patológicas.

Um estudo realizado no IPT em edificações habitacionais verificou que grande parte das manifestações observadas decorria da infiltração, independentemente da idade da construção (IOSHIMOTO, 1988). Esta ocorre pelo desempenho inadequado de uma das propriedades do revestimento externo: a estanqueidade. Cuidados na execução da edificação, como pelo uso de detalhes construtivos, entre outros, pode auxiliar a evitar a presença desta manifestação que com frequência atrapalha o conforto dos usuários e por vezes a segurança das edificações.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar os métodos de ensaio fornecidos pela norma de desempenho NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a) quanto à estanqueidade, por meio da verificação do desempenho de revestimentos externos produzidos com argamassas industrializadas. Com amostras desses materiais, foram feitas simulações – em laboratório – de sistemas de revestimento, formados por paredes de alvenaria. Para conseguir resultados fiéis ao cenário real, os ensaios foram feitos em prismas de blocos cerâmicos, nos quais foram aplicadas camadas de argamassa de revestimento externo de diferentes fornecedores e pintura em tinta à base de cal, como acabamento.

Além deste capítulo inicial de introdução, o trabalho é formado pelo capítulo 2, que descreve as diretrizes da pesquisa, como objetivos e hipótese do trabalho. Em seguida, encontram-se os capítulos de pesquisa bibliográfica: o capítulo 3, contendo uma visão geral sobre revestimentos de fachada; o capítulo 4, com uma visão mais específica sobre revestimentos de argamassa e sua caracterização; e o capítulo 5, que explica a estanqueidade e como evitar a penetração de água na edificação. Assim, os capítulos seguintes englobam a parte prática do trabalho: no capítulo 6, encontra-se o programa experimental, no qual estão descritos os ensaios realizados e a preparação dos mesmos; no capítulo 7, a obtenção e análise dos resultados obtidos nos ensaios; e, finalmente, no capítulo 8, as conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho.



## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são apresentadas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: os ensaios presentes na norma de desempenho NBR 15575-4/2010 referentes à estanqueidade são adequados para a análise de sistemas de vedação compostos por revestimentos externos executados com argamassa industrializada, aplicadas sobre blocos cerâmicos, com acabamento em pintura com tinta econômica, à base de cal?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é a verificação da possibilidade de uso dos ensaios presentes na NBR 15575-4/2010 referentes à estanqueidade para a análise proposta de desempenho de sistemas de vedação compostos por revestimentos externos executados com argamassa industrializada, aplicadas sobre blocos cerâmicos, com acabamento em pintura com tinta econômica à base de cal.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são a análise da:

- a) influência do fabricante de argamassas industrializadas no desempenho quanto à estanqueidade do sistema de vedação vertical;
- b) influência do fabricante na absorvidade das argamassas.

## 2.3 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a avaliar revestimentos externos executados com as argamassas industrializadas (fornecidas em sacos) comumente usadas nas edificações de Porto Alegre.

## 2.4 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

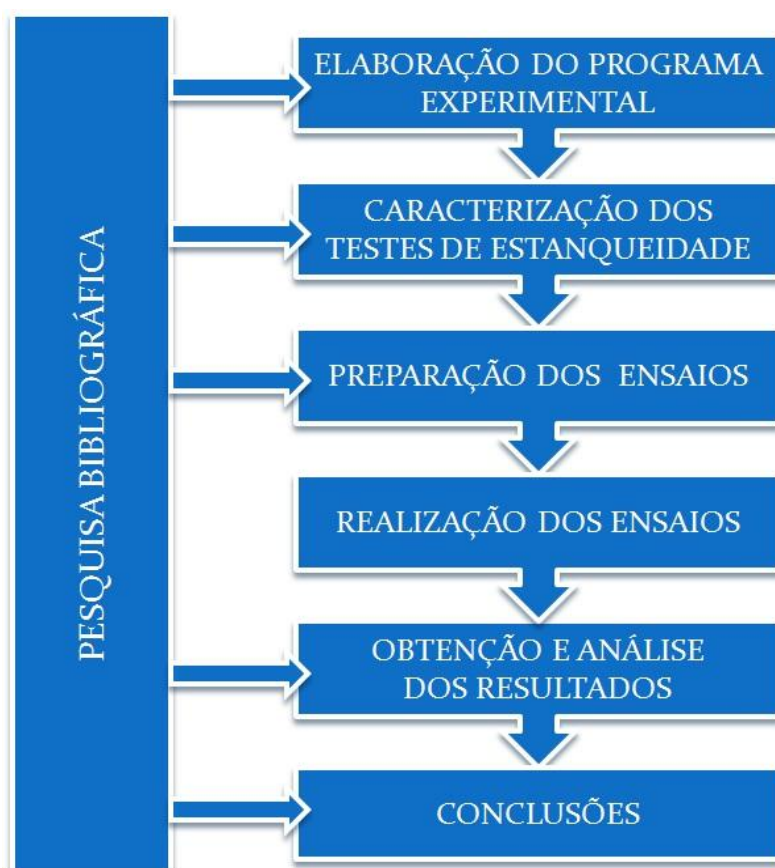
- a) os substratos que receberam os revestimentos argamassados foram confeccionados por blocos cerâmicos de mesmo fornecedor;
- b) a avaliação do desempenho quanto à estanqueidade foi realizada com argamassas industrializadas de três diferentes fornecedores;
- c) para o acabamento em pintura, foi utilizada tinta econômica à base de cal;
- d) o ensaio da câmara foi executado no sistema de revestimento constituído por apenas uma marca de argamassa.

## 2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) elaboração do programa experimental;
- c) caracterização dos testes de estanqueidade;
- d) preparação dos ensaios;
- e) realização dos ensaios;
- f) obtenção e análise de resultados;
- g) conclusões.

Figura 1 – Diagrama das etapas do projeto de pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

Durante a **pesquisa bibliográfica**, buscou-se aprofundar o conhecimento sobre os revestimentos externos e mecanismos de entrada de água, além do estudo dos diversos ensaios utilizados para poder avaliar a estanqueidade dos revestimentos de argamassa. Como a pesquisa bibliográfica é a base teórica do projeto, foi fonte de informações para dar suporte às conclusões, e foi realizada desde o início até o fechamento do trabalho.

A primeira etapa prática do trabalho foi a **elaboração do programa experimental**. A escolha das argamassas e do acabamento a serem utilizados nos testes é primordial para a obtenção de resultados que sejam fiéis ao cenário real e para ajudar a adquirir os resultados visados. Nessa etapa, definiu-se o número de prismas a serem executados, além dos fabricantes das argamassas de revestimento e do sistema de pintura que seria utilizado para fazer o acabamento. Em adição, definiram-se os tempos necessários para preparo dos prismas e realização dos testes, e quais ensaios seriam utilizados.

Após a seleção dos materiais para execução dos testes e a definição dos tempos para executá-los, foi feita a **caracterização dos testes de estanqueidade**, quando se fez uma análise mais detalhada dos requisitos e critérios de avaliação da estanqueidade de sistemas de vedação vertical da NBR 15575-4/2010, ou seja, aparelhos necessários para os ensaios e diretrizes a serem seguidas para a realização dos mesmos. Nesta etapa, decidiu-se executar mais um ensaio (destrutivo, pelo Método de Kelham) para comparação com os resultados dos outros ensaios.

Quando já haviam sido definidos os materiais e revistos os ensaios e parâmetros necessários, foi feita a **preparação dos ensaios**. Primeiramente, foram montados os prismas que serviram de base nos ensaios, sendo estes executados com blocos cerâmicos. Foram executadas três mini paredes e uma parede maior para a aplicação dos diferentes ensaios. Sobre cada prisma, aplicou-se a argamassa de revestimento de um dos três fabricantes correspondentes (com aplicação em ambos os lados nas paredes menores) seguida do acabamento em pintura feito com tinta à base de cal. Assim que os prismas estavam prontos para serem ensaiados, iniciou-se a etapa de **realização dos ensaios**, quando foram executados os testes de estanqueidade mencionados na Norma, e o ensaio pelo Método de Kelham.

Com o término dos ensaios, iniciou-se a etapa de **obtenção e análise de resultados**, quando foram registrados os resultados obtidos pelos testes para comparação entre eles e verificação de qualquer presença de variação. A última etapa foi a das **conclusões**, quando se analisou se os resultados obtidos nos testes foram conclusivos, e se os objetivos do trabalho foram alcançados.

### 3 REVESTIMENTOS DE FACHADA

Polisseni (1986, p. 40-41) caracteriza o revestimento como o recobrimento da superfície da parede, em uma ou mais camadas de espessura uniforme, executado com um mesmo material ou materiais distintos, que tem como finalidade a proteção ou o embelezamento. Já Sabbatini (1990) designa aos revestimentos as funções de:

- a) proteção da estrutura e das vedações contra a ação de agentes agressivos, evitando a degradação precoce das mesmas, e conseqüentemente, aumentando a durabilidade e reduzindo os custos de manutenção dos edifícios;
- b) isolamento termoacústico, estanqueidade à água e aos gases e segurança ao fogo;
- c) estética e acabamento, pela valorização da construção e determinação do padrão do edifício.

Este ainda salienta que, embora muitas vezes utilizados para isto, não é função dos revestimentos dissimular imperfeições grosseiras das alvenarias ou das estruturas de concreto armado. Ao fazer a correção por meio do revestimento, problemas como ineficiência técnica e ausência de controle na execução das etapas precedentes acabam sendo mascarados.

Para que a escolha do revestimento a ser utilizado seja feita de forma correta, é necessário compreender como utilizá-los e o que é exigido dos mesmos. Sendo assim, os itens a seguir constituem uma caracterização dos revestimentos de acordo com a sua classificação, vida útil e desempenho exigido pelos usuários, deixando mais clara esta seleção de acordo com o cenário no qual será aplicado.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO

Sabbatini et al. (2003, p. 6) classificam os revestimentos segundo os seguintes critérios: superfície a revestir, ambiente de exposição, mecanismo de fixação à base, continuidade superficial e materiais, conforme demonstrado no quadro 1. Segundo Maciel et al. (1998, p. 11-12), o revestimento deve apresentar características próprias em função do tipo de critério considerado, resultando em comportamentos variados nas diversas situações.

Quadro 1 – Critérios gerais de classificação dos revestimentos

<b>Critério de classificação</b>	<b>Tipo</b>
Superfície a revestir	Vedação horizontal inferior (piso)
	Vedação horizontal superior (teto)
	Vedação vertical (parede)
Ambiente de exposição	Internos: áreas secas ou molhadas
	Externos (fachada)
Mecanismo de fixação à base	Aderentes
	Fixados por dispositivos
	Não aderentes
Continuidade superficial	Monolíticos ou contínuos
	Modulares
Materiais	Monolíticos
	Modulares

(fonte: adaptado de MACIEL et al., 1998, p. 11)

Dentre os revestimentos com fixação aderente, encontram-se os revestimentos cerâmicos e os de argamassa. Já na classificação de não aderido, entram aqueles fixados à base com auxílio de componentes mecânicos, como insertos ou parafusos, além daqueles que ficam simplesmente apoiados.

Com relação à continuidade superficial (que se refere à visibilidade das juntas), as especificações recebem a mesma denominação que a criada para diferenciar o tipo de material. A classificação da continuidade monolítica é utilizada quando não há juntas aparentes, ou seja, em revestimentos de argamassas e pastas com aplicação de pintura ou textura, ou em argamassas pigmentadas (como a monocapa); usa-se a mesma ideia para a descrição dos materiais monolíticos. A continuidade modular é constituída por juntas aparentes, que estão presentes em materiais modulares, como por exemplo, cerâmicas, rochas, madeiras e sintéticos (SABBATINI et al., 2003, p. 10-11).

Este trabalho foca nos revestimentos de argamassa utilizados nas fachadas. Desta forma, considerando as classificações mencionadas, o estudo limita-se aos revestimentos de vedação vertical, externos, aderentes e monolíticos.

### 3.2 VIDA ÚTIL

A NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 23-24) conecta a durabilidade do edifício e de seus sistemas com a exigência econômica do usuário, já que reflete no custo global do bem imóvel. Além disso, estabelece que, desde que realizadas intervenções periódicas de manutenção e conservação, o edifício deve manter a capacidade funcional durante a vida útil prevista em projeto sem os sinais de desgaste. De acordo com a Norma:

A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender as exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

Para Polisseni (1986, p. 52), a vida útil de uma edificação é estritamente relacionada com a vida útil dos materiais que a compõem. Se a manutenção (ou reposição) de um componente da estrutura é restrita, o acesso da área for limitado (ou até inacessível), ou o processo em si for antieconômico, este componente deve ter uma vida útil igual a do edifício. No caso de um componente que apresente facilidades no processo e o custo seja baixo, este pode apresentar uma vida útil inferior à da edificação já que, com a manutenção, a integridade da estrutura não é comprometida.

Kazmierczac (1989, p. 18-20) ressalta que a degradação da edificação ao longo do tempo é reflexo da perda do desempenho inicial dos componentes. O desempenho efetivo acaba ficando abaixo dos níveis mínimos aceitáveis, o que é considerado como o fim de sua vida útil. Por isso, a análise de desempenho dos materiais antes da aplicação na estrutura é importante para verificar se determinado componente ou material, destinado a uma determinada função, é o mais adequado, tornando-se aliada da metodologia de normalização, possibilitando a avaliação de novos produtos e técnicas, além da verificação do super ou subdimensionamento de materiais já consagrados.

É necessário salientar que se não for definida uma vida útil de projeto (que é a vida útil requerida pelo usuário estabelecida antes da execução do edifício), a tendência de escolha é a de menor custo inicial, sendo esta, normalmente, menos durável e de maior custo de manutenção, provocando um maior custo global. Na decisão da vida útil de projeto, é importante analisar a situação encontrada: se a obra for provisória ou o componente escolhido for facilmente substituído, o usuário pode optar por uma vida útil menor, com um menor custo inicial, desde que se comprometa a realizar as manutenções necessárias. Se esta etapa não for cumprida, eventuais manifestações patológicas podem surgir do uso inadequado, não sendo derivadas de uma construção falha (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010b, p. 38-39).

### 3.3 DESEMPENHO

Segundo Lichtenstein<sup>1</sup> (1986 apud MELO JR., 2010, p. 20), o desempenho é o resultado da interação entre as ações externas e a capacidade do edifício em reagir a estes fatores – também denominados agentes agressivos. Polisseni (1986, p. 43-54) explica que o conjunto desses agentes atuando sobre o edifício, durante sua vida útil, denomina-se condições de exposição. Quando submetidos a essas condições, os revestimentos de fachada deverão atender a certos requisitos e critérios de desempenho pré-estabelecidos. Após a definição dos requisitos e critérios a serem atendidos pelo edifício, seus componentes e elementos, são necessários métodos de avaliação para constatar se tais produtos seguem as condições impostas previamente.

A NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010a) menciona que os sistemas de vedações verticais internas e externas dos edifícios integram-se aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando no desempenho destes. As vedações verticais exercem funções muito importantes na edificação, como a estanqueidade a água e a isolamento térmica e acústica. Assim, a Norma lista e descreve os requisitos mínimos de desempenho exigidos considerados importantes nesta parte da obra, e dentre eles estão:

---

<sup>1</sup> LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986. Boletim técnico n. 6.



- a) segurança estrutural, que inclui resistência mecânica, deslocamentos, fissuras e descolamentos;
- b) segurança contra incêndio;
- c) estanqueidade;
- d) desempenhos térmico, acústico e luminítico;
- e) durabilidade e manutenibilidade.

Kazmierczac (1989, p. 17-18) lembra que na busca da melhora do desempenho de um componente, devem ser consideradas todas as exigências a serem atendidas em conjunto. Um desempenho otimizado perante um determinado requisito não leva necessariamente à otimização de todas as características do material.

## **4 CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA**

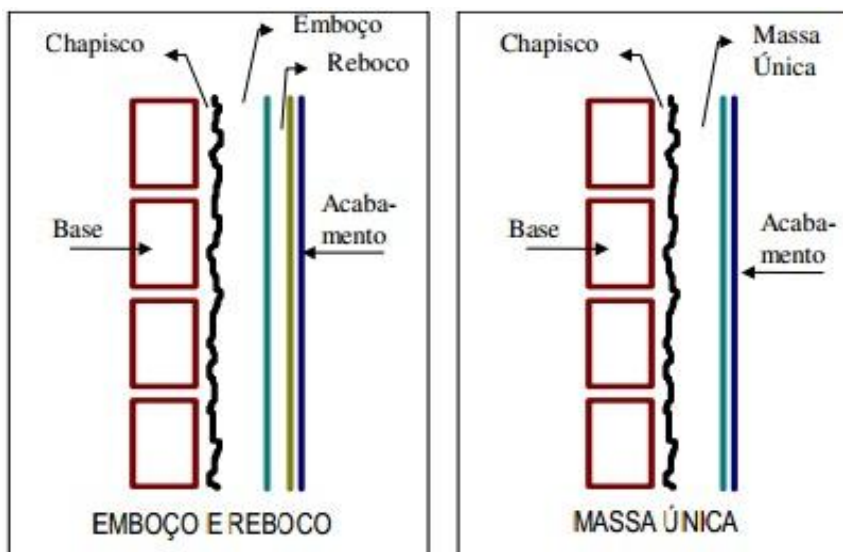
Maciel et al. (1998, p. 2) afirmam que os revestimentos de argamassa precisam apresentar um conjunto específico de propriedades – relativas aos seus estados fresco e endurecido – para que cumpram adequadamente as suas funções. Somente após entender essas propriedades e os fatores que influenciam a sua obtenção, é possível prever o comportamento do revestimento nas diferentes situações nas quais será utilizado. Dentre as propriedades relacionadas com o estado fresco, estão a trabalhabilidade, a retenção de água e a aderência inicial; no estado endurecido, é necessário analisar aspectos como a aderência, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica, a estanqueidade e a durabilidade.

Os revestimentos de argamassa variam de acordo com a necessidade e as condições disponíveis para o uso. A escolha deve ser baseada num conjunto de características que auxiliem na obtenção de um revestimento que atinja um desempenho desejado, incluindo as condições de exposição (interno ou externo) e o plano de aplicação (vertical ou horizontal). Os itens a seguir auxiliam no esclarecimento dessas características classificando os revestimentos de acordo com o número de camadas constituintes, a produção das argamassas (industrializada, preparada em obra ou fornecida em silos) e as funções e propriedades requisitadas durante e após sua aplicação.

### **4.1 CAMADAS DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA**

Como mencionado no capítulo anterior, os revestimentos de argamassa podem ser formados por somente uma camada, denominada massa única, ou por duas camadas, chamadas de emboço e reboco. Maciel et al. (1998, p. 12) explicam que, nos revestimentos constituídos por uma única camada, a mesma deve cumprir as funções de regularização da base e acabamento, diferentemente dos de duas camadas, nos quais cada uma cumpre uma das funções – o emboço é a camada que regulariza a base e o reboco dá o acabamento. Em ambos os casos, o revestimento pode ser aplicado sobre uma camada de preparo da base, denominada chapisco. De forma opcional, pode-se ter a aplicação de um acabamento decorativo sobre a sua superfície. O posicionamento das camadas está ilustrado na figura 2.

Figura 2 – Camadas dos revestimentos de argamassa



(fonte: MACIEL et al., 1998, p. 12)

Sabbatini (1990) fundamenta a escolha do uso de uma ou duas camadas no conhecimento das condições e natureza da base (sobre a qual será aplicado), dos materiais disponíveis para a produção e da espessura necessária no local de aplicação. Para que o uso de cada sistema de revestimento fique mais claro, são descritas brevemente, a seguir, as funções e características de cada um deles.

#### 4.1.1 Emboço

O emboço, ou massa grossa, é uma camada cuja principal função é a regularização da superfície na qual será executado o revestimento, e se destina a receber as camadas posteriores (reboco ou outro revestimento final). Como é aplicado diretamente sobre a base, esta deve ser previamente preparada (com ou sem chapisco, pela limpeza e escovação da superfície onde será executado), e a espessura média da camada deve estar em torno de 30 milímetros. Além disso, a porosidade e a textura superficial devem ser compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto e ambas são características determinadas pela granulometria dos materiais e pela técnica de execução (SABBATINI, 1990).

### **4.1.2 Reboco**

Segundo a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995), o reboco é uma camada de revestimento utilizada para cobrir o emboço, propiciando uma superfície que permita o recebimento do revestimento decorativo ou do acabamento final. Por isso, sua espessura é constituída de apenas uma película contínua e íntegra, não ultrapassando 5 milímetros. Para Sabbatini (1990), a argamassa deve apresentar elevada capacidade de absorver deformações, pois como a pintura é aplicada diretamente sobre este, o mesmo não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas. Do mesmo modo, por estar sujeito ao desgaste superficial (provocado por atividades do usuário ou por agentes agressivos), deve apresentar resistência que lhe garanta o mínimo de danos.

### **4.1.3 Massa única**

Sabbatini (1990) descreve a massa única (também conhecida como emboço paulista) como sendo o revestimento seguido de acabamento, executado em uma única camada. Para que seja utilizada, é necessário ter os materiais apropriados, além da disponibilidade de mão de obra capacitada. Neste caso, a argamassa utilizada e a técnica de execução deverão resultar em um revestimento capaz de cumprir as funções de regularização da base e acabamento que, no de duas camadas, são divididas entre o emboço e o reboco.

O autor menciona que para o uso deste revestimento, a base deve ter como característica principal a sua capacidade de aderência, e a argamassa deve ser compatível tanto com a base como com o acabamento especificado. Principalmente quando aplicada em paredes externas, a massa única não deve apresentar fissuras, já que além de comprometerem a estética do acabamento, estas podem ser um meio para a penetração de água da chuva, prejudicando a aderência, a durabilidade e a estanqueidade da vedação. É importante ressaltar que este tipo de revestimento é muito aplicado nos dias de hoje na cidade de Porto Alegre.

### **4.1.4 Chapisco**

A norma NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995) descreve o chapisco como uma camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou

descontínua. Por ser uma camada opcional, dependente das características da base, não deve ser considerado como camada de revestimento. Seu uso objetiva uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência entre a base e a primeira camada do revestimento, que são limitadas na presença de superfícies muito lisas e/ou com porosidade inadequada, bases com sucção muito alta ou muito baixa, e revestimentos sujeitos a condições de exposição mais severas, como é o caso dos revestimentos externos.

## 4.2 PRODUÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Kazmierczac (1989, p. 47-49) define argamassa como um material constituído da combinação de agregado miúdo (materiais inertes de baixa granulometria) e de uma pasta com propriedades aglomerantes. A baixa granulometria serve para uma maior retenção de água – por ter maior superfície de contato do que as partículas grossas – já que se uma argamassa contém poucos finos, ela sedimenta-se facilmente e as partículas grossas atritam-se entre si, prejudicando a trabalhabilidade.

Como neste trabalho foram utilizadas somente argamassas industrializadas, é importante situá-las dentre os diferentes tipos de argamassas produzidas para a execução dos revestimentos nas edificações. Maciel et al. (1998, p. 16-19) esclarecem que, quanto à sua produção, a argamassa pode ser preparada em obra ou industrializada (fornecida em sacos ou em silos) e cada um desses tipos interfere na escolha das ferramentas e equipamentos necessários, bem como na organização adequada do próprio canteiro de obras e na sequência de produção, como demonstra o quadro 2. Ademais, lembram que é preciso considerar a possibilidade de uso e a disponibilidade de equipamentos para fazer o transporte da argamassa até o local de aplicação.

Conforme explicado pelos autores, a argamassa dosada em obra e a industrializada podem ser transportadas por elevador, guincho de coluna externo ou grua, além da possível execução no próprio pavimento no qual será executado o revestimento. No caso da argamassa fornecida em silos, o material em pó é transportado por mangueiras até o equipamento de mistura, localizado no pavimento onde será aplicado o revestimento, ou também pode ser misturada em um equipamento acoplado ao próprio silo e depois transportada pelo elevador, pelo

guincho externo de coluna, ou pela grua, como nos outros tipos de argamassa, e até com preparo no próprio silo com transporte feito por mangotes.

Quadro 2 – Atividades e equipamentos de produção das argamassas

Argamassa	Atividades	Equipamentos
Preparada em obra	Medição das quantidades dos materiais constituintes; transporte dos materiais até o equipamento de mistura; colocação dos materiais no equipamento; mistura.	Equipamento de mistura (betoneira ou argamassadeira); recipientes para a medição dos materiais; pás; e peneiras para eliminar torrões e materiais estranhos ao agregado.
Industrializada (fornecida em sacos)	Colocação da quantidade especificada do material em pó no equipamento de mistura; adição da água.	Equipamento de mistura (argamassadeira) e recipiente para a colocação da água.
Fornecida em silos	A medição é mecanizada, e a mistura pode ser feita por um equipamento acoplado no próprio silo ou por um equipamento de mistura específico, localizado nos pavimentos do edifício.	Equipamento de mistura específico.

(fonte: adaptado de MACIEL et al., 1998, p. 16)

A Associação Brasileira de Cimento Portland (2002) explica que as argamassas ensacadas – utilizadas no desenvolvimento deste trabalho – são fabricadas em complexos industriais, onde os agregados miúdos, os aglomerantes e os aditivos em pó, são selecionados, misturados a seco e ensacados. Estas apresentam grande uniformidade de dosagem, por serem produzidas por processos industriais mecanizados e com controles rígidos de produção, o que significa que se pode conseguir a repetição de um traço com um grau de confiança satisfatório.

A mesma entidade destaca como vantagens (perante as outras produções) do uso da argamassa industrializada fornecida em sacos:

- a) a área necessária para estoque é pequena;
- b) o único equipamento necessário é a argamassadeira;
- c) há uma grande variedade de fornecedores no mercado;
- d) o traço é padronizado;
- e) a mão de obra necessária é simples (transporte dos sacos e mistura mecânica).

### 4.3 PROPRIEDADES

Conforme já mencionado no capítulo sobre desempenho, os revestimentos de argamassa devem apresentar bons resultados em algumas propriedades específicas, para que possam cumprir suas funções adequadamente. Algumas das principais propriedades devem constar nos revestimentos de argamassa, segundo Sabbatini (1990), são:

- a) aderência: possibilita ao revestimento manter-se fixo ao substrato, e resulta da combinação das resistências de aderência à tração e ao cisalhamento, e da extensão de aderência, que relaciona a área de contato efetivo e a área total da base revestida. Depende da trabalhabilidade da argamassa, da execução do revestimento, da porosidade da base, e das condições de limpeza da superfície de aplicação;
- b) resistência mecânica: permite aos revestimentos suportar ações mecânicas de diferentes naturezas devido a esforços de abrasão, cargas de impacto e movimentos de contração e expansão por conta da umidade, que geram tensões internas e tendem a desagregá-los. Depende da técnica de execução e do tipo de agregado e aglomerante da argamassa empregada, pois aumenta com a redução dos agregados e diminui com o aumento da relação água/cimento;
- c) capacidade de absorver deformações: permite que o revestimento absorva retrações e expansões térmicas e higroscópicas, além de deformações pequenas da base, sem apresentar fissuração visível e desagregação. Depende da resistência à tração e do módulo de deformação do revestimento, que auxilia na movimentação deste sem ruptura, ou através de microfissuras imperceptíveis, quando as forças atuantes ultrapassam o limite de resistência à tração;
- d) durabilidade: capacidade dos revestimentos de argamassa de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo. Depende de todas as etapas da construção, desde o projeto (especificação os materiais e as composições de dosagem, compatibilizando o revestimento com as condições a que estará exposto durante sua vida útil), até o uso, quando deve ser submetido a manutenções periodicamente;
- e) permeabilidade à água: propriedade dos revestimentos relacionada com a absorção capilar da estrutura porosa. Depende de fatores como o traço e natureza dos materiais constituintes da argamassa, a técnica de execução, a espessura da camada, a natureza da base e as fissuras existentes.

É importante destacar que o desempenho de algumas propriedades dos revestimentos de argamassa não só está ligado ao aparecimento de fissuras (se não for adequado), mas é também diretamente afetado por estas. Como o trabalho está voltado para a estanqueidade dos revestimentos argamassados, a propriedade de permeabilidade à água está descrita de forma mais específica no capítulo 5.

## 5 ESTANQUEIDADE

Segundo Polisseni (1986, p. 50), “A estanqueidade é a propriedade dos materiais, componentes ou elementos da edificação de não permitirem a penetração da água, sendo definida geralmente para determinadas condições de exposição.”. Esta capacidade de admitir ou não a entrada de água é denominada permeabilidade do material.

A permeabilidade está relacionada com a passagem de água pelo revestimento, que é um material poroso e por isso permite a penetração da água tanto em sua forma líquida como no estado de vapor, e está diretamente ligada ao conjunto base-revestimento. Essa propriedade depende da natureza da base, da composição e dosagem da argamassa, da técnica de execução, da espessura do revestimento e da presença de fissuras, pois quando o revestimento está fissurado, a estanqueidade da vedação fica comprometida por conter um caminho direto até a base para a percolação da água (MACIEL et al., 1998, p. 8-9).

Os valores de permeabilidade do revestimento tem importância fundamental na estanqueidade do sistema vedação e no nível de proteção contra chuvas que o mesmo deve oferecer à base. Embora o revestimento de argamassa deva ser estanque à água, a permeabilidade ao vapor é recomendável por favorecer a secagem da umidade acidental ou de infiltração, e para reduzir os riscos de umidade de condensação interna em regiões de clima frio (SABBATINI, 1990).

Para uma análise mais profunda desta propriedade, os itens a seguir descrevem a maneira como a água pode penetrar na edificação e como a chuva influencia nesse quesito. Além disso, encontra-se a descrição de quais os detalhes construtivos que podem ajudar a evitar a infiltração nas fachadas.

### 5.1 MECANISMOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA

A entrada de água nos materiais depende da presença de poros acessíveis às moléculas de água, fissuras, fendas ou trincas em sua superfície. Quando há umidade presente em parte de um material, a tendência é que esta se distribua por toda a sua massa. As forças que causam esse deslocamento dependem do estado físico em que a água se encontra: se está em forma



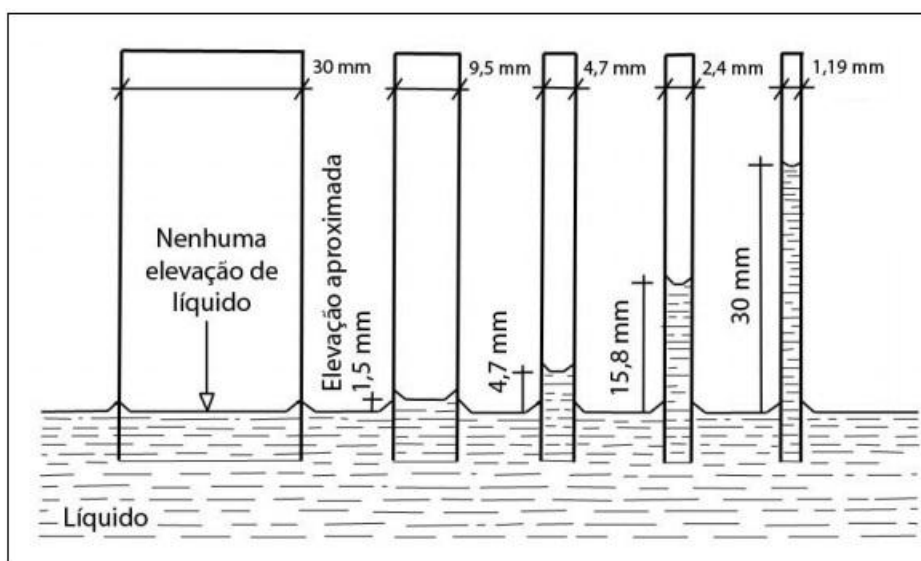
líquida, o movimento é dado pela capilaridade e por forças externas; se em vapor de água, move-se por difusão e por convecção (POLISSENI, 1986, p. 9-12).

Um dos meios mais comuns pelos quais a água é transportada é a capilaridade, tendo um destaque maior na umidade ascensional. Para que ocorra, é preciso considerar as presenças da tensão superficial, das forças de aspiração ou expulsão capilar e da formação de menisco de água.

Polisseni (1986, p. 17-21) esclarece que o transporte de água por capilaridade é consequência da força de aspiração capilar, que ocorre nos poros de um material hidrófilo, e resulta da combinação da tensão superficial da água e da adesão das moléculas de água no poro. Quando essa adesão é forte e o material é facilmente molhado, o mesmo é denominado hidrófilo; quando a água não entra em contato com os poros do material com facilidade, ou seja, a adesão é fraca, diz-se que o material é hidrófugo.

É importante destacar que a única força capaz de se opor a essas forças é a gravidade, e que quanto menor é o diâmetro do poro dos materiais ou a largura da fenda, maior é o efeito de capilaridade. Essa relação entre o diâmetro do poro e a força de absorção capilar está representada na figura 3.

Figura 3 – Relação entre o diâmetro do poro e a absorção capilar



(fonte: adaptado de POLISSENI, 1986, p. 22)

Um ponto importante de ser mencionado é que grande parte das manifestações patológicas nas fachadas surgem devido à presença da umidade. Esta, em uma edificação, pode provir de diversas fontes, atuando isolada ou simultaneamente. De acordo com o *Centre Scientifique et Technique de la Construction*<sup>2</sup> (1982 apud POLISSENI, 1986, p. 26), estas fontes que causam a umidade nas edificações, podem ser classificadas como:

- a) ascensional (proveniente do solo);
- b) por absorção e penetração da água da chuva;
- c) de condensação;
- d) devido à higroscopicidade dos materiais;
- e) acidental.

Como as fachadas estão sempre expostas a intempéries, a chuva tem grande influência nas infiltrações de edificações. Este trabalho foca na estanqueidade, relacionada diretamente com a chuva, pois se a fachada tiver um bom desempenho com relação a esta propriedade, a água pluvial não poderá infiltrar. Deste modo, o item a seguir explica como a penetração por este meio ocorre, e como o vento pode interferir na entrada de água pelo revestimento externo.

## 5.2 PENETRAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

Polisseni (1986, p. 27-28) associa a penetração de água da chuva nas fachadas das edificações fundamentalmente a dois fatores climáticos: a chuva e o vento. Sem a presença do vento, as paredes externas do edifício pouco molhariam, já que a chuva cairia verticalmente. Além disso, haveria pouca ou nenhuma diferença de pressão entre o interior e o exterior do edifício.

Garden<sup>3</sup> (1963 apud BAUER, 1987, p. 19-30) explica que, sob a influência do vento, é possível que as gotas de chuva penetrem em aberturas de diversos tamanhos. Se as aberturas forem largas e o vento estiver em uma velocidade considerável, é possível que a água penetre facilmente. Caso a abertura seja pequena, a gota irá se subdividir em gotículas devido ao impacto, e essas pequenas gotas também podem acabar penetrando pela abertura.

---

<sup>2</sup> CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Transport de l'humidité dans les matériaux poreux. Bases Theoriques. *CSTC Revue*, Bruxelles, n. 1, p. 7-12, 1982.

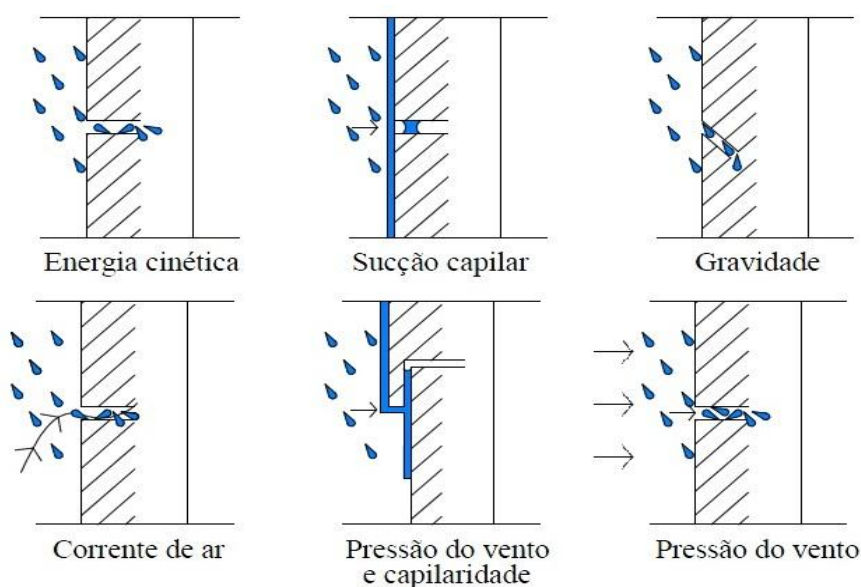
<sup>3</sup> GARDEN, G. K. **Rain penetration and its control**. Ottawa: Canadian Building Digest, 1963.

Assim, esse mesmo autor sistematizou a penetração da água na ocorrência simultânea de três condições: água sobre a superfície da parede, aberturas através das quais a água pode penetrar, e forças que obrigam a água a penetrar pelas aberturas. Caso uma destas condições não ocorra, não haverá a entrada de água.

O autor esclarece que a primeira condição depende da exposição da parede (chuva, vento e orientação), da absorção e capacidade de armazenagem de umidade dos materiais da superfície e da taxa de precipitação de chuvas. A necessidade de existir aberturas pelas quais a água possa penetrar (segunda condição) é satisfeita devido à porosidade dos materiais, além do aparecimento de fissuras, rachaduras, interfaces e juntas mal executadas por onde pode ocorrer a infiltração.

Mesmo com o cumprimento das duas primeiras condições, a penetração da água não ocorrerá a menos que uma força (ou combinação de forças) seja capaz de induzir a água a penetrar através das aberturas (terceira condição). Através da figura 4, é possível observar algumas das forças que impulsionam a água pelas aberturas da parede.

Figura 4 – Fatores que influenciam na penetração da umidade



(fonte: adaptado de BAUER, 1987, p. 24; POYASTRO, 2011, p. 112)

Segundo Petrucci (2000, p. 42), o volume de água que escorre na fachada é proporcional à quantidade de chuva que incide sobre as superfícies da mesma, além da eficiência dos

detalhes da construção mais expostos à ação da água da chuva que, ao recebê-la, devem afastá-la da fachada, protegendo as superfícies de sua incidência. Assim, o item a seguir descreve alguns desses elementos arquitetônicos e construtivos que ajudam a evitar infiltrações que prejudicam a estanqueidade da edificação.

### 5.3 INFLUÊNCIA DOS DETALHES ARQUITETÔNICOS E CONSTRUTIVOS EM FACHADAS

Devido à necessidade da construção civil de reduzir os custos, as formas das fachadas tornaram-se mais simplificadas, uma vez que isso implica num ganho de velocidade e de agilidade na execução. Essa ideia fez com que a arquitetura criasse novos conceitos de estética para as edificações, tendo como característica predominante as formas lineares, isto é, fachadas sem grandes detalhes, ressaltos, projeções ou saliências. Sem o conhecimento de sua utilidade, a importância dos detalhes construtivos só foi constatada a partir do momento em que estes elementos deixaram de fazer parte das edificações (PEREZ<sup>4</sup>, 1988 apud POYASTRO, 2011, p. 93).

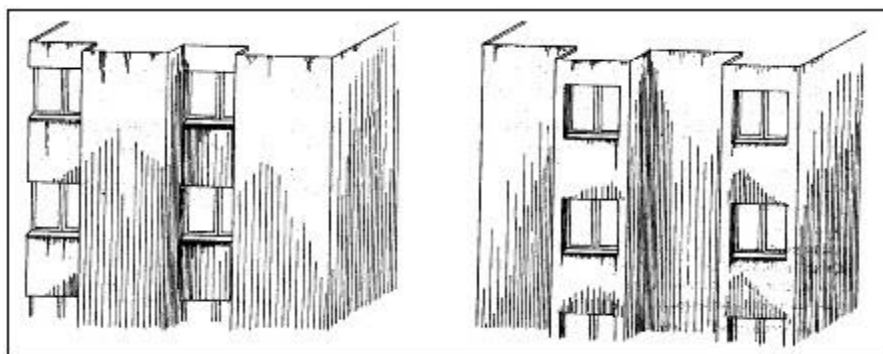
Apesar da simplificação sofrida pelas fachadas ao longo do tempo, são cada vez mais raros os casos em que as superfícies destas são constituídas por um único plano vertical, liso e contínuo. Grande parte das edificações apresenta algum tipo de descontinuidade, por motivos de ordem estética, construtiva, funcional e até mesmo de autoproteção. É a geometria destes detalhes que faz com que as fachadas se exponham de maneira não uniforme aos agentes agressivos do ambiente (PETRUCCI, 2000, p. 34-35).

Segundo Petrucci (2000, p. 35-50), panos corridos verticalmente, reentrantes ou salientes, contendo ou não aberturas, ficam parcialmente protegidos de fluxos inclinados e rasantes e dificultam a formação da lâmina de escoamento, além de poderem sofrer interrupções pela alternância de vãos de abertura e parapeitos maciços (figura 5). Para a autora as características principais que afetam o processo de formação das sujidades, e possuem maior influência na trajetória da água da chuva na superfície, correspondem à inclinação e defasagem dos planos da fachada com relação a um plano-base.

---

<sup>4</sup> PEREZ, A. R. Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: PINI/IPT, 1988, p. 571-578.

Figura 5 – Panos corridos verticalmente



(fonte: VALLEJO<sup>5</sup>, 1990 apud PETRUCCI, 2000, p. 50)

Thomaz<sup>6</sup> (1990 apud MELO JR., 2010, p. 92) explica que os elementos que influenciam na incidência da chuva nas fachadas podem se apresentar em formas de detalhes arquitetônicos ou construtivos. Estes são capazes de reduzir em até 50% o fluxo de água incidente sobre as superfícies da fachada. Os mesmos funcionam como mecanismo de interrupção do escoamento de água, projetando-a para distante dos elementos de vedação. Alguns destes detalhes redirecionam a água de acordo com seu tamanho e geometria, como apresentado na figura 6.

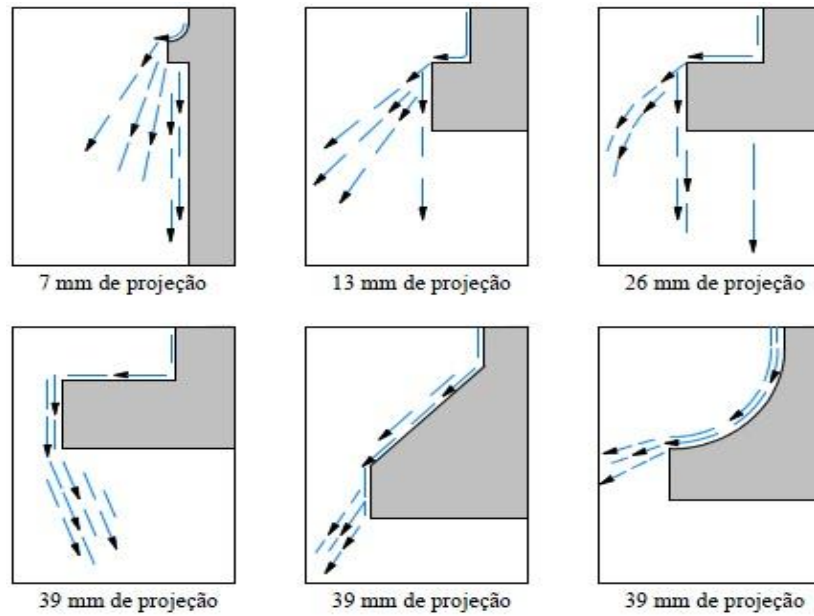
Embora esses detalhes construtivos e arquitetônicos sirvam para influenciar positivamente na estanqueidade da fachada e evitar infiltrações, para Poyastro (2011, p. 95), o detalhamento incorreto ou mal executado pode conduzir a concentrações ou canalizações de água sobre certas regiões da parede, tornando-as expostas e vulneráveis à degradação. Entretanto, como o foco do trabalho não engloba o detalhamento e dimensionamento destes detalhes, este assunto não será aprofundado nesta pesquisa.

---

<sup>5</sup> VALLEJO, F. J. L. **Ensuciamiento de fachadas por contaminación atmosférica: análisis y prevención**. Valladolid: Universidad, Secretariado de Publicaciones, 1990.

<sup>6</sup> THOMAZ, E. Patologia. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (Org.). **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: Ed. Projeto, 1990, p. 97-117.

Figura 6 – Diagrama dos fluxos de água em detalhes com diferentes geometrias



(fonte: THOMAZ<sup>7</sup>, 1990 apud MELO JR., 2010, p. 93)

<sup>7</sup> THOMAZ, E. Patologia. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (Org.). **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: Ed. Projeto, 1990, p. 97-117.

## **6 PROGRAMA EXPERIMENTAL**

A pesquisa experimental tem como característica a execução de ensaios que possibilitam determinar a relação entre causa e efeito de um determinado fenômeno. O programa experimental desta pesquisa teve como objetivo avaliar os ensaios sugeridos pela norma de desempenho NBR 15575-4/2010 quanto à estanqueidade, analisando o desempenho de revestimentos externos produzidos com argamassas industrializadas com aplicação de camada de tinta econômica. Buscando correlacionar a permeabilidade da argamassa aplicada sobre substrato poroso com o comportamento frente à estanqueidade do revestimento, realizou-se um ensaio destrutivo denominado Método de Kelham, utilizado para avaliar a absorvidade do concreto. Nos itens a seguir, são apresentados o planejamento experimental, os materiais utilizados para execução dos prismas e os ensaios executados nos mesmos.

### **6.1 PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA**

Um planejamento adequado auxilia na obtenção de uma maior eficiência no programa experimental, visando uma organização prévia de materiais e a utilização de um cronograma para evitar que ocorram imprevistos ao longo do trabalho. Por isso, antes de iniciar a confecção dos corpos de prova (prismas) e os ensaios, foram definidos os materiais que seriam utilizados juntamente com os tempos necessários de preparo dos prismas e realização dos testes, e quais ensaios seriam executados.

A definição dos ensaios seguiu a NBR 15575-4/2010. Um dos métodos, presente no anexo D da Norma, consiste em acoplar a uma parede uma caixa prismática, conectada a uma bureta, e preenchê-las com água, observando o volume absorvido em certos intervalos de tempo. O outro método, anexo C da Norma, submete a face revestida de um prisma a uma vazão de água, com a aplicação simultânea de pressão pneumática, por meio de uma câmara.

Como estes ensaios têm como objetivo avaliar a estanqueidade do sistema, acrescentou-se um ensaio destrutivo (Método de Kelham), adotado para a determinação da absorvidade do

concreto, por meio de extração de corpos de prova. Assim, para este trabalho, foi feita uma adaptação do método para o estudo da permeabilidade das argamassas.

Como mencionado anteriormente, a escolha das argamassas e do acabamento utilizados nos testes foi primordial para a obtenção de resultados coerentes com o cenário observado nas obras. Assim, foram escolhidas argamassas industrializadas (de revestimento externo) de três diferentes fornecedores, comumente utilizadas nas edificações da cidade de Porto Alegre, por possuírem um maior controle no proporcionamento e na qualidade e com isso minimizar a interferência de outras variáveis que não estão sendo avaliadas. A utilização de mais de um fornecedor de argamassa serviu para verificar se as argamassas possuíam o mesmo comportamento quando submetidas à solicitação de umidade, já que o desempenho de cada produto relaciona-se diretamente com seu fornecedor (atendendo a requisitos mínimos normatizados).

As especificações das argamassas utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa e disponíveis por seus fornecedores, segundo a NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), podem ser observadas no quadro 3. Nestes dados podem ser visualizadas algumas variações nas propriedades dos materiais, podendo ser observado que as argamassas dos fornecedores B e C têm as mesmas propriedades, e só coincidem com a propriedade de retenção de água do fornecedor A. Este fator pode ter influenciado nos resultados dos testes realizados neste trabalho já que, por exemplo, a variação no coeficiente de capilaridade influencia na entrada de água de cada argamassa.

Quadro 3 – Propriedades das argamassas dos fornecedores A, B e C

Propriedades	Fornecedores		
	A	B	C
Densidade de massa no estado endurecido (kg/m <sup>3</sup> )	1200 a 1600	1400 a 1800	1400 a 1800
Densidade de massa no estado fresco (kg/m <sup>3</sup> )	1400 a 1800	1600 a 2000	1600 a 2000
Coefficiente de capilaridade (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	> 10,0	3,0 a 7,0	3,0 a 7,0
Retenção de água (%)	72 a 85	72 a 85	72 a 85

(fonte: elaborado pela autora)

Uma vez que o foco do trabalho foi a avaliação dos ensaios de estanqueidade da Norma, foi definido que seriam mantidos constantes a base de aplicação (blocos cerâmicos estruturais,



com dimensões 14x19x29cm e 14x19x14cm), a argamassa de assentamento (industrializada), e a camada de acabamento (tinta à base de cal) em todos os prismas, sem variação de fornecedor ou de qualquer especificação dos materiais.

Para os ensaios, foram executadas três mini paredes de blocos cerâmicos – denominadas prismas – medindo 0,90x0,60m (figura 7), e uma parede maior, de dimensões 1,50x1,00m (figura 8). Cada uma das paredes menores recebeu a aplicação de argamassa de um dos fornecedores (A, B e C) – preparada em argamassadeira e aplicada em ambos os lados – onde foram realizados os ensaios das caixas (anexo D da NBR 15575-4/2010) e retirados os corpos de prova para a aplicação do método de Kelham. Já o prisma maior recebeu a argamassa do fornecedor B (escolhida dentre as três por ter um melhor acabamento e trabalhabilidade), e nele foram aplicados todos os ensaios: caixas (anexo D da Norma), câmara (anexo C da Norma) e retiradas amostras para os testes de Kelham.

Figura 7 – Prismas de dimensões 0,90x0,60m com argamassa aplicada



(fonte: foto da autora)

O prisma de maior dimensão foi executado num tamanho próprio para o ensaio da câmara (anexo C da Norma), já que o método requer uma área mais extensa de aplicação. Este foi o único prisma no qual foram aplicados os três ensaios. Para uma melhor compreensão, a relação entre fornecedores, ensaios aplicados e tamanhos dos prismas pode ser observada nos quadros 4(a) e 4(b) e no esquema apresentado na figura 9.

Após a execução das quatro paredes, aguardou-se a cura por duas semanas. Logo, cada argamassa foi aplicada no prisma correspondente, com um intervalo de uma semana entre a

execução do revestimento em cada face (sendo que, como pré-requisito do ensaio da câmara da Norma, o prisma maior recebeu revestimento em uma única face).

Figura 8 – Prismas de dimensões 1,50x1,00m para realização dos três ensaios



(fonte: foto da autora)

Quadro 4 – Relação entre ensaios aplicados e (a) fornecedores;  
(b) dimensão dos prismas

		Fornecedores		
		A	B	C
Ensaio	Kelham	x	x	x
	Caixa	x	x	x
	Câmara		x	

(a)

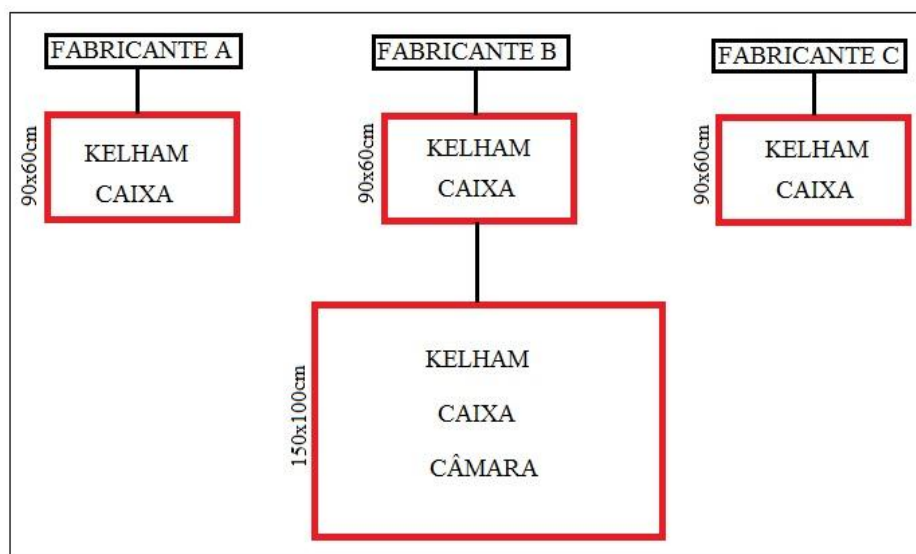
		Tamanho do Prisma	
		0,90x0,60m	1,50x1,00m
Ensaio	Kelham	x	x
	Caixa	x	x
	Câmara		x

(b)

(fonte: elaborado pela autora)

Para simular uma situação real, após 28 dias foi aplicada uma camada de acabamento, com duas demãos de tinta. Como os ensaios adotados neste trabalho servem para avaliar a estanqueidade do sistema, o acabamento escolhido foi a pintura com tinta denominada econômica, à base de cal, que é uma opção utilizada principalmente em habitações de interesse social e pela população de baixa renda. A figura 10 mostra os prismas já concluídos, prontos para o início dos ensaios, após passadas as 48 horas de secagem da tinta (recomendação do fabricante).

Figura 9 – Esquema correlacionando fornecedores, ensaios e prismas



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 10 – Prismas prontos para os ensaios



(fonte: foto da autora)

## 6.2 ENSAIOS REALIZADOS

A estanqueidade de uma parede revestida é verificada através de ensaios que decorrem da aplicação direta de água na mesma, ou por simulações em corpos de prova executados em laboratório, com intuito de avaliar o desempenho da parede à infiltração de água. Cada

método possui especificações como tempo de ensaio, além de condições específicas de vazão de água e pressão pneumática aplicada.

Como os ensaios realizados neste trabalho servem para avaliar a estanqueidade do sistema (ou seja, a entrada ou não de água) e não sua permeabilidade, foi acrescentado um ensaio destrutivo (Método de Kelham) para a verificação da absorvidade da argamassa de revestimento, permitindo assim uma comparação entre os resultados dos diferentes ensaios. Os métodos de ensaio e a aplicação dos mesmos nos prismas são descritos nos itens que seguem.

### **6.2.1 Método do anexo D da NBR 15575-4**

O ensaio – também conhecido por Método do IPT – consiste em submeter uma parede revestida à presença da água, com pressão constante, por meio de uma câmara acoplada. A câmara tem um formato de caixa, medindo 34 cm de largura e 16 cm de altura, e deve ser prendida na parede com algum material selante, que fixe-a e a vede-a. Segundo Rodrigues (2010), a aplicação de silicone não desempenha de forma satisfatória a selagem das caixas à parede, desta forma neste trabalho foi utilizado selante à base de poliuretano para a fixação e vedação dos equipamentos às paredes. Para evitar qualquer deformação significativa do selante, comprometendo o ensaio, as caixas foram apoiadas por suportes de madeira, como pode ser observado na figura 11.

Para manutenção da pressão constante no interior da câmara e para que o volume de água eventualmente infiltrado na parede fosse medido, conectou-se à caixa uma bureta graduada em  $\text{cm}^3$  (mostrada na figura 12). Iniciando o ensaio, o volume da caixa deve ser completado com água, seguido do preenchimento da bureta. Caso haja infiltração de água na parede, o mesmo volume de água infiltrado é repostado pela água contida na bureta, mantendo-se constante o nível de água no interior da caixa e permitindo assim a quantificação da água infiltrada.

Figura 11 – Caixas do ensaio fixadas nos prismas



(fonte: foto da autora)

Figura 12 – Caixa com bureta graduada



(fonte: foto da autora)

Os registros sobre a caixa auxiliam no preenchimento da mesma: um deles foi utilizado para a inserção da água, e o outro para a saída do ar. Esse detalhamento foi uma adaptação feita pelo laboratório do NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) /UFRGS – no qual

foram realizados os ensaios deste trabalho –, já que não há menção na Norma da necessidade dos mesmos.

Durante a execução, as medições foram realizadas após os seguintes períodos 30 min, 1h, 2h, 4h e 6h (a de 24 horas não foi necessária, já que a água ainda não havia estabilizado depois de seis horas de ensaio). Para cada um deles, foi registrado o volume de água infiltrado, obtido pela diferença entre o nível de cada período e o nível inicial da água contida na bureta. Para que os resultados obtidos fossem validados, o método foi analisado nas duas faces de cada um dos prismas.

### **6.2.2 Método do anexo C da NBR 15575-4**

Este ensaio foi realizado utilizando um equipamento fornecido pelo NORIE/UFRGS, desenvolvido para uma dissertação de mestrado (BAUER, 1987), o qual atende as especificações do anexo C da NBR 15575-4/2010. O método consiste em submeter, durante um tempo determinado, a face externa de um prisma a uma vazão de água, criando uma película homogênea e contínua, com a aplicação simultânea de uma pressão pneumática sobre essa face. O equipamento mencionado, utilizado para sua realização, foi uma câmara de formato prismático, com abertura frontal, como a ilustrada na figura 13, provida de:

- a) orifícios para alimentação e recolhimento de água;
- b) orifício para entrada de ar;
- c) manômetro e hidrômetro;
- d) ventoinha para produção de ar;
- e) compressor para movimentação de água.

A face a ser ensaiada (na qual foi aplicado o revestimento argamassado e a pintura) deve ser fixada voltada para a câmara de ensaio. A face oposta não deve conter revestimento: se a mancha de umidade ultrapassar o sistema, sua avaliação requer a ausência de qualquer intervenção. Isto significa que, se houver argamassa também na outra face, a água pode ser absorvida pela mesma, alterando os resultados do teste.

A vazão utilizada durante todo o ensaio foi de 3,0 litros por minuto e a pressão pneumática utilizada foi de 40 Pascals. É importante ressaltar que a escolha da pressão pneumática



aplicada sobre o prisma depende das condições da região do Brasil onde é realizado o ensaio, determinadas pela Norma.

Figura 13 – Câmara fixada ao prisma



(fonte: foto da autora)

O tempo total de ensaio é de sete horas. Durante esse período, deve-se observar o tempo de surgimento da primeira mancha de umidade que ultrapassar o sistema e a porcentagem da área da mancha de umidade ao final do ensaio em relação à área total, ambas na face oposta à incidência da água e pressão. Embora este ensaio tenha sido realizado em laboratório, não foram controladas as condições de temperatura e umidade do ambiente, já que o mesmo também serve para aplicação in loco.

### 6.2.3 Método de Kelham

O ensaio desenvolvido por Kelham<sup>8</sup> (1988, apud KULAKOWSKI, 2002, p. 71-77) é baseado na penetração de água em concreto não saturado ao longo do tempo, por sucção capilar. Com

---

<sup>8</sup> KELHAM, S. A water absorption test for concrete. **Magazine of Concrete Research**, London, v. 40, n. 143, p. 106-110, June 1988.

este, podem ser obtidas a taxa de penetração de água (absortividade) e a porosidade efetiva da amostra. Sua execução neste trabalho veio da necessidade de obter pontos de comparação entre a permeabilidade das diferentes argamassas utilizadas.

A escolha do ensaio destrutivo para a obtenção dos valores de permeabilidade dos revestimentos e comparação com os resultados dos demais ensaios foi de acordo com o considerado mais adequado para a análise proposta, pois é possível medir um fluxo contínuo de água. Como este ensaio requer que as laterais e a parte inferior do corpo de prova sejam selados, a água tem somente um caminho a realizar, o que acaba tornando o ensaio mais próximo do comportamento real da capilaridade.

Para sua realização, foram extraídos seis corpos de prova de revestimento de cada face dos prismas, com diâmetro aproximado de 5 cm. O número de amostras e a localização das mesmas foram decididos estrategicamente, de forma a permitir a realização dos três ensaios na área disponível. Foram posicionadas as retiradas sobre as juntas verticais, horizontais, ou no meio do bloco. Os pontos extraídos podem ser observados na figura 14.

Figura 14 – Pontos de corpos de prova extraídos



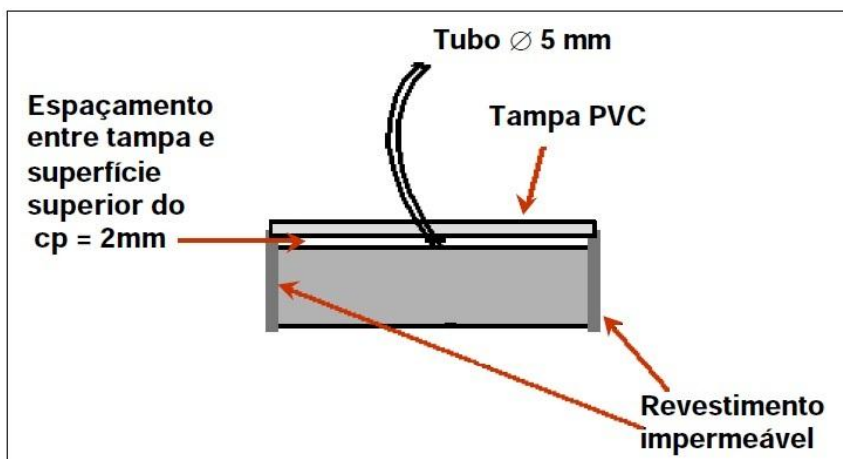
(fonte: foto da autora)

Após a extração, os corpos de prova foram colocados em uma estufa até atingirem a constância de massa. Quando retirados, foram envolvidos (nas laterais) com selante à base de



poliuretano, e a face sem acabamento foi vedada conforme o esquema demonstrado na figura 15.

Figura 15 – Esquema de vedação dos corpos de prova para Método de Kelham



(fonte: KULAKOWSKI, 2002, p. 74)

Como o corpo de prova fica completamente vedado, a água só entra se o ar sair. Por isso, como pôde ser visto no esquema, foi feita uma tampa de plástico para uma das faces, com espaçamento da superfície de aproximadamente 2 mm, com um pequeno pedaço de mangueira anexado para fazer o contato com o ar. Os corpos de prova já selados e vedados podem ser observados na figura 16.

Figura 16 – Corpos de prova selados e vedados



(fonte: foto da autora)

Antes da selagem, as amostras foram medidas em seu diâmetro e altura, para a obtenção do volume. Quando os corpos de prova estavam prontos para serem ensaiados (após serem selados e vedados), foram pesados para a obtenção da massa seca.

Para a realização do ensaio, foi utilizada uma balança hidrostática conectada a um dispositivo que permitiu a pesagem dos corpos de prova em imersão, o esquema pode ser visualizado na figura 17. A grade foi posicionada dentro de uma caixa plástica, submersa em água deionizada, cujo nível foi mantido constante para que não houvesse alteração na pressão sobre o corpo de prova.

Figura17 – Dispositivo metálico acoplado na balança hidrostática para pesagem dos corpos-de prova úmidos



(fonte: foto da autora)

Na realização do ensaio, posicionou-se de forma cuidadosa um corpo de prova sobre a grade (ligada à balança, localizada dentro da caixa com água), em imersão, monitorando as massas até que já não houvesse variação. Com os valores obtidos na pesagem apontados a cada 30 segundos (num intervalo de 0,5 a 10 min), foi possível formar um gráfico do ganho de massa em função da raiz quadrada do tempo, o qual facilita observar a variação de absorção entre os corpos de prova e as argamassas de diferentes fornecedores.

Ao construir o gráfico, observam-se duas fases distintas, para as quais é possível interpolar duas retas. A primeira é referente ao período de absorção inicial de água e a segunda, o trecho de saturação, quando ocorre uma redução no incremento de massa. A intersecção destas duas

retas é denominado ponto de saturação (*nick point*), a partir do qual se inicia a saturação do corpo-de-prova.

A partir do gráfico formado, é possível calcular a taxa de absorção e a resistência capilar dos corpos de prova. A taxa de absorção é calculada pelo quociente da inclinação da reta referente à fase de absorção pela área da seção transversal do corpo de prova. A resistência capilar é determinada pela razão entre o ponto de saturação e a espessura do corpo-de-prova, como expresso na equação 1 (GJORV<sup>9</sup>, 1994 apud MASUERO, 2001):

$$R = \left( \frac{t_{cap}}{e} \right)^2 \quad \text{(equação 1)}$$

Onde:

R é a resistência capilar (s/m<sup>2</sup>)

t<sub>cap</sub> é o valor correspondente ao “*nick point*”

e é a espessura do corpo-de-prova (m)

---

<sup>9</sup> GJORV, O. Important test methods for evaluation of reinforced concrete durability. In: MOHAN MALHOTRA SYPOSIUM ON CONCRETE TECHNOLOGY: PAST, PRESENT AND FUTURE, Berkeley, California. **Proceedings...**Detroit: American Concrete Institute, 1994. p. 545-576.

## 7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os ensaios não destrutivos foram realizados de acordo com a metodologia fornecida pela NBR 15575-4/2010, que passou por algumas adaptações por falta de especificidade. Os métodos de avaliação quanto à estanqueidade presentes nesta Norma deveriam ser válidos para análise de qualquer sistema de vedação vertical, já que estes são os únicos ensaios normatizados, a nível nacional, voltados para este tema.

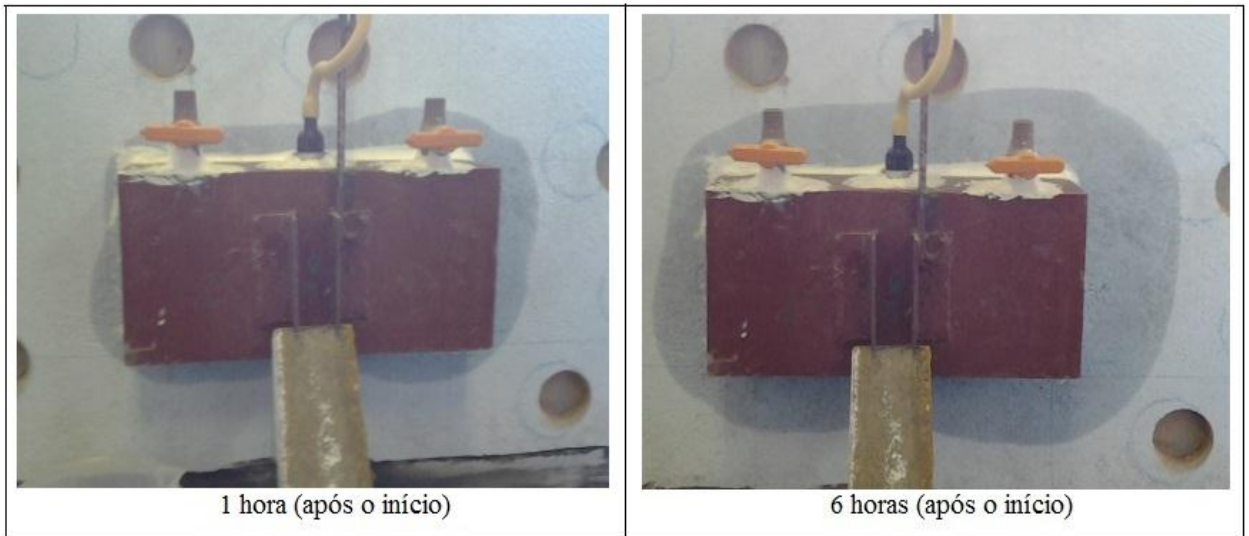
No decorrer deste trabalho, foi possível perceber que os processos continham diversas deficiências. A primeira a ser notada em ambos os ensaios da Norma é que não é descrita a necessidade de um ambiente com temperatura e umidade controladas, pois os ensaios também podem ser realizados in loco (e não só em laboratório). O problema é que o excesso de calor ou a falta de umidade aceleram a secagem das argamassas, podendo influenciar nos resultados dos ensaios. Os itens a seguir apresentam os resultados obtidos em cada um dos ensaios da Norma e pelo Método de Kelham, e sua análise, além da ausência de especificações para o adequado desenvolvimento dos testes.

### 7.1 MÉTODO DO ANEXO D DA NBR 15575-4

No desenvolvimento deste trabalho foi possível verificar que, embora a Norma englobe sistemas de vedação vertical em geral, esse método não teve um comportamento adequado frente a revestimentos argamassados. O volume teórico máximo de entrada de água no material é de 3 ml, mas na prática a vazão da bureta não estabilizou em momento algum.

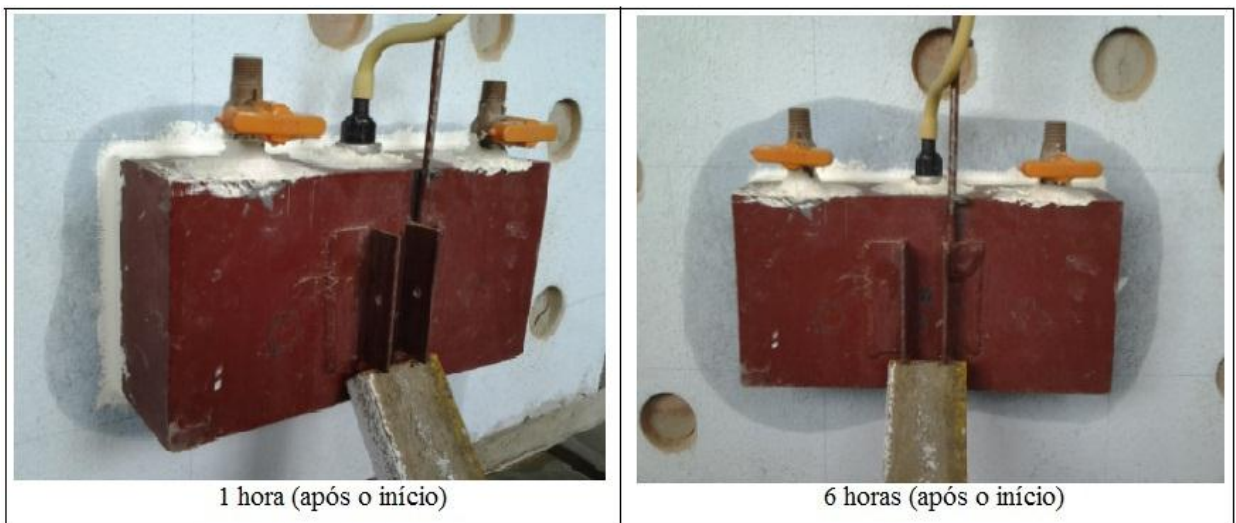
Não houve estabilização da água na bureta, ou seja, à medida que a água era adicionada, ela era diretamente absorvida. Assim, uma análise qualitativa foi feita relacionando a evolução da mancha de água nos revestimentos argamassados de cada fornecedor, e após, uma comparação entre os diferentes fornecedores, na busca de observar alterações. Para que todas as paredes recebessem o mesmo volume de água, foi decidido acrescentar 25 cm<sup>3</sup> em cada bureta, logo antes de cada medição. A evolução das manchas de cada prisma pode ser observada nas figuras 18 a 23.

Figura 18 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor A, lado 1



(fonte: foto da autora)

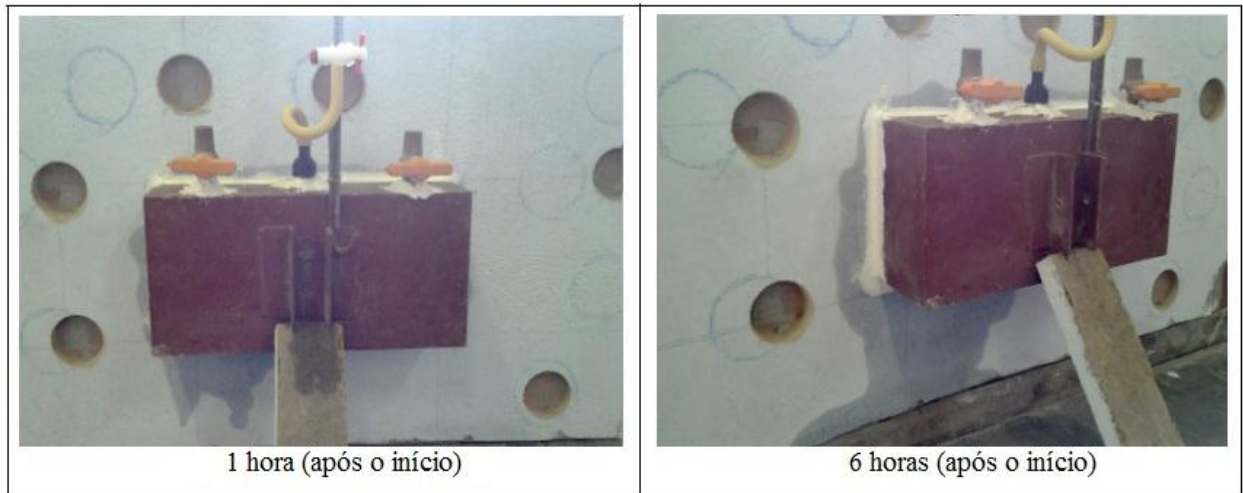
Figura 19 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor A, lado 2



(fonte: foto da autora)

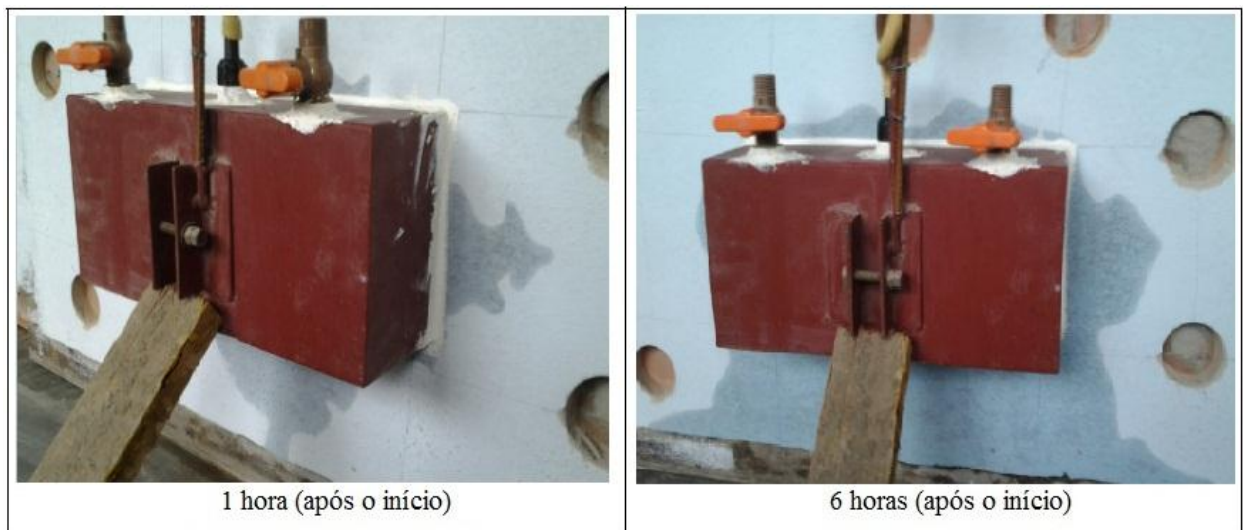
Pela comparação dos lados 1 e 2 dos sistemas de revestimento argamassado do fornecedor A, pode-se observar que a mancha de água se espalhou de forma uniforme, sem atingir grandes áreas com o passar do tempo. Isto significa que embora o sistema tenha sido permeável, ainda foi capaz de conter a área de infiltração da água.

Figura 20 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor B, lado 1



(fonte: foto da autora)

Figura 21 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor B, lado 2

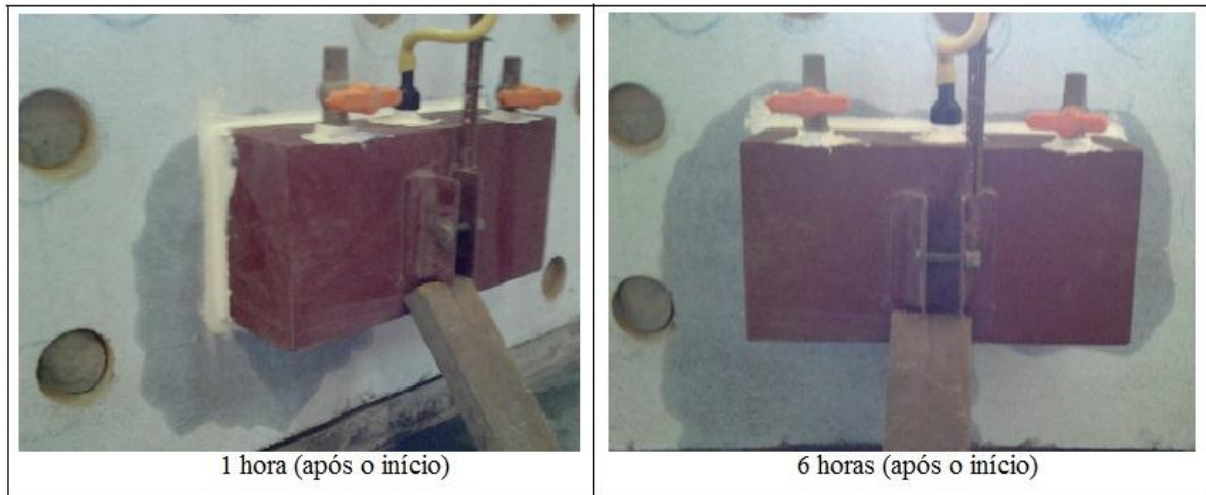


(fonte: foto da autora)

Nos sistemas compostos pela argamassa do fornecedor B, verificou-se um aumento na permeabilidade quando comparado ao desempenho do fornecedor A. Inicialmente, foram identificadas áreas de infiltração de água que com o decorrer do tempo evoluíram para manchas consideráveis, atingindo grandes áreas. A permeabilidade desse sistema demonstrou um comportamento acentuado, diferentemente do formado pela argamassa do fornecedor A.

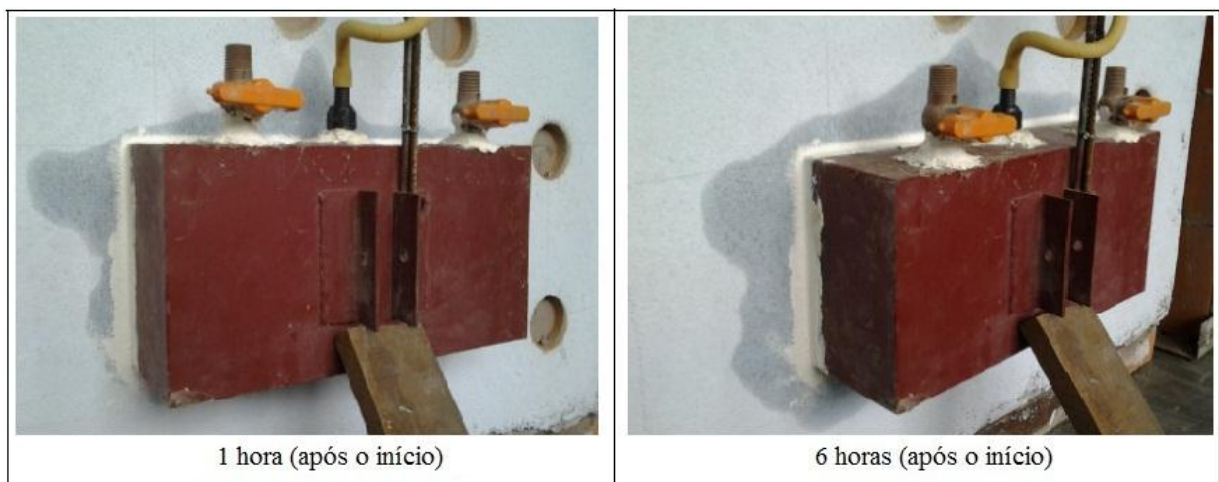


Figura 22 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor C, lado 1



(fonte: foto da autora)

Figura 23 – Mancha de água do sistema de revestimento: fornecedor C, lado 2



(fonte: foto da autora)

Os sistemas argamassados do fornecedor C tiveram um comportamento intermediário aos anteriores (A e B). A água não se espalhou de forma uniforme e atingiu grandes áreas, mas com a tendência de espalhamento em apenas um dos lados da caixa.

Para ser possível uma relação entre os resultados dos três ensaios, sem a possível influência de alterações na execução dos diferentes prismas, este ensaio também foi realizado no prisma de maiores dimensões, que ainda recebeu a aplicação dos outros dois ensaios para comparação. Foram colocadas duas caixas na mesma face, já que a outra face não recebeu a

camada de revestimento. As manchas de água formadas por este ensaio após as 6 horas do início podem ser observadas na figura 24. A extensão das manchas não abrangeu uma área muito extensa (em comparação com a área total do prisma), mas foi compatível com o resultado obtido nos prismas menores revestidos com a argamassa do fornecedor B, com demarcações amplas no entorno da caixa de ensaio.

Figura 24 – Mancha de água do sistema de revestimento: prisma grande após 6 horas



(fonte: foto da autora)

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foram identificadas as falhas e a falta de diversas especificações no método, tais como, a ausência de detalhamento do comprimento ou do diâmetro da bureta – o que influencia na precisão da leitura e na pressão exercida sobre o sistema de revestimento –, e a inexistência de explicação da necessidade de um suporte para a caixa, evitando que ocorresse uma deformação no selante que a fixou, visto que este tem que suportar o peso do equipamento e da água que o preenche (este detalhe pode ser observado somente na ilustração do anexo da Norma). Ademais, a caixa utilizada neste trabalho contém dois registros – um para entrada de água para enchê-la, e outro para a saída do ar –, mas em nenhum momento a necessidade destes aparece discriminada no procedimento.

A ausência de um sistema que impeça a absorção da água durante o preenchimento da caixa – na preparação do ensaio – acaba fazendo com que a quantidade de água absorvida observada



por quem executa o ensaio seja menor do que a real. Outra dificuldade do ensaio é que, se os mecanismos da caixa e a selagem entre a caixa e a parede não tiverem uma vedação adequada e ocorrer algum ponto de vazamento, o conjunto deve ser desmontado, sendo necessário esperar a secagem da parede para então reiniciar os testes.

## 7.2 MÉTODO DO ANEXO C DA NBR 15575-4

O método preconizado pela norma brasileira não estabelece diretrizes quanto à ambientação para a realização deste ensaio, sendo que o ideal para o desenvolvimento desse método seria o ambiente controlado, para uma garantia dos de resultados adequados. Mas, como este serve também para estudos in loco, pode acabar sofrendo influências climáticas e da variação do local de aplicação, ponto não mencionado na Norma.

Neste trabalho, pelo fato do método ter sido executado na interface entre a parte externa e interna do laboratório, a mancha de água que poderia ter ultrapassado para a outra face da parede não chegou a ser observada. Não foi possível concluir se esse comportamento decorreu de um desempenho satisfatório do sistema, ou se as condições ambientais e locais alteraram os resultados do ensaio.

Acredita-se que, neste caso, o vento e a presença do sol em contato com o prisma, no período da tarde, possam ter evitado o aparecimento da mancha, secando e aumentando a temperatura da parede. Esta análise foi feita por imagens obtidas por uma câmera termográfica. Decorridas 3 horas de ensaio, a parede estava com uma temperatura uniforme próxima aos 30°C, na sombra, como pode ser observado na figura 25. Após 5 horas de ensaio, o sol passou a incidir diretamente sobre a parede, aumentando sua temperatura no ponto de incidência para quase 40°C, e mantendo os 30°C nos pontos sem contato direto com o sol (figura 26).

Figura 25 – Análise termográfica da parede durante o ensaio da câmara



(fonte: foto da autora)

Figura 26 – Análise termográfica da parede após 5 horas de ensaio (câmara)



(fonte: foto da autora)

A partir do apresentado, não foi possível analisar o resultado conforme especificado na Norma – indicando a mensuração da mancha que ultrapassou o sistema. Desta forma, foi observada a mancha de água na face que estava voltada para a câmara, após sua retirada. Notou-se que a incidência dos jatos de água e a pressão aplicada no sistema, provocaram uma mancha uniforme, inclusive com remoção de tinta em alguns pontos da parede (figura 27).

Figura 27 – Análise da mancha na face da parede em contato com a câmara



(fonte: foto da autora)

### 7.3 MÉTODO DE KELHAM

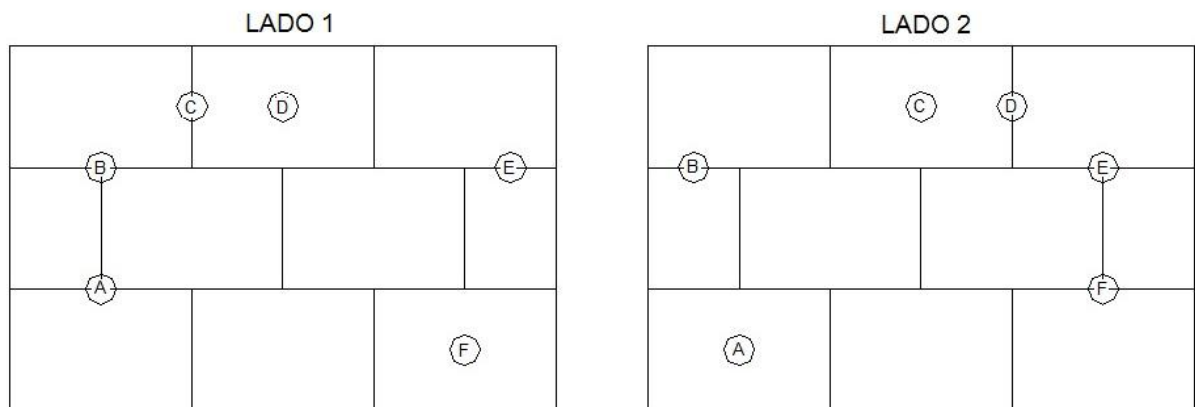
Este ensaio requer que as laterais e a parte sem acabamento do corpo de prova sejam selados, para que a água possa percorrer um único caminho – devido à presença de uma só face de entrada – permitindo que o fenômeno de absorvidade seja mensurado de forma mais controlada.

A escolha deste ensaio destrutivo para a obtenção dos valores de permeabilidade dos revestimentos partiu da necessidade de avaliar o comportamento da capilaridade do revestimento argamassado utilizado. As diretrizes presentes na NBR 9779 não fornecem condições suficientes para a adequada avaliação desse comportamento, visto que as amostras ficam expostas ao ambiente com uma pequena parte submersa em água, dificultando assim a mensuração do fenômeno. Como o ensaio preconizado por Kelham requer que as laterais e a parte superior, sem acabamento, do corpo de prova sejam seladas, a água pode percorrer um único caminho – devido à presença de uma só face de entrada – permitindo um maior controle do comportamento da capilaridade em revestimentos argamassados.

Primeiramente, foram obtidas as dimensões e massas secas dos corpos de prova. Estes valores podem ser observados nas tabelas 1 a 4. A denominação das amostras extraídas foi constituída

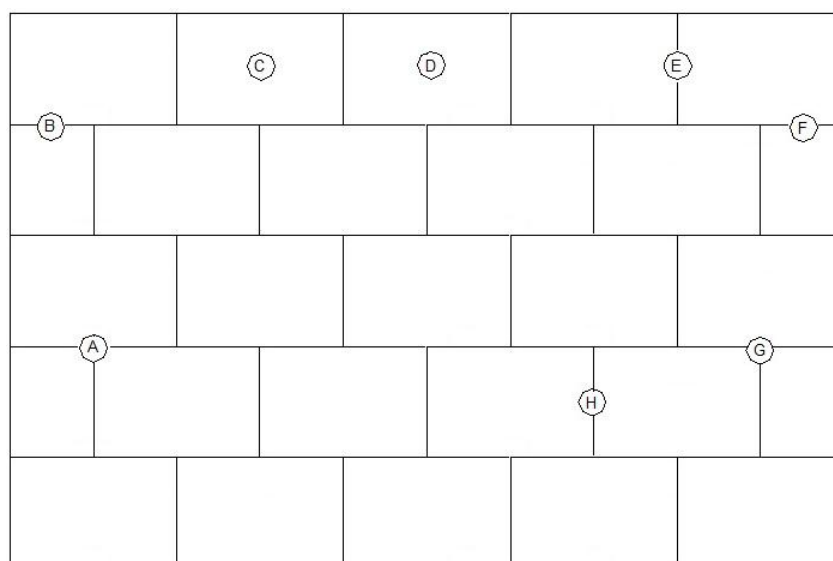
pela combinação da face do qual foi retirada (1 ou 2), do fornecedor do revestimento argamassado aplicado (A, B ou C), e da localização do ponto de extração (conforme esquema da figura 28). Como o prisma de maiores dimensões só recebeu a argamassa de um fornecedor, que foi aplicada em uma única face, sua denominação decorreu apenas da localização dos pontos extraídos (figura 29).

Figura 28 – Localização dos pontos de extração dos corpos de prova (prismas menores)



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 29 – Localização dos pontos de extração dos corpos de prova (prisma maior)



(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 1 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor A

FORNECEDOR A			
Amostra	Diâmetro (cm)	Espessura (cm)	Massa seca (g)
1AA	5,40	2,08	83,10
1AB	5,43	2,00	81,10
1AC	5,43	1,78	72,90
1AD	5,45	1,50	74,50
1AE	-	-	-
1AF	5,40	1,90	77,80
2AA	5,43	1,50	71,50
2AB	5,48	1,80	74,90
2AC	5,45	1,30	62,40
2AD	5,50	1,55	67,60
2AE	5,48	1,65	68,20
2AF	-	-	-

(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 2 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor B

FORNECEDOR B			
Amostra	Diâmetro (cm)	Espessura (cm)	Massa seca (g)
1BA	5,48	2,08	83,30
1BB	5,50	1,60	67,20
1BC	-	-	-
1BD	5,50	1,60	69,70
1BE	5,50	1,85	77,20
1BF	-	-	-
2BA	5,48	2,28	85,40
2BB	5,50	1,95	74,10
2BC	5,50	2,18	82,30
2BD	-	-	-
2BE	-	-	-
2BF	-	-	-

(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 3 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor C

FORNECEDOR C			
Amostra	Diâmetro (cm)	Espessura (cm)	Massa seca (g)
1CA	-	-	-
1CB	5,48	1,70	68,60
1CC	-	-	-
1CD	5,43	1,63	67,20
1CE	5,50	2,00	78,70
1CF	5,45	2,15	87,10
2CA	5,48	1,45	67,70
2CB	5,48	1,55	64,40
2CC	-	-	-
2CD	5,45	2,13	81,50
2CE	5,48	1,88	75,30
2CF	-	-	-

(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 4 – Dimensões e massa seca dos corpos de prova: fornecedor B (prima grande)

FORNECEDOR B (PRISMA GRANDE)			
Amostra	Diâmetro (cm)	Espessura (cm)	Massa seca (g)
A	5,20	1,75	76,70
B	5,30	1,45	68,50
C	5,25	1,90	88,00
D	5,05	1,90	62,50
E	5,20	2,00	99,40
F	5,25	2,00	88,30
G	-	-	-
H	5,15	1,75	72,30

(fonte: elaborado pela autora)

Na extração de alguns dos corpos de prova, houve a perda dos mesmos por quebra. Por esse motivo, estas amostras foram listadas nas tabelas, mas não possuem nenhum resultado.

O aumento da massa dos corpos de prova – devido à absorção da água –, verificado a cada 30 segundos (num intervalo de 0,5 a 10 min), gerou pontos que formaram um gráfico de “ganho de massa x tempo<sup>1/2</sup>”. Os gráficos resultantes de cada argamassa, de acordo com o ponto de extração, podem ser observados nas figuras 31 a 34, e as retas com suas respectivas equações encontram-se no apêndice A. Para uma melhor visualização dos gráficos foram utilizados pequenos modelos na parte superior à direita indicando a localização dos pontos de extração das amostras, segundo a legenda apresentada na figura 30.

Figura 30 – Legenda dos pontos de extração demonstrados nos gráficos



(fonte: elaborado pela autora)

Analisando os gráficos dos diferentes pontos de extração da argamassa do fornecedor A (figura 31) pôde ser notado que não importando sua localização, os corpos de prova tiveram comportamentos semelhantes. Houve uma amostra em cada caso (1AA, 1AC, 1AD) que teve rápida saturação com pequenos ganhos de massa, mas no geral o gráfico gerado foi o esperado, formando uma reta de absorção, e outra de saturação, facilitando a visualização do *nick point*.

Já o comportamento dos corpos de prova da argamassa do fornecedor B não foi conclusivo. Cada amostra formou um tipo de curva (figura 32), com *nick points* muito diferentes, sendo que algumas amostras (como as retiradas sobre as juntas) atingiram a saturação de forma quase imediata, sem ganhos de massa significativos. Embora esse resultado não tenha saído conforme o esperado, ainda assim é coerente: as amostras sobre juntas absorveram mais rapidamente do que as localizadas sobre o meio dos blocos. É importante ressaltar que esse fornecedor tem um menor número de amostras devido às perdas na extração, pela fragilidade do material.

Como pode ser observado na figura 33, os gráficos dos corpos de prova da argamassa do fornecedor C tiveram um comportamento uniforme de acordo com seu ponto de extração. As amostras localizadas sobre o encontro de juntas, embora com um diferente ganho de massa

inicial, tiveram ganhos de massa mínimos ao longo do ensaio, atingindo a saturação de forma rápida. O mesmo ocorreu com duas das três amostras retiradas sobre as juntas, exceto que estas tiveram o mesmo ganho de massa quando o ensaio iniciou. Os corpos de prova retirados do meio dos blocos saturaram de forma rápida, mas assim mesmo o gráfico permite a visualização clara dos intervalos de absorção e saturação.

Ao observar os gráficos de uma forma geral, é possível notar uma grande variação entre os resultados do ensaio quando o mesmo foi aplicado no lado 1 e no lado 2 de cada parede. Essa diferença pode ter ocorrido devido às diferentes espessuras na camada de tinta aplicada, sendo difícil o controle e padronização das mesmas. Para evitar esse problema, a análise da absorvidade das argamassas deveria ter sido realizada antes da aplicação da pintura nas paredes. Além disso, as faces do prisma foram revestidas em diferentes datas, o que também pode causar variabilidade nos resultados.

Com relação à resistência capilar dos corpos de prova, que podem ser vistas nas tabelas 5 a 8, não pôde ser feita uma análise por comparação entre pontos semelhantes. A maior parte dos coeficientes de variação calculados em cada conjunto de pontos superou os 50%, inviabilizando assim um estudo comparativo. Além disso, foram plotadas tabelas apenas para os corpos de prova que formaram curvas com *nick point*, eliminando assim uma parte substancial das amostras.

Acredita-se que os corpos de prova retirados do prisma com maiores dimensões saturaram de forma mais rápida, pois o ensaio foi precedido pelo método da câmara no prisma, o que pode ter influenciado na umidade no interior da parede. Neste prisma foram realizados os três ensaios (caixa, câmara e Kelham), que resultaram em valores compatíveis: o revestimento argamassado é altamente poroso, contendo pontos de grandes infiltrações de água.

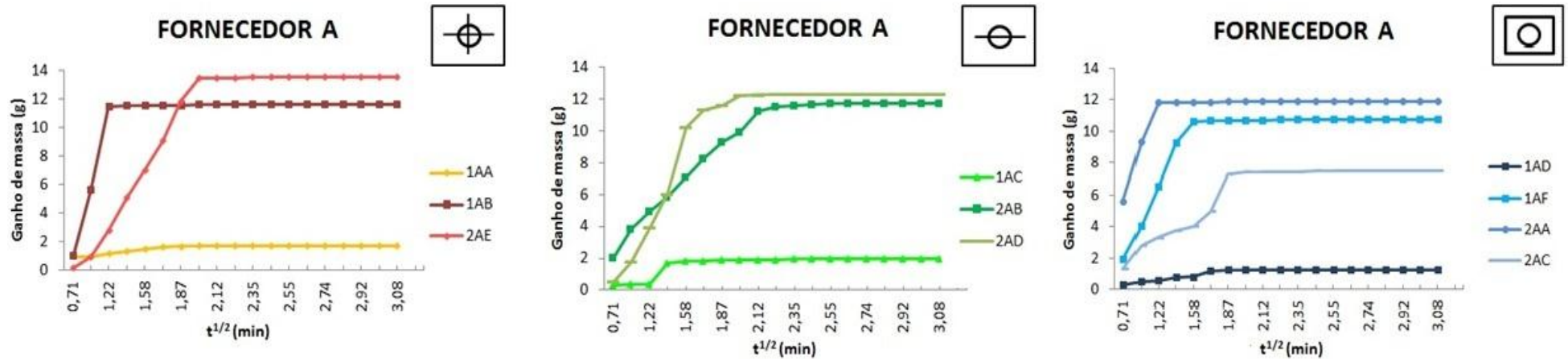
Pelos gráficos de permeabilidade, pôde-se notar que a absorção inicial (primeiros minutos) foi alta, e que os corpos de prova saturaram rapidamente. A variação do ganho de massa ocorreu devido aos diferentes volumes das amostras. Este comportamento condiz com o obtido no ensaio da caixa, no qual ocorreu uma rápida entrada de água desde os primeiros instantes.

Um ponto a ser considerado na realização do ensaio foram as dimensões dos corpos de prova, uma vez que o método serve para analisar a absorvidade do concreto, ao analisar argamassas é preciso ter em mente que a sucção ocorre de uma forma muito mais rápida. Para que os

gráficos possam ser melhor detalhados, possibilitando a observação do *nick point* para os cálculos de taxa de absorção e resistência capilar, seriam necessários corpos de prova maiores almejando um ensaio com maior duração.



Figura 31 – Ganho de massa de água em função de  $\sqrt{t}$  para argamassa do fornecedor A aplicada sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento)



(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 5 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor A

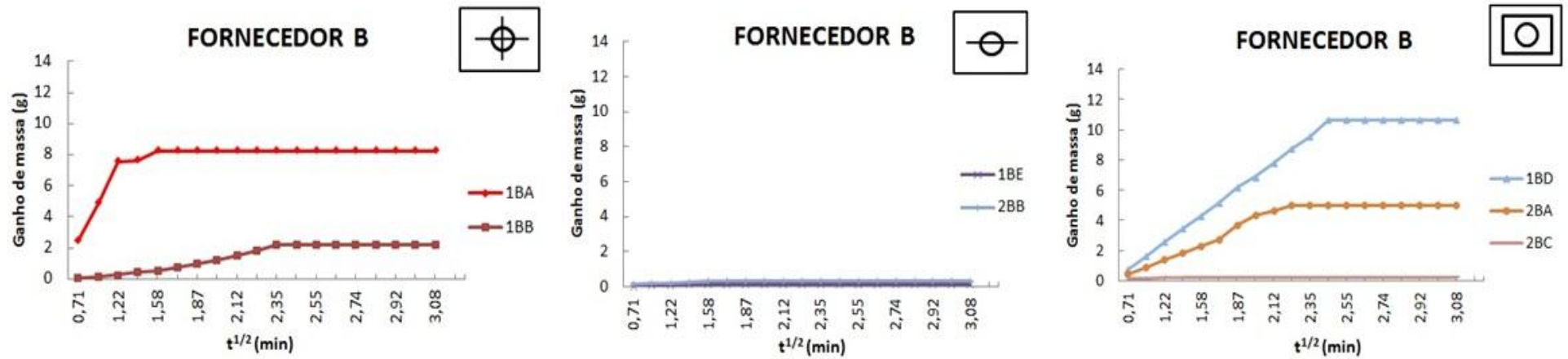
FORNECEDOR A			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1AA	1,04		-7,88%
1AB	0,37	0,96	58,80%
2AE	1,47		-50,92%

FORNECEDOR A			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1AC	0,63		64,83%
2AB	1,53	1,28	-25,91%
2AD	1,66		-38,92%

FORNECEDOR A			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1AD	1,55		-31,01%
1AF	0,69	1,24	55,26%
2AA	0,66		58,26%
2AC	2,07		-82,51%

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 32 – Ganho de massa de água em função de  $\sqrt{t}$  para argamassa do fornecedor B aplicada sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento)



(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 6 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor B

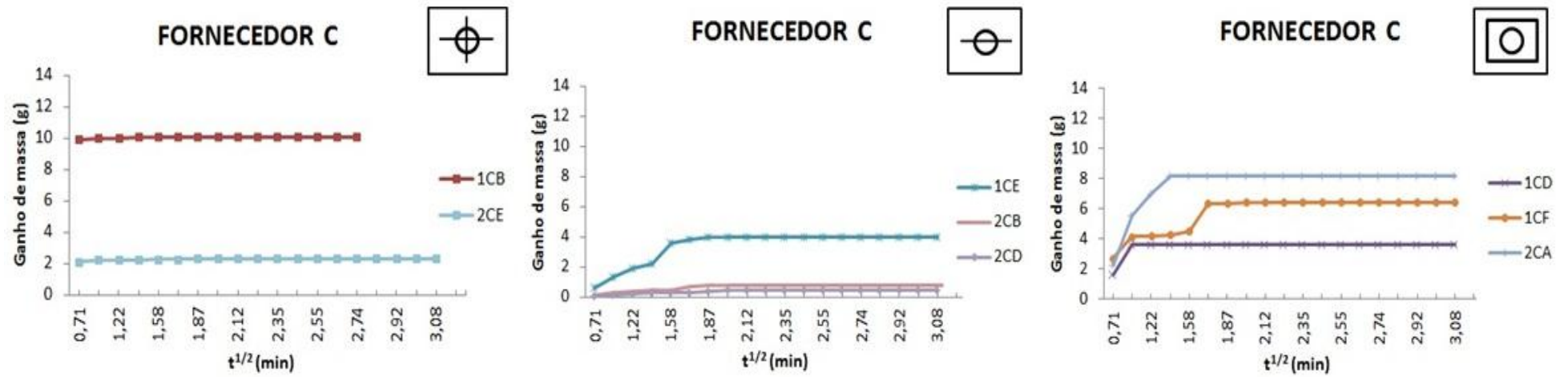
FORNECEDOR B			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1BA	0,58		63,97%
1BB	1,86	1,22	-63,97%

FORNECEDOR B			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1BE	0,73		-3,64%
2BB	0,66	0,69	3,64%

FORNECEDOR B			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1BD	2,33		-105,64%
2BA	0,96	1,27	31,26%
2BC	0,53		74,39%

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 33 – Ganho de massa de água em função de  $\sqrt{t}$  para argamassa do fornecedor C aplicada sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento)



(fonte: elaborado pela autora)

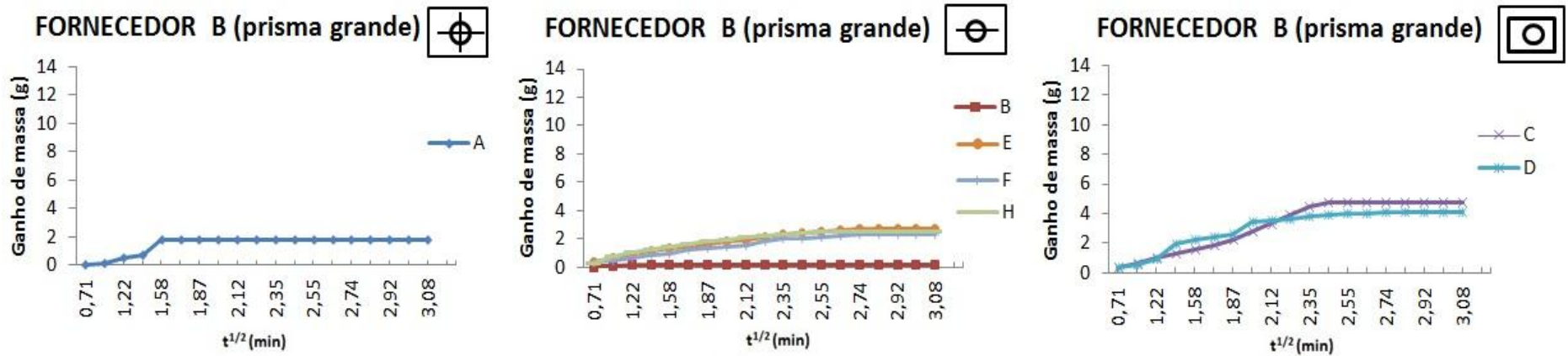
Tabela 7 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor C

FORNECEDOR C			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1CE	0,87	0,87	-

FORNECEDOR C			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
1CD	0,38		31,64%
1CF	0,76	0,69	-6,37%
2CA	0,95		-25,28%

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 34 – Ganho de massa de água em função de  $\sqrt{t}$  para argamassa do fornecedor B aplicada no prisma de maior dimensão sobre substrato (bloco cerâmico e argamassa de assentamento)



(fonte: elaborado pela autora)

Tabela 8 – Resistência capilar dos corpos de prova da argamassa do fornecedor B (prisma grande)

FORNECEDOR B (prisma grande)			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
A	0,82	0,82	-

FORNECEDOR B (prisma grande)			
Corpo de prova	Resistência capilar (s/m <sup>2</sup> )	Resistência capilar média (s/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de variação
C	1,52		-20,44%
D	1,11	1,31	20,44%

(fonte: elaborado pela autora)

## 8 CONCLUSÕES

No cenário atual da construção civil, muitas manifestações patológicas em fachadas surgiram devido à presença de umidade. Não só a falta de preocupação com a execução dos revestimentos das edificações precisa ser mudada, mas também faz-se necessária uma revisão da compatibilização de materiais a serem utilizados, projeto, mão de obra e sistemas construtivos, bem como a utilização de detalhes construtivos e arquitetônicos eficientes que descolem a água das fachadas das edificações.

Visando a melhoria do desempenho de cada sistema da edificação, diversos laboratórios estudam a elaboração de ensaios para possibilitar a avaliação do desempenho dos materiais disponíveis no mercado. Estes testes laboratoriais devem trazer resultados confiáveis se suas indicações forem seguidas de forma estrita (sem variações).

Com este trabalho, foi possível verificar que os ensaios indicados pela NBR 15575-4/2010 para a avaliação de estanqueidade de sistemas de vedação vertical não cumprem esta função, visto que seus procedimentos são altamente deficientes no seu detalhamento. Ademais, a não estabilização da água na bureta no ensaio do anexo D da Norma leva a duas possíveis hipóteses: o sistema de revestimento não teve um desempenho adequado quanto à estanqueidade, permitindo a entrada de um grande volume de água no conjunto; ou as especificações do ensaio precisam ser revistas, detalhando o tipo de tinta a ser utilizado na camada de acabamento para que os resultados sejam compatíveis com os citados pela Norma.

Assim, pode-se afirmar que os objetivos do trabalho foram alcançados, chegando à conclusão que os ensaios da NBR 15575-4/2010 não são válidos para a análise do sistema de vedação proposto. Além disso, foi possível constatar que o Método de Kelham fornece informações adequadas sobre a permeabilidade do sistema revestido, por permitir um maior controle do comportamento da capilaridade. Entretanto, além de apresentar a característica de ser destrutivo e não ser um método normatizado, quando aplicado para argamassas, necessita de corpos de prova de maiores dimensões para conseguir uma tendência mais satisfatória de comportamento do sistema avaliado, facilitando o cálculo da resistência capilar e a análise da absorvidade de cada amostra.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: desempenho de edifícios habitacionais até cinco pavimentos – parte 4 – sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2010a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: desempenho de edifícios habitacionais até cinco pavimentos – parte 1 – requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2010b.

\_\_\_\_\_. **NBR 13529**: revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

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

BAUER, E. **Resistência à penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos**: uma análise de desempenho. 1987. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2050>><sup>10</sup>. Acesso em: 10 abr. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. [S. l.]: 2002. Paginação irregular. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (Org.). **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 361-378.

KAZMIERCZAC, C. de S. **Desempenho de alvenarias de materiais cerâmicos à penetração de água da chuva**: uma análise de fatores condicionantes. 1989. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

KULAKOWSKI, M. P. **Contribuição ao estudo da carbonatação em concretos e argamassas compostos com adição de sílica ativa**. 2002. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo: EPUSP, 1998. Notas de aula da disciplina de Tecnologia das Construções de Edifícios II. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br>><sup>11</sup>. Acesso em: 19 maio 2012.

<sup>10</sup> estando no site <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2050>>, localize na parte final da página a indicação <visualizar/abrir>: selecione para abrir o documento.

<sup>11</sup> estando no site <<http://pcc2436.pcc.usp.br>>, selecionar <textos técnicos> e <texto técnico sobre revestimentos de argamassa (2 em 1)> para abrir o documento.

MELO JR., C. M. **Influência da chuva dirigida e dos detalhes arquitetônicos na durabilidade de revestimentos de fachada.** 2010. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Mecânica das Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MOURA, W. **A Utilização de escória de cobre como adição e como agregado miúdo para concreto.** 2000. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída.** 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1555>><sup>12</sup>. Acesso em: 26 maio 2012.

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, 1986.

POYASTRO, P. C. **Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida.** 2011. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RODRIGUES, A. H. **Estanqueidade de alvenaria revestida com diferentes argamassas e acabamentos: aplicação da NBR 15575-4/2008.** 2010. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SABBATINI, F. H. Tecnologia e execução de revestimentos de argamassa. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 13., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Concrelix, 1990. Não paginado. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br>><sup>13</sup>. Acesso em: 19 maio 2012.

SABBATINI, F. H.; CARDOSO, F. F.; FRANCO, L. S.; BARROS, M. M. B. Revestimentos verticais. São Paulo: EPUSP, 2003. Notas de aula da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios II. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br>><sup>14</sup>. Acesso em: 19 maio 2012.

---

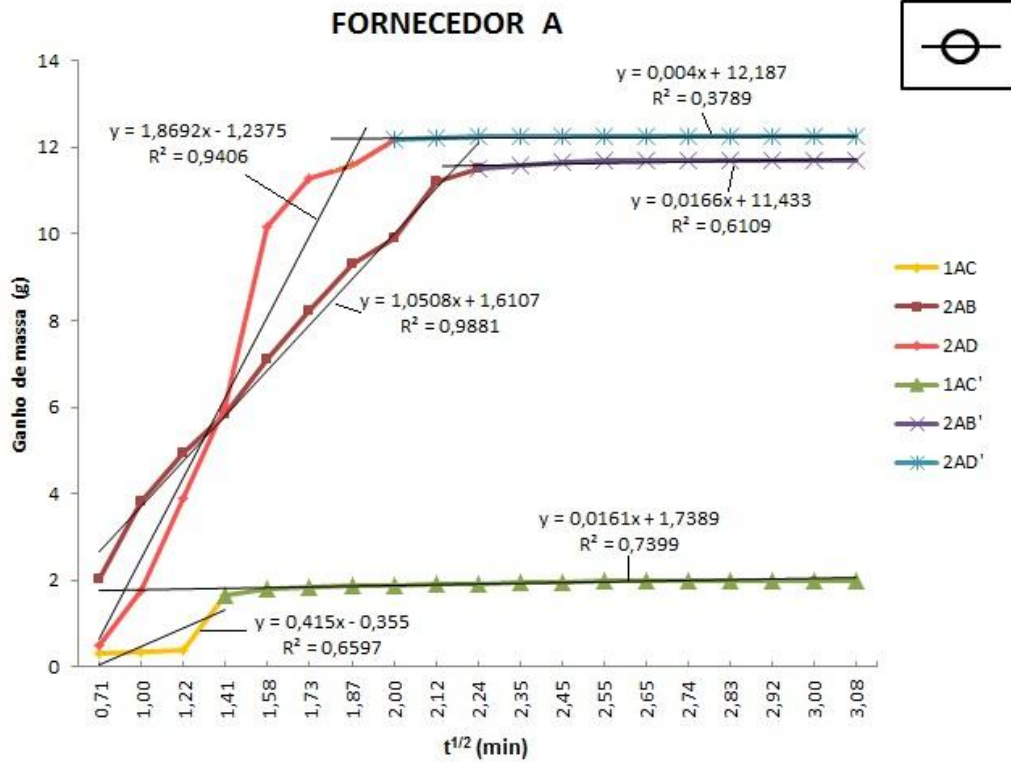
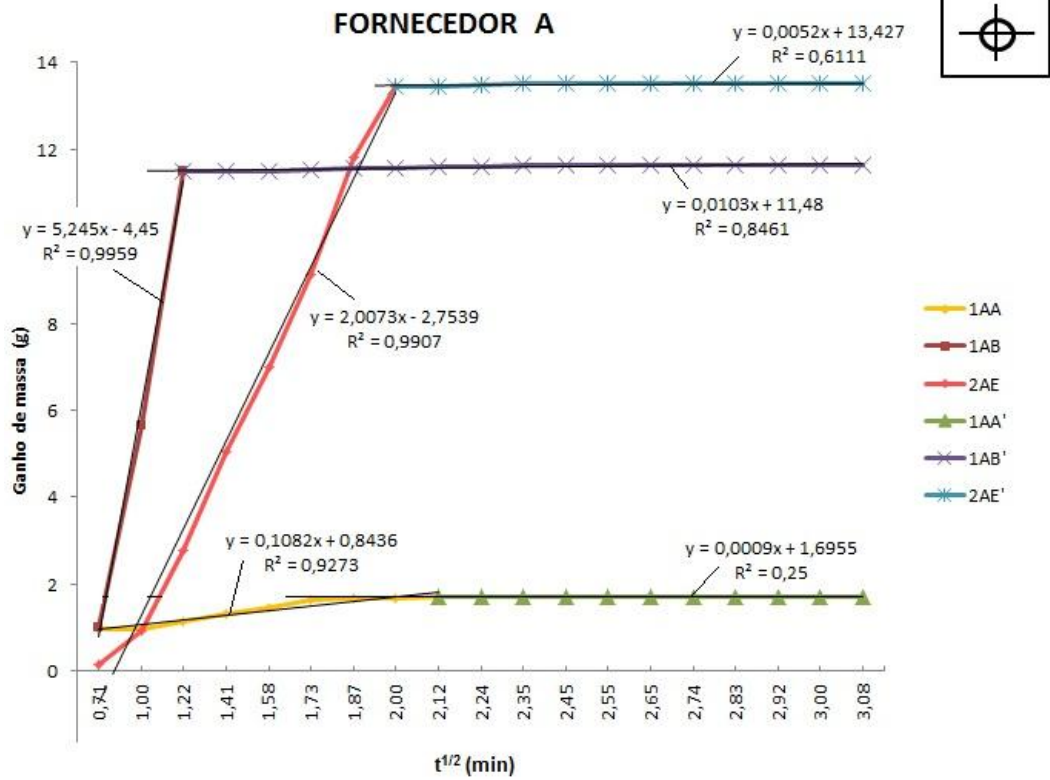
<sup>12</sup> estando no site <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1555>>, localize na parte final da página a indicação <visualizar/abrir>; selecione para abrir o documento.

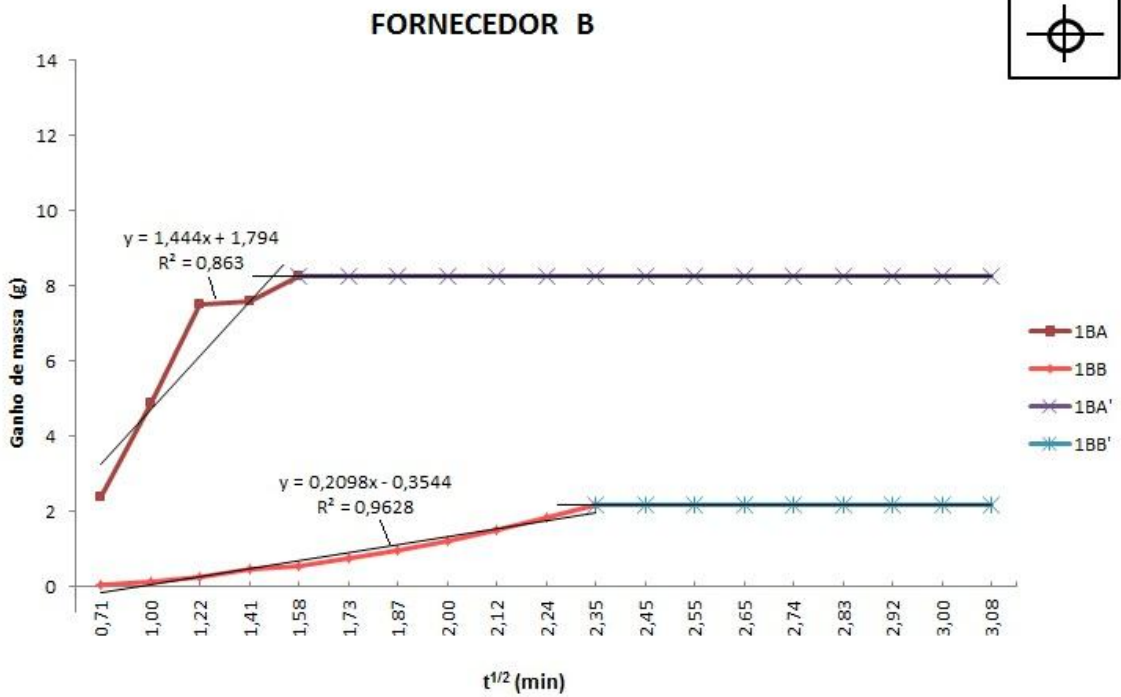
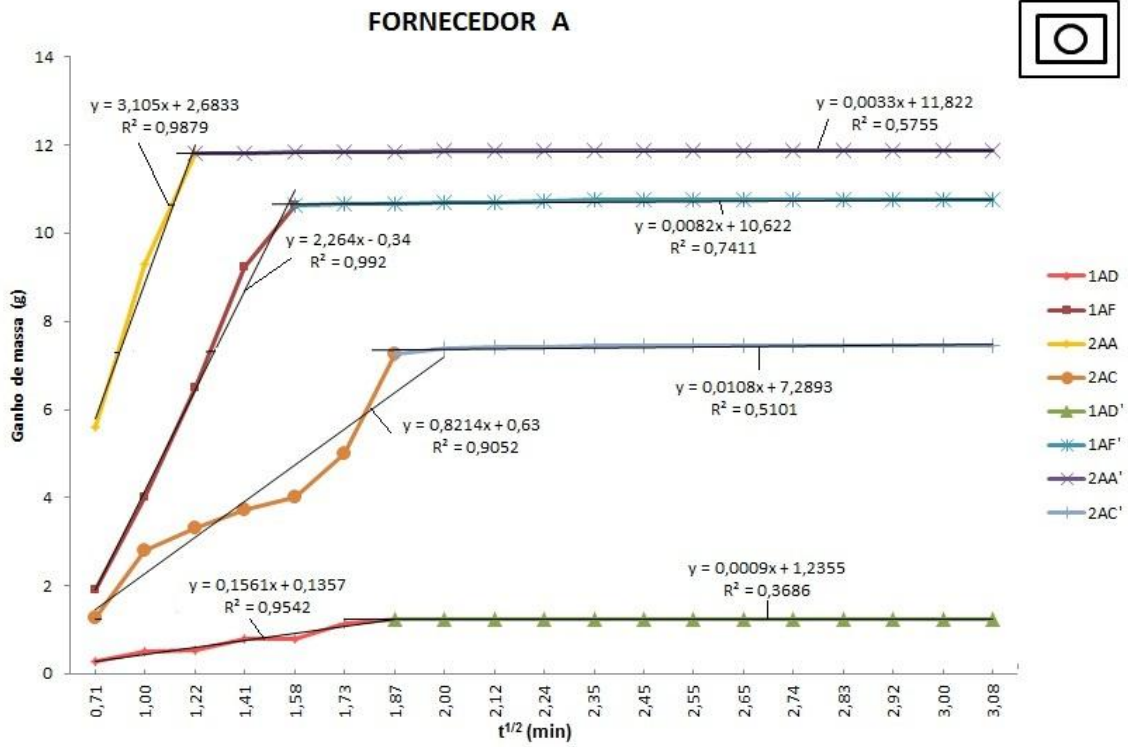
<sup>13</sup> estando no site <<http://pcc2436.pcc.usp.br>>, selecionar <textos técnicos> e <texto Simpaticon Sabbatini – Execução revestimentos de argamassa> para abrir o documento.

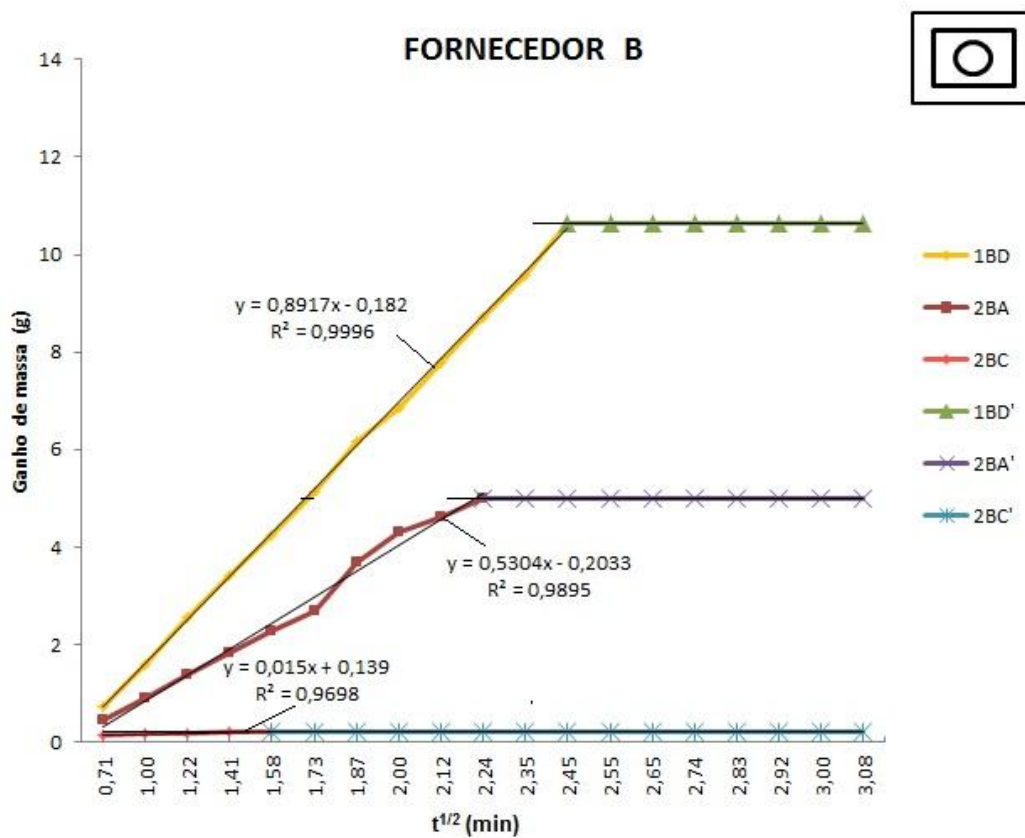
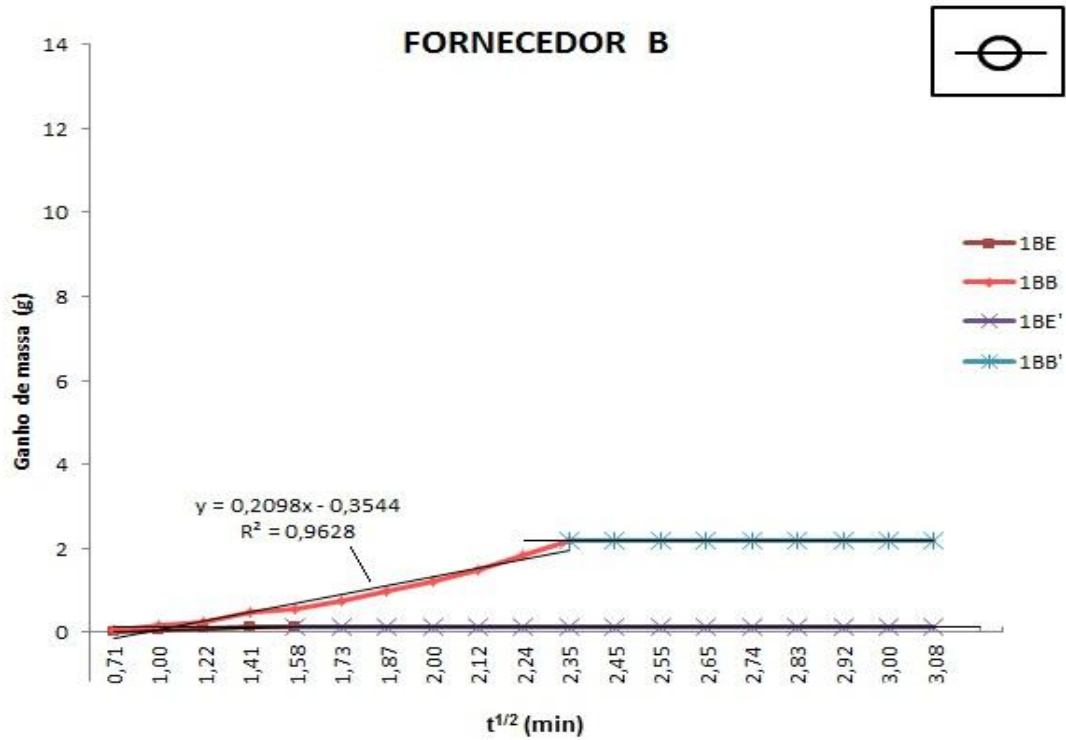
<sup>14</sup> estando no site <<http://pcc2436.pcc.usp.br>>, selecionar <transparências aulas> e <revestimentos de paredes e tetos: conceituação e classificação> para abrir o documento.

**APÊNDICE A – Retas e equações dos gráficos das argamassas dos  
fornecedores A, B, C e B aplicado no prisma grande**

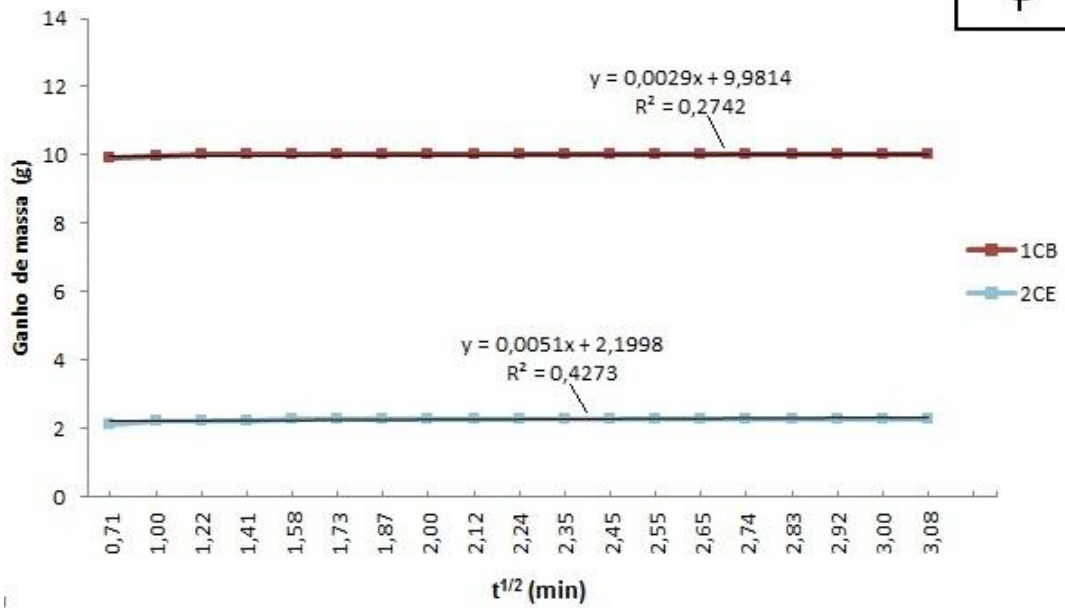








FORNECEDOR C



FORNECEDOR C

