



ESTUDO COMPARATIVO DA ESTANQUEIDADE A ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO DE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS DE FACHADA

SÃO PAULO
2019



DIEGO BUENO FERREIRA
FABRÍCIO MOREIRA DA SILVA
FELIPE NEVES MALDONADO

ESTUDO COMPARATIVO DA ESTANQUEIDADE A ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO DE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS DE FACHADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Prof. M. Sc. Luís César De Luca.

SÃO PAULO
2019

AGRADECIMENTOS

À Deus pela força nas horas de agonia, fé nos momentos de descrença e sabedoria nos momentos das escolhas difíceis.

À nós, autores deste trabalho, pela honra em trabalharmos juntos e pelo empenho.

Aos nossos pais pelo incentivo e apoio incondicional.

À Faculdade IDD, seu corpo docente, sua direção e sua administração pelos ensinamentos e colaboração prestada.

À Engenheira Civil Marília Raphalski pela sua ajuda e colaboração na prospecção deste trabalho.

Às nossas famílias e nossos amigos que sempre nos apoiaram.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO COMPARATIVO DA ESTANQUEIDADE A ÁGUA SOB BAIXA PRESSÃO DE REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS DE FACHADA

Por

DIEGO BUENO FERREIRA
FABRÍCIO MOREIRA DA SILVA
FELIPE NEVES MALDONADO

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

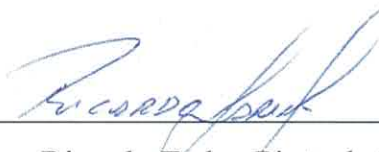
São Paulo (SP) 05 de Fevereiro de 2019.



André Tadeu Moreno Figueiró, Esp.



Carla Castro de Paula, Esp.



Ricardo Tadeu Pinto de Faria, Esp.

RESUMO

A Norma de Desempenho, ABNT NBR 15575:2013, estipulou a vida útil mínima de vários sistemas envolvidos em uma construção. Para as vedações verticais externas (fachada), por exemplo, o sistema deve atender aos requisitos de desempenho por, no mínimo, 40 anos, desde que respeitadas suas manutenções periódicas preventivas.

Para tanto, este sistema (assim como todos os demais) deve impedir que agentes externos o agridam desde sua construção, de forma a não comprometer seu desempenho. Neste caso de fachadas, o maior agente agressivo é a água.

Este trabalho tem como objetivo comparar a estanqueidade a água em vedações verticais externas em diferentes tipos de revestimentos argamassados e acabamentos, nas projeções das faces de bloco e das juntas de assentamento. Para isso, foi produzida uma parede para ensaios, em bloco de concreto. Os revestimentos utilizados foram argamassas técnicas decorativas dosada em obra, industrializada e monocamada. Dividiu-se então a parede em 9 panos, sendo que 8 destes receberam cada, um tipo de revestimento e um tipo de acabamento ou proteção superficial diferente. E, ainda, 1 pano não foi revestido para obtenção de valores base. Os ensaios, então, foram realizados por 6 amostragens em cada pano, onde foi possível a determinação dos valores de permeabilidade e, a partir deste dado, a obtenção do Coeficiente de Absorção do pano ensaiado.

A metodologia para determinação da absorção de água seguiu os procedimentos normatizados obedecendo a todos seus procedimentos de preparação e cura, bem como a realização de ensaios de absorção por meio do tubo de *Karsten*, regida por normatização europeia.

Palavras chave: Tubo de Karsten. Estanqueidade. Permeabilidade. Revestimentos argamassados. Argamassa técnica decorativa.

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) Equação do coeficiente de absorção.....	32
---	----

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1. Revestimento monocamada em empreendimento habitacional.....	35
Fotografia 2. Chapisco rolado e revestimento monocamada em empreendimento habitacional.....	35
Fotografia 3. Alvenaria em blocos de concreto.....	44
Fotografia 4. Chapisco na alvenaria	46
Fotografia 5. Chapisco e impermeabilização na alvenaria.....	46
Fotografia 6. Impermeabilização da primeira fiada no pano base	47
Fotografia 7. Aplicação da camada de emboço em argamassa industrializada ...	48
Fotografia 8. Regularização da camada de emboço).....	48
Fotografia 9. Revestimento argamassado industrializado	49
Fotografia 10. Revestimento argamassado tradicional dosado em obra	49
Fotografia 11. Revestimento argamassado monocamada	50
Fotografia 12. Vista dos panos de ensaio	50
Fotografia 13. Realização dos ensaios.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Variação da retração de água de argamassas mistas	28
Gráfico 2. Variação da resistência à compressão de argamassas mistas.....	29
Gráfico 3. Ensaio na face do bloco no pano A	53
Gráfico 4. Ensaio nas faces de blocos no pano B2	57
Gráfico 5. Ensaio nas juntas de assentamento no pano B2.....	57
Gráfico 6. Ensaio nas faces de blocos no pano B3	60
Gráfico 7. Ensaio nas juntas de assentamento no pano B3.....	60
Gráfico 8. Ensaio nas faces de blocos no pano C1	63
Gráfico 9. Ensaio nas juntas de assentamento no pano C1.....	63
Gráfico 10. Ensaio nas faces de blocos no pano C3	67
Gráfico 11. Ensaio nas juntas de assentamento no pano C3.....	67
Gráfico 12. Ensaio nas faces de blocos no pano D1	70
Gráfico 13. Ensaio nas juntas de assentamento no pano D1	70
Gráfico 14. Ensaio nas faces de blocos no pano D2	73
Gráfico 15. Ensaio nas juntas de assentamento no pano D2	73
Gráfico 16. Resultados em face de bloco	74
Gráfico 17. Resultados em junta de assentamento	75

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sinistros verificados e seus custos de reparação.....	16
Figura 2. Umidade decorrente de intempéries.....	23
Figura 3. Revestimento argamassado dosado em obra multicamadas	26
Figura 4. Tipos de acabamento de revestimento monocamada.....	34
Figura 5. Diferenças entre revestimentos argamassados tradicional multicamadas x emboço paulista x monocamada.....	34
Figura 6. Tubo de Karsten para face vertical	40
Figura 7. Aplicação do método do Tubo de Karsten em sistema de vedação vertical	40
Figura 8. Tipos de revestimento de acabamento	43
Figura 9. Situações de ensaio de absorção	43
Figura 10. Pontos ensaiados no pano A.....	52
Figura 11. Pontos ensaiados no pano B1	54
Figura 12. Pontos ensaiados no pano B2.....	55
Figura 13. Pontos ensaiados no pano B3.....	58
Figura 14. Pontos ensaiados no pano C1.....	61
Figura 15. Pontos ensaiados no pano C2.....	64
Figura 16. Pontos ensaiados no pano C3.....	65
Figura 17. Pontos ensaiados no pano D1.....	68
Figura 18. Pontos ensaiados no pano D2.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades das argamassas.....	25
Tabela 2. Comparativo entre argamassas preparada em obra e argamassa industrializada.....	30
Tabela 3. Classificação de permeabilidade	41
Tabela 4. Ensaaios na face do bloco no pano A.....	53
Tabela 5. Ensaaios na face de bloco no pano B2	56
Tabela 6. Ensaaios nas juntas de assentamento no pano B2	56
Tabela 7. Ensaaios na face de bloco no pano B3	59
Tabela 8. Ensaaios na junta de assentamento no pano B3	59
Tabela 9. Ensaaios na face de bloco no pano C1	62
Tabela 10. Ensaaios na junta de assentamento no pano C1	62
Tabela 11. Ensaaios na face de bloco no pano C3	66
Tabela 12. Ensaaios na junta de assentamento no pano C3	66
Tabela 13. Ensaaios na face de bloco no pano D1	69
Tabela 14. Ensaaios na junta de assentamento no pano D1	69
Tabela 15. Ensaaios na face de bloco no pano D2	72
Tabela 16. Ensaaios na junta de assentamento no pano D2	72
Tabela 17. Resultado dos Ensaaios	76
Tabela 18. Classificação dos Ensaios – Cabs,méd.....	77

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DATEC	Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos
EMO	European Mortar Industry Organization
ICOMOS	International Council on Monuments and Sites
NBR	Norma Brasileira
RILEM	Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas
VUP	Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
FOLHA DE APROVAÇÃO	3
RESUMO	4
LISTA DE EQUAÇÕES.....	5
LISTA DE FOTOGRAFIAS	6
LISTA DE GRÁFICOS	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE SIGLAS.....	10
SUMÁRIO.....	11
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 HIPÓTESE	17
1.4 JUSTIFICATIVAS	17
1.4.1 Tecnológicas.....	17
1.4.2 Econômicas	17
1.4.3 Sociais	18
1.4.4 Ecológicas	18
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	18
1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 UMIDADE E INFILTRAÇÃO.....	21
2.1.1 Umidade decorrente de intempéries	22
2.2 SISTEMA DE FACHADA	24

2.3	REVESTIMENTOS DE ORIGEM ARGAMASSADA	24
2.3.1	Argamassadosada em obra	26
2.3.2	Argamassa industrializada.....	29
2.3.3	Argamassa monocamada.....	31
2.3.3.1	Normatização	312
2.3.3.2	Normatização	313
2.4	IMPERMEABILIDADE, ESTANQUEIDADE E PROTETORES DE SUPERFÍCIE	36
2.4.1	Hidrofugante.....	37
2.4.2	Pintura acrílica.....	38
2.5	ENSAIO “TUBO DE KARSTEN”	39
3	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	42
3.1.	SISTEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	42
3.2	EXECUÇÃO DA PAREDE.....	44
3.3	EXECUÇÃO DOS REVESTIMENTOS	44
3.4	EXECUÇÃO DOS ENSAIOS	51
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	52
4.1	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	52
4.1.1	Ensaio no pano base.....	52
4.1.2	Ensaio no pano revestido com argamassa industrializada e protegido por pintura acrílica.....	54
4.1.3	Ensaio no pano revestido com argamassa industrializada e protegido por hidrofugante	55
4.1.4	Ensaio no pano revestido com argamassa industrializada e sem proteção superficial.....	58
4.1.5	Ensaio no pano revestido com argamassa dosada em obra e protegido por hidrofugante	61
4.1.6	Ensaio no pano revestido com argamassa dosada em obra e protegido por pintura acrílica.....	64

4.1.7	Ensaio no pano revestido com argamassa dosada em obra e sem proteção superficial.....	65
4.1.8	Ensaio no pano revestido com argamassa monocamada e protegido por hidrofugante	68
4.1.9	Ensaio no pano revestido com argamassa monocamada e sem proteção superficial.....	71
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	74
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	79
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	80
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

A versão mais recente da Norma Brasileira de desempenho de edificações habitacionais da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 15.575:2013) determina, dentre os diversos critérios a serem atendidos pelas Construtoras, que os sistemas projetados e executados por elas atendam a Vida Útil de Projeto (VUP) mínima nela constante. Estas novas exigências moveram construtoras a promoverem mudanças em seus sistemas construtivos, de modo a atender a norma.

Dentre as VUP's estipuladas pela NBR 15.575 (ABNT, 2013), fica determinado que o sistema de fachada deve atender a, no mínimo, 40 anos sem que haja comprometimentos de seu desempenho, desde que sejam realizadas manutenções preventivas no período que, inclusive, podem aumentar a VUP do sistema.

Os revestimentos e os componentes de fachada, além da finalidade estética ao edifício, são responsáveis, juntamente aos detalhes arquitetônicos, pelo isolamento das paredes internas e estrutura à ação de agentes agressores provindos de intempéries. Portanto, para tal, é de extrema importância que o sistema garanta estanqueidade à água de chuva.

A má definição e a execução errônea do sistema de fachadas podem gerar severos danos ao empreendimento em curto período de tempo, tais como destacamentos e fissuras, acarretando em infiltrações, quedas de materiais (podendo ocasionar acidentes) e desvalorização do imóvel, não atendendo em muitos casos a Vida Útil de Projeto estipulada.

Consoli (2006) afirma que, devido a ocorrência de patologias em fachadas, a maioria dos revestimentos utilizados não proporcionam um desempenho que garanta uma vida útil funcional no período determinado. Portanto, os estudos das patologias e dos revestimentos podem ter a funcionalidade de fornecer informações capazes de implementar a qualidade dos materiais, das mãos de obra e, inclusive, do sistema como um todo.

Alves (2008) verificou em seu estudo que o sistema com maior frequência de ocorrência de manifestações patológicas em empreendimentos é o de fachadas com 19% (Figura 1).

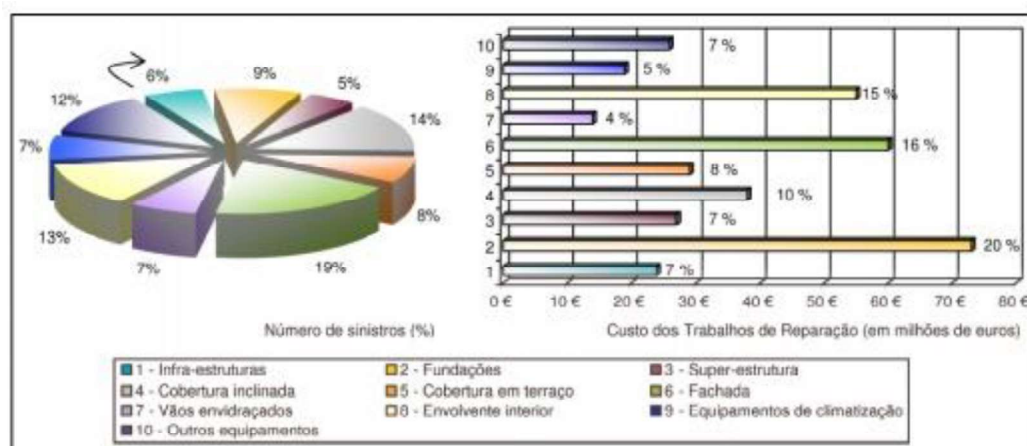


Figura 1. Sinistros verificados e seus custos de reparação (Alves, 2008)

Segundo Chaves (2010), o principal causador de patologias em fachadas é a umidade, que pode agredi-la na forma de infiltração por água de chuva, por microcapilaridade ou ainda devido à porosidade do material constituinte.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Entre os sistemas de revestimento monocamada, de argamassa dosada em obra e de argamassa industrializada, qual possui maior estanqueidade?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar a estanqueidade dos revestimentos de fachada monocamada, argamassado dosado em obra e argamassado industrializado.

1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar a estanqueidade dos revestimentos no meio da face do bloco e na junta de assentamento.

Analisar o desempenho estanque do hidrofugante e da pintura acrílica quando utilizados na superfície do revestimento.

1.3 HIPÓTESE

Presume-se que os panos revestidos por argamassa industrializada possuam maior estanqueidade dentre os tipos de revestimento. E, quanto ao tipo de tratamento superficial, presume-se que se obtenha melhor resultado com a pintura acrílica.

1.4 JUSTIFICATIVAS

1.4.1 Tecnológicas

Estudos acerca das propriedades e características de materiais e sistemas geram melhorias em sua produção e/ou utilização.

1.4.2 Econômicas

A estanqueidade de um material ou sistema construtivo tende a impedir o surgimento ou agravamento de manifestações patológicas, colaborando para uma maior vida útil de projeto, o que gera uma retenção de gastos de manutenções corretivas e preventivas e em um aumento do valor de mercado do empreendimento.

1.4.3 Sociais

O estudo auxilia para que o consumidor final possa analisar e compreender a utilização desta tipologia de material e/ou sistema. E, além disso, prover a utilização correta destes.

1.4.4 Ecológicas

Ao se prevenir que hajam manutenções corretivas, ocorre também a prevenção a geração de resíduos da construção civil. E, além disso, colabora à não utilização de mais recursos para refazimentos de serviços.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisas teóricas e ensaio prático.

A pesquisa teórica baseou-se em pesquisas bibliográficas sobre as patologias que surgiram em fachadas argamassadas devido a umidade e sobre o revestimento argamassado monocamada.

O ensaio prático foi realizado pelo método expedito denominado “Tubo de Karsten”, de modo a quantificar a permeabilidade de água no sistema de revestimento.

Os processos dos ensaios foram registrados fotograficamente e as informações foram compiladas para verificação e comparação da permeabilidade de água dentre os tipos de revestimento de fachadas e dentre as regiões analisadas. E, por fim, a verificação das condições de estanqueidade.

1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos.

O capítulo 1 apresenta a introdução, que é composta pelos seguintes itens: texto de conceituação e caracterização do tema; objetivos; justificativa; e metodologia.

No capítulo 2 há conceitos da fundamentação teórica do estudo, apresentando definição de sistema de fachada, definições de revestimentos de origem argamassadas e monocamada e as diferenças existentes entre eles, e as definições de permeabilidade e estanqueidade.

Já no capítulo 3 exprime-se o programa experimental, apresentando os dados do ensaio prático e seu desenvolvimento.

O capítulo 4 retrata a análise dos dados obtidos.

E o capítulo 5 relata as conclusões do trabalho e apresenta sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na Arquitetura clássica, de acordo com Mahfuz (2009), as fachadas das construções faziam parte do sistema de sustentação dos edifícios, portanto suas grandes e espessas paredes é que garantiam suas funcionalidades, que são, principalmente, conforto térmico, conforto acústico e estanqueidade.

Le Corbusier (1926 *apud* Fischer, 2018) definiu cinco conceitos que revolucionariam o estilo arquitetônico da época, deixando o clássico e iniciando o período moderno da arquitetura mundial. Dentre estes conceitos, se destacaram a necessidade de construções com plantas e fachadas livres. Esta visão fez com que a fachada deixasse de fazer parte da sustentação da edificação e passasse a ser mais um elemento construtivo constituinte da edificação, dando liberdade aos arquitetos de trabalhá-la e caracterizá-la conforme quisessem e esta é a ideologia seguida até hoje nas edificações.

Com isto, as fachadas passaram a ter também a função de embelezamento das edificações, com componentes cada vez mais audaciosos, levando à necessidade de projetos específicos para sua execução. Porém, suas funções principais foram um pouco esquecidas ao longo do tempo, ou deixadas um pouco de lado.

Esta nova conceituação e esbeltez das fachadas, no Brasil, por vezes não foram acompanhadas de bons níveis de desempenho. De acordo com Ioshimoto (1988), pesquisas realizadas no Brasil na década de 1980 constataram que 52% das manifestações patológicas em edifícios com um a três anos de idade eram devido a umidade, e naqueles com quatro a sete anos, os problemas de umidade representavam aproximadamente 86% dos problemas patológicos. Já 2004, em nova pesquisa, verificou-se que 58% dos problemas patológicos de edifícios com um a quatro anos de idade são relativos à umidade. Estes dados comprovam, segundo Oliveira, Moreira e Mitidieri Filho (2006), a hipótese levantada por Perez (1988) na década de 1980 de que os problemas de umidade representam quase 60% dos problemas de uma edificação durante sua vida útil.

A seção a seguir (2.1) conceitua a umidade que, de acordo com Bonafé (2016), é o principal agente degradante dos revestimentos, o qual diminui a vida útil do sistema e compromete os níveis de habitabilidade da edificação.

2.1 UMIDADE E INFILTRAÇÃO

Segundo Alfano *et al.* (2006), umidade é um fluxo de água no sentido vertical ou horizontal contra um meio permeável. Freitas, Torres e Guimarães (2008) afirmam que, quando não há barreiras que inibam este fluxo, a água tende a ascender por dentre os poros do meio (uma parede no caso da construção civil, por exemplo), podendo causar danos à edificação.

Conforme Gadotti e Lupetti (2018), a umidade nas construções é um dos mais difíceis problemas a serem mantidos no ramo e, ainda, ocasionam prejuízos funcionais à edificação, desconfortos aos usuários, insalubridade e danos em bens materiais.

Divizia (2017) aponta que as patologias ocasionadas por umidade podem ter quatro origens distintas, sendo:

- a) A umidade por condensação ocorre quando o vapor de água existente no interior de um ambiente entra em contato com superfícies mais frias, como vidros e metais, formando gotículas de água e, futuramente, bolor. Este fenômeno está diretamente relacionado à ausência de ventilação no ambiente (geralmente cozinhas e banheiros);
- b) A umidade decorrente de vazamentos ou infiltrações ocorrem quando há penetração direta da água no interior dos edifícios pelas paredes. É muito frequente esse tipo de umidade em subsolos que se encontram abaixo do nível do lençol freático;

- c) A umidade ascendente por capilaridade ocorre quando a água presente no solo umedece a parte inferior das paredes da edificação e ascendem neste meio por capilaridade;
- d) A umidade decorrente de intempéries, ou precipitação, consiste na infiltração da água da chuva pela fachada do edifício, devido a porosidade, fissuras ou ausência de sistema impermeabilizante.

As pesquisas elaboradas neste estudo estão voltadas totalmente a umidade decorrente de intempéries, que será melhor desenvolvida a seguir.

2.1.1 Umidade decorrente de intempéries

De acordo com Oliveira, Moreira e Mitidieri Filho (2006), a ocorrência da umidade decorrente de intempéries, ou precipitação, está condicionada a três fatores: presença de lâmina de água na fachada; presença de aberturas na fachada (por exemplo fissuras, porosidade ou frestas); ou ação de forças que promovam a penetração d'água no revestimento (por exemplo ação do vento ou sucção capilar).

De acordo com Sousa *et al.* (2004), a ação conjunta de chuva e vento incidindo sobre a parede externa de uma edificação oferece condições propícias para desencadear mecanismos de degradação, tais como fissuras, fungos, bolor e deficiência de aderência. E, conforme Zapla (2009), quando possibilitada esta penetração de água no sistema por meio de, principalmente, fissuras, as infiltrações tendem a ocasionar severos danos não só ao sistema, mas também aos usuários da moradia.

A figura 2 ilustra três situações onde as paredes de fachada, suscetíveis a ação de vento, sofrem com umidade devido a fissura (A), porosidade (B) e fresta ou junta (C).

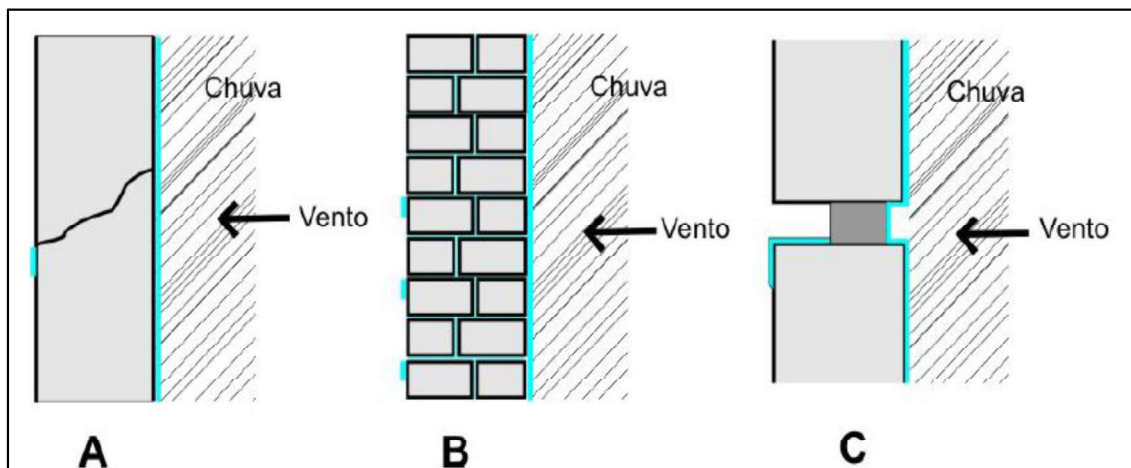


Figura 2. Umidade decorrente de intempéries (Argilés, 1998)

Portanto, há necessidade de haver revestimento desta parede de fachada de modo a protegê-la contra tais problemas.

As fachadas, portanto, podem ser de diferentes tipos como aderidas ou ventiladas, e receber diversos tipos de acabamento. A definição do sistema depende do conceito estético que se pretende adotar pelos arquitetos e seus clientes. Seja qual for o tipo e o acabamento que a fachada irá receber, os materiais do sistema devem resistir a diferenças de temperatura, chuvas, ventos e raios solares, de modo a não perder suas características e funcionalidades.

Dentre todos os tipos de revestimento de fachada, um dos mais utilizados no Brasil na área habitacional é o aderido argamassado. Baseando-se apenas em suas adesões à base, sem contar a camada de acabamento, os revestimentos argamassados possuem dois tipos: tradicional multicamadas (dosado em obra ou industrializado) e o monocamada. E, para tanto, devem garantir estanqueidade ao sistema de fachada, principal agente degradante dos sistemas de fachada.

Nas seções a seguir são apresentadas conceituações de sistemas de fachadas (seção 2.2), definições de revestimentos de origem argamassados

multicamadas e monocamada (seção 2.3), o conceito de permeabilidade e estanqueidade (seção 2.4) e conceituação do ensaio tubo Karsten, propício a infiltrações devido ação de ventos (seção 2.5).

2.2 SISTEMA DE FACHADA

As fachadas de edifícios são denominadas pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) como vedações verticais externas. E são definidas por Pinhal (2009) como sendo todas as faces voltadas ao ambiente externo de qualquer construção.

O subsistema por esta compreendido envolve elementos arquitetônicos (pingadeiras, peitoris, etc.), esquadrias e revestimentos e acabamento, que de modo geral, devem garantir, segundo Oliveira, Moreira e Mitidieri Filho (2006), níveis mínimos de segurança, estanqueidade, habitabilidade e durabilidade aos seus usuários.

Oliveira (2009) ressalta que a fachada é um elemento que compartimenta e separa os ambientes interno e externo à edificação, além de ser uma barreira contra ação de agentes indesejáveis. E, ainda, o subsistema por este compreendido relaciona as esquadrias e revestimentos.

2.3 REVESTIMENTOS DE ORIGEM ARGAMASSADA

A NBR 7200 (ABNT, 1998) define argamassa, em geral, como uma “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.”.

Argamassa Técnica Decorativa é definida pela NBR 16648 (ABNT, 2018) como uma argamassa onde há possibilidade de se adicionar pigmentação, sendo esta utilizada na última camada do revestimento (camada aparente),

podendo ser aplicada em camada única (monocamada) ou sobre argamassa de regularização e/ou de emboço (multicamadas). Logo, o revestimento é obtido pela aplicação destas argamassas sobre a base, em camada única ou em camadas sobrepostas.

De acordo com Leggerini (2010), os revestimentos argamassados de fachada auxiliam na:

- a) Proteção aos elementos de vedação da edificação contra ações de intempéries;
- b) Isolamento termo acústico;
- c) Estanqueidade a água e gases;
- d) Regularização de superfície para recebimento de outro revestimento;
- e) Regularização de superfície acabada;
- f) Contribuição estética das fachadas.

Para desempenhar tais funções, as argamassas devem possuir propriedades específicas que, em muitos casos, precisam ser controladas durante e após sua execução, de modo a reduzir probabilidades de ocorrência de patologias. Essas propriedades são definidas de acordo com o estado físico da argamassa: fresco e endurecido. A Tabela 1 apresenta a divisão dessas propriedades por grupo.

ESTADO FRESCO	ESTADO ENDURECIDO
Teor de ar e massa específica adequada	Aderência
Trabalhabilidade	Capacidade de absorver deformações
Aderência inicial	Resistência mecânica
Retenção de água	Resistência ao desgaste
Retração na secagem	Durabilidade

Tabela 1. Propriedades das argamassas (Leggerini, 2010)

2.3.1 Argamassa dosada em obra

As argamassas tradicionais dosadas em obra destinadas ao sistema de fachadas são consideradas as mais simples de todas, pois na sua composição, de acordo com Fiorito (2003), geralmente são utilizados cimento e cal (aglomerantes inorgânicos), areia (agregado miúdo) e água, e não utilizado aditivos. A utilização de cada componente, e sua quantidade, varia muito com a necessidade do projeto e o traço utilizado.

De acordo com Recena (2012), nas argamassas mistas de cal e cimento Portland, o cimento pode ser considerado como um aditivo em proporções variáveis que pode contribuir com a aceleração do tempo de pega da mistura ou para proporcionar maior resistência à umidade. Ainda segundo o autor, a cal contribui para melhorar a capacidade de retenção de água da argamassa evitando grandes variações de volumes que poderiam provocar fissurações no revestimento e para melhorar a plasticidade proporcionando ao revestimento melhor capacidade de absorver deformações.

De acordo com Nakamura (2013) este sistema é definido como multicamadas devido a sua composição, onde se encontram três camadas superpostas contínuas e uniformes: chapisco, emboço e reboco (Figura 3). Com este tipo de revestimento é possível recobrir e criar, ao mesmo tempo, um substrato adequado para receber o acabamento final em uma superfície de concreto ou alvenaria.

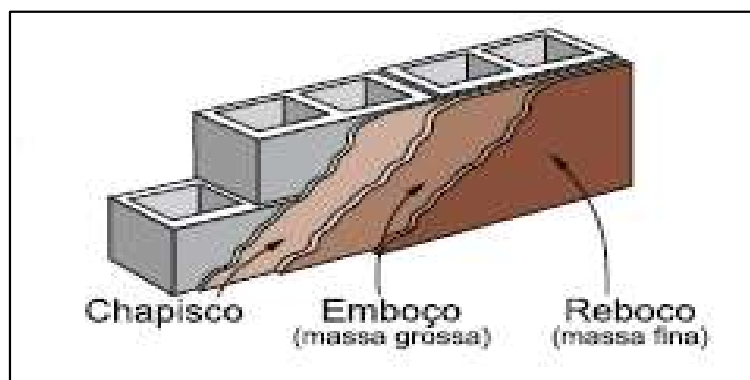


Figura 3. Revestimento argamassado dosado em obra multicamadas (Bolonha, 2014)

Cada camada deste tipo de revestimento possui uma determinada função:

- a) Chapisco: Segundo Bolonha (2014), esta camada é a primeira a ser aplicada no sistema, aderindo-a diretamente à base (de alvenaria ou de concreto), deixando a superfície de aplicação mais áspera, de modo a aumentar o atrito com o emboço. O chapisco para esta finalidade é comumente produzido *in loco* por uma mistura de areia e cimento (argamassa) na proporção de 3:1 e aplicado numa espessura média de 3 a 5mm;
- b) Emboço: Esta camada é aplicada sobreposta ao chapisco e possui a finalidade de nivelar, regularizar e alisar a camada de chapisco para receber o reboco, garantir a estanqueidade ao sistema, segundo Cichinelli (2013). O emboço pode ser produzido por uma mistura de cimento, cal e areia em proporções entre 1:2:6 e 1:2:8 (variação de areia depende da trabalhabilidade que se deseja da argamassa). A espessura de aplicação deve estar entre 3 e 4cm;
- c) Reboco: Camada final do sistema, constituída por uma massa fina de cerca de 5mm de espessura, responsável por tornar a superfície apta a receber a pintura ou acabamento e por impermeabilizar o revestimento ou receber material propício para tal, de acordo com Bolonha (2014). Sua produção é constituída por argamassa de cal hidratada e areia na proporção de 1:2.

O traço de cada camada do revestimento possui uma importância essencial no desempenho deste e a proporção inadequada pode ocasionar manifestações patológicas severas no revestimento, como fissuras que possibilitam a infiltração de água, deslocamentos, esfarelamento da superfície, entre outros defeitos.

As NBR's 13749 (ABNT, 2013) e 7200 (ABNT, 1998) omitem a prescrição de traços empíricos, o que dificulta a busca por parâmetros por parte

das construtoras fazendo com que estas tenham uma grande dependência de fabricantes e laboratórios.

Em contrapartida, segundo Campitelli *et al.* (1995), a padronização de traços em normas não é o mais recomendável para a produção de argamassas em obra tendo em vista a grande variação das características dos materiais em todo o território nacional. O autor, através de ensaios, concluiu que para um mesmo traço em volume 1:2:9 (cimento: cal: areia) porém com dois tipos de areias diferentes se obtém valores de resistência à compressão com diferença de 6 vezes.

De acordo com experimentos realizados por Selmo (1989), demonstrados nos Gráficos 1 e 2, pode-se afirmar que as proporções dos agregados e aglomerantes pode alterar significativamente o desempenho de resistência à compressão e na capacidade de retenção de água. As retas pontilhadas representam a relação agregado/cimento e cal dos traços experimentados pela autora que são comparados com os limites estabelecidos pela norma alemã DIN 18550 (DIN 1985).

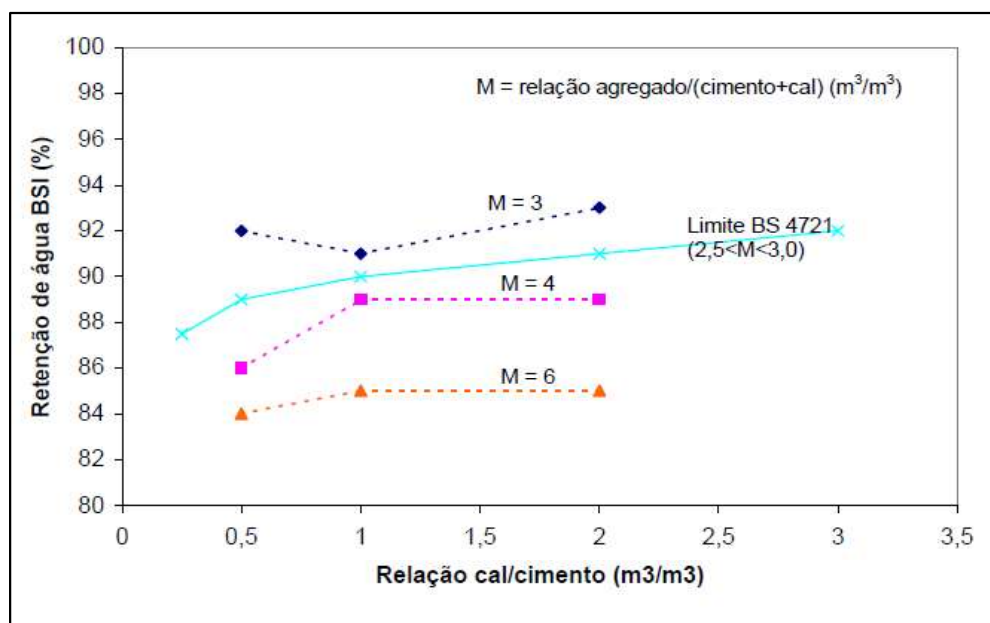


Gráfico 1. Variação da retração de água de argamassas mistas (Selmo, 1989)

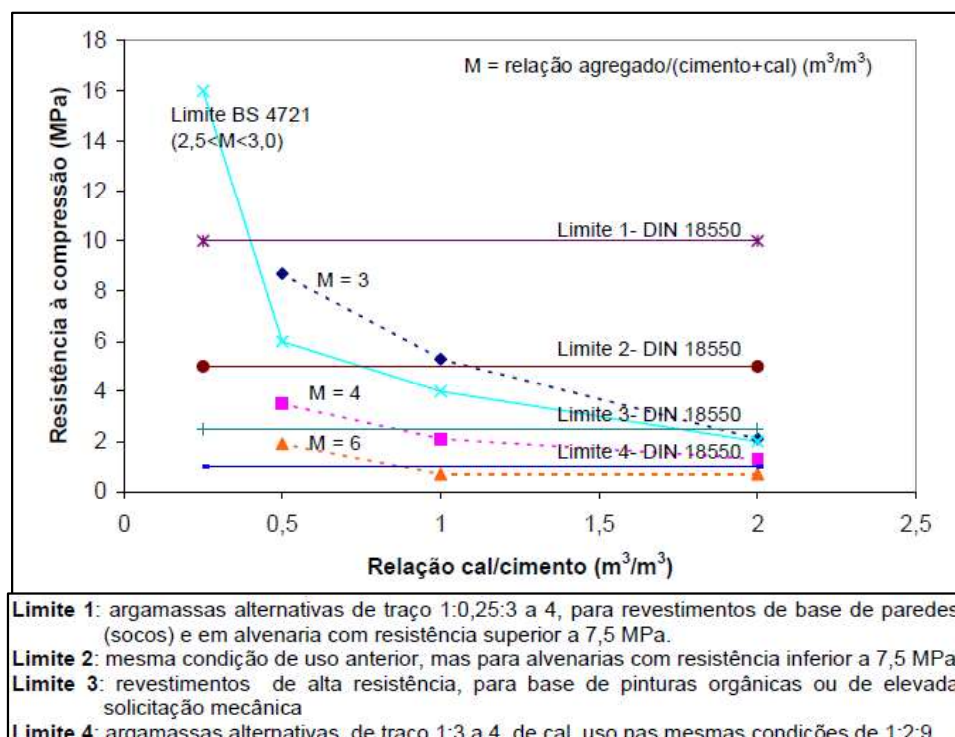


Gráfico 2. Variação da resistência à compressão de argamassas mistas (Selmo, 1989)

2.3.2 Argamassa industrializada

A NBR 13749 (ABNT, 2013) define argamassa industrializada como sendo o produto de um preciso processo de controle e dosagem das etapas de fabricação e seus materiais constituintes, sendo estes realizados em instalação industrial. Em sua composição estão presentes materiais tais como aglomerantes minerais, agregado miúdo, adições e aditivos.

Este conceito de se industrializar a produção de argamassa originou-se na Europa nos anos de 1950, de acordo com Martins Neto e Djanikian (1999), com o objetivo de aumentar a trabalhabilidade do usuário, melhorar a estocagem do material e garantir melhor desempenho da argamassa no revestimento. Na década de 1970, na Alemanha Ocidental, iniciou-se a estocagem de argamassa industrializada em silos em grandes obras.

Segundo Recena (2007), as argamassas industrializadas são fornecidas prontas para utilização, necessitando somente a adição de água pelo usuário na

quantidade recomendada pelo fabricante, e são, geralmente, comercializadas em sacos.

Segundo Antunes (2008), a uniformidade no traço é a principal vantagem de se utilizar argamassas industrializadas. Trevisol (2015) reforça que as principais vantagens da utilização de argamassa industrializada estão relacionadas a estocagem na obra e a homogeneidade da mistura, já que o processo controlado tende a garantir as mesmas propriedades a todos os lotes de argamassa fabricados, diferentemente de uma argamassa dosada em obra que possui diversas variáveis que podem alterar suas concepções.

Tabela 1 apresenta um comparativo entre as argamassas dosada em obra e industrializada.

Quanto ao:	Argamassa preparada em obra	Argamassa industrializada
Recebimento de descarga de materiais	Recebe a areia a granel, cimento e cal em sacos. Uso de mão de obra maior e o desperdício de materiais também são maiores.	Entregue ensacada e paletizada. A demanda de mão de obra é menor assim como o desperdício, também é reduzido.
Controle e recebimento de materiais	Contagem e pesagem dos sacos e verificação se existem embalagens danificadas. Apresenta dificuldade em controlar a qualidade da areia (granulometria, contaminações)	Contagem e pesagem dos sacos e verificação da existência de embalagens danificadas.
Armazenagem de materiais	Necessita de mais espaço para seu armazenamento. Areia entregue a granel precisa de um local onde haja contenção para evitar espalhamento e perdas.	Estoques mais flexíveis. Podem ser remanejados e distribuídos nos locais de aplicação.
Local de preparo	Há a necessidade de um número maior de funcionários para o preparo, necessita de um local específico para mistura (betoneira próxima ao local de armazenamento de materiais), desperdício maior de matérias primas.	É possível preparar nos andares da aplicação, pois permite menores solicitações de transporte e mão de obra
Medição dos materiais	Dificuldade no controle da medição dos materiais. Falta de recipientes e balanças. Menor precisão.	Propriedades asseguradas pelo fabricante. Cuidados apenas com as quantidades de água adicionadas.
Mistura dos materiais	Deve ser mecanizada.	Deve ser mecanizada.
Transporte dos materiais/argamassa	Maior gasto com mão de obra para mistura da matéria prima para a produção e distribuição nos locais de aplicação da argamassa.	Pode ser dosada no local ou bombeada.

Tabela 2. Comparativo entre argamassas preparada em obra e argamassa industrializada (Trevisol Júnior, 2015).

Cichinelli (2011) destaca que as funções das argamassas industrializadas utilizadas como revestimento são idênticas as das argamassas tradicionais dosadas em obra, cujas quais são, principalmente, proteção contra intempéries e regularização e acabamento das superfícies. A mesma ainda cita que as argamassas industrializadas de uso externo, em comparação às argamassas de uso interno, são fabricadas com areia de maior granulometria, permitindo maior rugosidade ao revestimento final, além de possuírem em suas composições incorporadores de ar que permitem maior impermeabilidade e elasticidade ao revestimento.

2.3.3 Argamassa monocamada

Segundo Lejeune (1996 *apud* Crescencio e Barros, 2005), o revestimento monocamada foi desenvolvido na França em 1969. Era constituído por argamassa produzida com cimento branco, agregados e pigmentos aplicados por projeção mecânica diretamente no substrato de alvenaria ou em estrutura de concreto armado, constituindo um acabamento decorativo, com adição de polímeros que melhoravam a aderência à base, a trabalhabilidade e facilitavam a fluidez através do equipamento de projeção, reduzindo a permeabilidade do sistema.

A partir de 1993 tornou-se necessária a certificação da produção destes revestimentos pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB), centro de pesquisas tecnológicas e científicas francês. Isso permitiu a comercialização e expansão internacional desta tecnologia.

No início do ano 2000, com o aquecimento dos mercados da construção civil e imobiliário brasileiros, houve a introdução de produtos e ideologias que traziam consigo novas tecnologias para ganhos em vários aspectos dos materiais e dos serviços, principalmente na trabalhabilidade e produtividade.

Com este intuito, surgiu a ideia de importar a tecnologia do revestimento monocamada.

De início, a utilização do material francês, sem estudo de compatibilidade quanto ao diferente clima e a mão de obra menos especializada brasileira, gerou diversas manifestações patológicas nas obras, o que culminou na difamação do produto e tecnologia, dificultando e adiando sua expansão no Brasil. Mediante a visão e persistência na ideologia da técnica, o produto, então, passou a ser estudado para se adaptar as condições brasileiras, o que, inclusive, levou a ser produzido por duas empresas no Brasil. Mesmo bem adaptada a diversas condições climáticas brasileiras, a tecnologia empregada ainda é restritiva ao clima da região norte brasileira.

2.3.3.1 Normatização

Segundo Kiss (2009), “sem referência técnica ou norma, nenhum sistema construtivo alcança os programas habitacionais e os financiamentos que permitem a utilização em larga escala.”. No Brasil, portanto, qualquer empresa que queira desenvolver um sistema construtivo inovador, não abrangido por norma técnica nacional, deverá legitimar seu desempenho.

Para reger tal legitimação, o Ministério das Cidades, através da Secretaria Nacional da Habitação, criou em 2009 o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), ação pertencente ao Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), com o objetivo de mobilizar a comunidade técnica nacional a estimular a inovação tecnológica com o intuito de aumentar o leque de alternativas tecnológicas disponíveis para a produção habitacional na tendência, inclusive, de diminuir o risco de insucessos no processo.

Mediante comprovação do desempenho do sistema construtivo por meio de pesquisas e ensaios laboratoriais, avaliado por um comitê técnico do

SINAT através de diretrizes específicas, é emitido um Documento de Avaliação Técnica (DATec), onde consta toda a sistematização de ensaio, as diretrizes de avaliação e todas as recomendações quanto à produção desde sistema.

Portanto, quando a tecnologia de revestimentos monocamada emergiram no Brasil, foi necessário a emissão de DATec para disponibilização deste ao mercado imobiliário. Estes documentos foram desenvolvidos, então, por duas empresas concorrentes.

Sua normatização pela ABNT ocorreu em abril de 2018, intitulada como NBR 16648 – Argamassas inorgânicas decorativas para revestimentos de edificações.

2.3.3.2 Definição

A NBR 16648 (ABNT, 2018) define o revestimento monocamada como sendo o resultado da aplicação da argamassa técnica decorativa diretamente sobre a alvenaria e/ou concreto, em camada única ou em camadas sobrepostas do mesmo material ainda no estado fresco.

A *European Mortar Industry Organisation* (EMO) conceitua a argamassa monocamada como “argamassa concebida para revestimento, aplicada numa só camada, que cumpre todas as funções de proteção e decoração conseguidas por um sistema multicamada”.

De acordo com Silva (2010) este sistema é um revestimento decorativo monolítico aplicado em camada única de argamassa diretamente na alvenaria (blocos de concreto ou cerâmico) ou na estrutura de concreto (esta última necessitando de uma ponte de aderência, como chapisco), que permite receber três tipos diferentes de acabamento em sua superfície: flocado, raspado ou travertino (Figura4). Em sua composição é encontrado: cimento, agregados minerais e aditivos especiais.



Figura 4. Tipos de acabamento de revestimento monocamada (Silva, 2010)

Segundo Souza *et al* (2013), o sistema de revestimento monocamada tem sido uma alternativa interessante, pois a inexistência de várias etapas e camadas para realização do revestimento externo pode contribuir para ganhos em produtividade e em prazos de realização de obras.

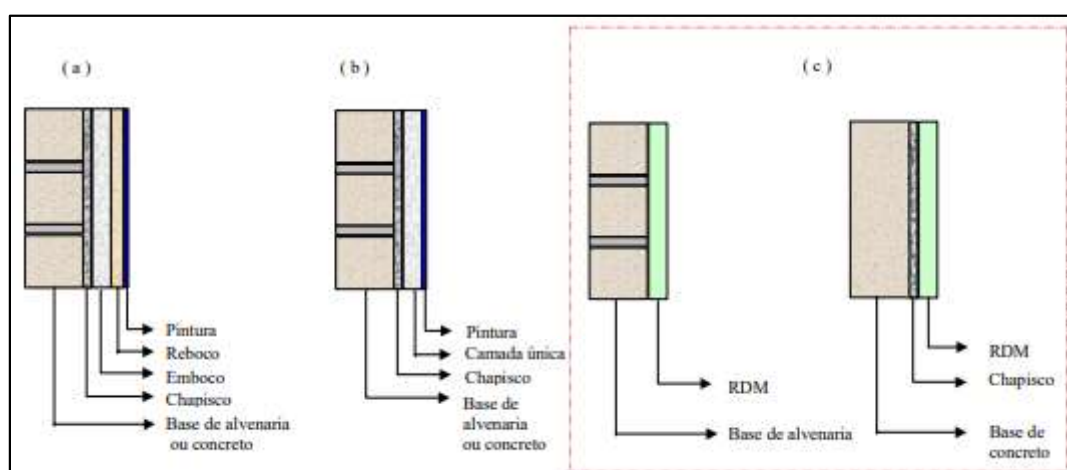


Figura 5. Diferenças entre revestimentos argamassados dosado em obra x industrializado x monocamada (Crescencio, 2003)

Na figura 5, pode-se verificar as constituições de cada tipo de revestindo, sendo:

- a) Revestimento argamassado dosado em obra;
- b) Revestimento argamassado industrializado;
- c) Revestimento decorativo monocamada (RDM) aplicado sobre alvenaria e sobre concreto, respectivamente.

Nota-se que a espessura do revestimento final é muito menor quando utilizado a monocamada, podendo chegar numa redução pouco maior que 50%

quando comparado ao argamassado tradicional multicamadas. Isto gera um ganho ou um alívio no suporte de carga da estrutura.

As fotografias 1 e 2 demonstram a utilização do revestimento monocamada em um empreendimento habitacional.



Fotografia 1. Revestimento monocamada em empreendimento habitacional (Os autores, 2019)



Fotografia 2. Chapisco rolado e revestimento monocamada em empreendimento habitacional (Os autores, 2019)

2.4 IMPERMEABILIDADE, ESTANQUEIDADE E PROTETORES DE SUPERFÍCIE

De acordo com Teófilo (2011), as informações obtidas por estudos das propriedades, comportamentos e técnicas de utilização dos materiais são elementos importantes para prevenção de anomalias construtivas.

Conforme Sansone (2014), a permeabilidade de um material é uma propriedade cuja característica é a capacidade de permitir a passagem de fluidos por ele. Quanto mais porosa for a integridade física deste material ou meio, maior será sua permeabilidade, sendo esta expressa pelo “coeficiente de absorção” ($C_{\text{absorção}}$), regido pela Equação 1, conforme Kunzel *et al* (2004 *apud* Flores-Colen, 2009).

$$C_{\text{absorção}} = \frac{X \cdot 10^{-3}}{d^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot 10^{-6} \cdot t^2\right)} \quad (1)$$

Onde:

$C_{\text{absorção}}$ = Coeficiente de absorção de água, em $\text{kg}/[\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}]$;

X = Volume de água absorvida, em ml;

d = Diâmetro da superfície transversal a penetração de água, em mm

t = Duração da leitura, em h.

$$\text{Conversão} = \left(1,0 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}} = 10 \frac{\text{g}}{\text{dm}^2 \cdot \text{h}^{0,5}} = 1,291 \frac{\text{g}}{\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{0,5}}\right)$$

Logo, quanto maior o coeficiente de absorção, maior a permeabilidade do material ou meio.

Já a estanqueidade, de acordo com Picchi (1986), é uma propriedade hermética de um elemento ou sistema construtivo, ou seja, é o impedimento de passagem de fluidos por este. Segundo Cunha (2014), o conceito de impermeabilidade e de estanqueidade são de impedir a penetração de fluido através do meio ensaiado e que ambos estão associados a uma pressão limite. E,

ainda, determina que a estanqueidade é a propriedade característica de um elemento ou um conjunto de componentes (sistema) e a impermeabilidade é a propriedade característica de um produto ou material.

Mesmo com avanços em pesquisas, em materiais e em qualificação da mão de obra, diversos fatores podem gerar pequenos erros na utilização de um sistema, ocasionando uma manifestação patológica. Para impedir tais fins, pode-se empregar artifícios de proteção de superfícies, incidindo na estanqueidade do sistema, e não na impermeabilidade do material empregado. Segundo Charola (1995 *apud* Silva, 2015) esta busca pelo controle da permeabilidade nas construções é antiga, tanto que há registros da utilização de óleos e ceras para proteção das construções de templos gregos e romanos.

2.4.1 Hidrofugante

Os hidrofugantes (ou hidrorrepelentes), de acordo com Silva (2015), foram criados para impedir ou diminuir a corrosão em superfícies, principalmente devido ao ataque de cloretos e carbonatação em regiões marítimas.

Segundo Almeida e Ventura (2018), materiais hidrofugantes são compostos químicos, na grande maioria transparentes, que preenchem a porosidade da superfície do substrato, impedindo e repelindo a penetração de agentes agressivos no substrato como tijolos, argamassa, telha, concreto ou qualquer outra estrutura porosa exposta a intempéries. Ao mesmo tempo que repele o a água, permite que o vapor entre ou saia do substrato, possibilitando uma “respiração” ao revestimento.

Almeida e Ventura ressaltam que a utilização deste artifício proporciona uma série de vantagens à edificação como o aumento da vida útil do substrato, diminuição na quantidade de manutenções e imposição de fachada “autolimpante”. E, para a correta aplicação deste artifício, o revestimento de

fachada deve estar pronto, sendo este um complemento do sistema, e não um acabamento.

2.4.2 Pintura acrílica

A tinta acrílica, diferentemente do componente hidrorrepelente, é um tipo de acabamento do sistema argamassado de fachada. Apesar de ter um aspecto similar à tinta látex, a tinta acrílica, de acordo com Coutinho (2017), possui em sua composição resinas acrílicas que proporcionam alta impermeabilidade quando aplicado e curado.

Para Sedo (2018), a escolha do tipo de tinta a ser utilizada no acabamento da fachada é um item muito importante da construção, pois esta tinta deve ser muito resistente para suportar o calor, ser constantemente lavada pela chuva sem criar mofo ou algas e não fissurar.

E, outra diferença quanto ao componente hidrofugante é que, a cada limpeza de fachada com hidrojateamento, o material hidrófugo tende a ser retirado, necessitando assim de uma reaplicação, o qual dificilmente acontece com a tinta acrílica por ser mais resistente à abrasão.

Esta antiga busca pelo controle de permeabilidade dos revestimentos citado por Charola (1995 *apud* Silva, 2015), principalmente pelos europeus, fica evidenciado no início da década de 1960, quando foi criado um ensaio expedido (ou seja, de fácil realização em campo) para medir a permeabilidade a água líquida de revestimentos através de um tubo graduado, denominado “Tubo de Karsten”.

2.5 ENSAIO “TUBO DE KARSTEN”

Este método de ensaio foi elaborado pelo engenheiro alemão Rudolf Karsten e divulgado em seu livro sobre construção civil, publicado pela primeira vez em 1963, segundo Hendrickx (2012).

Na década de 1970, o método ficou praticamente normatizado devido ao trabalho conjunto entre os comitês técnico-científicos *International Council on Monuments and Sites* (ICOMOS) e *Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux* (RILEM) que resultou em conferências e publicações em revistas científicas em 1978. E, sua efetiva normatização pela RILEM ocorreu em 1980 no Comitê 25-PEM, que a nomeou como “*Water Absorption Tube Test RILEM II.4*”.

O método do tubo de Karsten ensaia, *in-situ*, a permeabilidade a água líquida dos revestimentos de argamassas e cerâmicas, através de suas propriedades de absorção de água sob baixa pressão, tanto em faces verticais quanto em faces horizontais.

O tubo utilizado para ensaios de faces verticais (Figura 6) é um dispositivo de vidro graduado de 0 a 4 cm³, no formato de cachimbo, com uma parte inferior em formato cilíndrico com fundo fechado. A seção que encosta na superfície de ensaio é aberta, circular com diâmetro de 30mm, cuja borda é fixada na base de ensaio com o auxílio de silicone ou adesivo poliuretano (Figura 7). O tubo é preenchido de água até uma altura de 9,80 cm, o que corresponde a uma pressão de 961,05Pa ou a uma pressão dinâmica do vento de 142,56km/h. Realiza-se, então, leituras do nível de coluna de água em função do tempo e são tratadas graficamente (cm³/h).

Nesta técnica é possível também, de acordo com Flores-Colen (2009):

- a) avaliar a capacidade de impermeabilização à água dos revestimentos de paredes;
- b) estimar o grau de degradação dos revestimentos e prever a vulnerabilidade das alterações superficiais na ação de água;

- c) Obter resultados sobre diferentes tipos de superfícies de revestimentos e avaliar a influência do acabamento;
- d) determinar o grau de proteção fornecido por um tratamento de superfície hidrófugo e a sua eficácia para um determinado período de tempo (durabilidade do tratamento).



Figura 6. Tubo de Karsten para face vertical (Safeguard Europe Ltd, 2014)



Figura 7. Aplicação do método do Tubo de Karsten em sistema de vedação vertical (Pereira, 2015)

De acordo com o procedimento proposto pela RILEM (1980), em geral, o período de tempo do ensaio é de uma hora, com medições do nível d'água no 5°, 10°, 15°, 20°, 30° e 60° minutos de ensaio para propiciar valores mais confiáveis.

Andrade (1989) realizou ensaios para diversos tipos de revestimentos por este método e definiu os graus de penetração e permeabilidade para leituras do nível d'água para o ensaio, classificando-a como na Tabela 3.

Penetración en cm ³ en diez minutos	Estimación
Más de 3,0	Permeabilidad muy alta
De 2,4 a 3,0	Permeabilidad Alta
De 1,0 a 2,4	Mediana Permeabilidad
De 0,4 a 1,0	Baja Permeabilidad
De 0,2 a 0,4	Impermeabilidad Realtiva
De 0,1 a 0,2	Impermeable
Menos de 0,1	Sin Actividad Capilar

Tabela 3. Classificação de permeabilidade (Andrade, 1989)

O ensaio, segundo Saldanha e Eichburg (2013), fornece resultados confiáveis e que pode ser realizado em intervalos regulares de tempo para estimar potenciais vulnerabilidades de deterioração do material, que é a chave para determinar a durabilidade do revestimento. Os mesmos ressaltam que em uma fachada real, podem ser selecionados pontos onde serão realizados esses ensaios periodicamente e que, pequenas mudanças nos locais de teste ou nos intervalos de leituras, podem levar a resultados diferentes.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este capítulo é destinado a apresentação do programa experimental, determinado a ser realizado pelo método expedito denominado “Tubo de Karsten”.

3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para realização do ensaio de permeabilidade pelo método expedito “Tubo de Karsten”, definiu-se a execução de parede de alvenaria em bloco de concreto, nas dimensões de 9,00m de comprimento x 1,40m de altura. Esta parede foi dividida em 9panos (cada qual de 1,00m x 1,40m), assim como segue e conforme ilustrado na Figura 8:

- a) Pano base (A);
- b) Pano de revestimento em argamassa industrializada:
 - i. com pintura acrílica (B1);
 - ii. com hidrofugante (B2);
 - iii. sem tratamento superficial (B3);
- c) Pano de revestimento em argamassa dosado em obra:
 - i. com hidrofugante (C1);
 - ii. com pintura acrílica (C2);
 - iii. sem tratamento superficial (C3);
- d) Pano de revestimento monocamada:
 - i. com tratamento (D1);
 - ii. sem hidrofugante (D2).

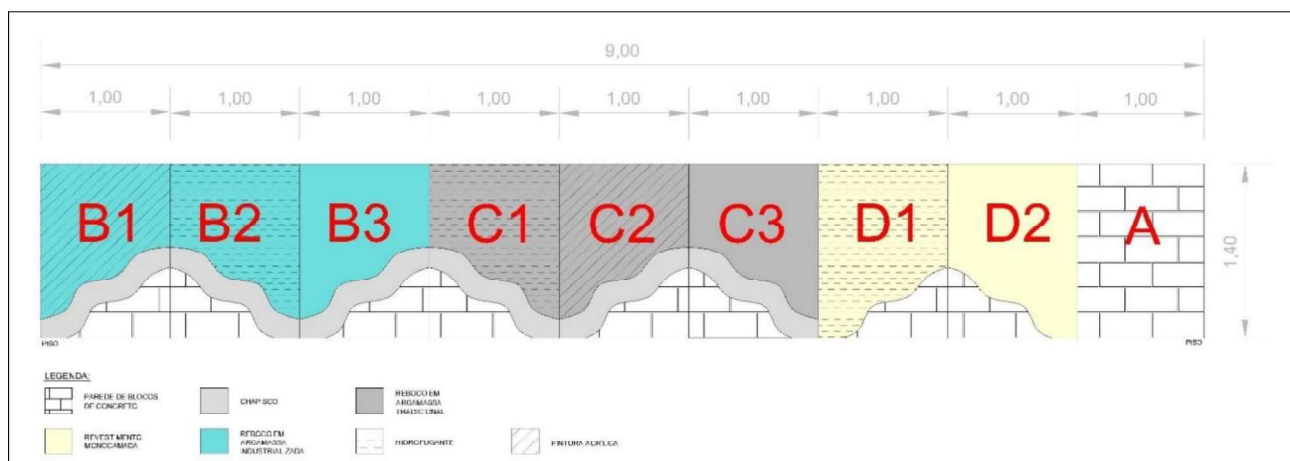


Figura 8. Tipos de revestimento de acabamento (Os Autores, 2019)

Para se estudar duas situações diferentes de permeabilidade, foram selecionados 6 pontos de ensaios em cada pano, sendo 3 pontos na projeção da face do bloco e outros 3 na projeção da junta de assentamento, conforme Figura 9.

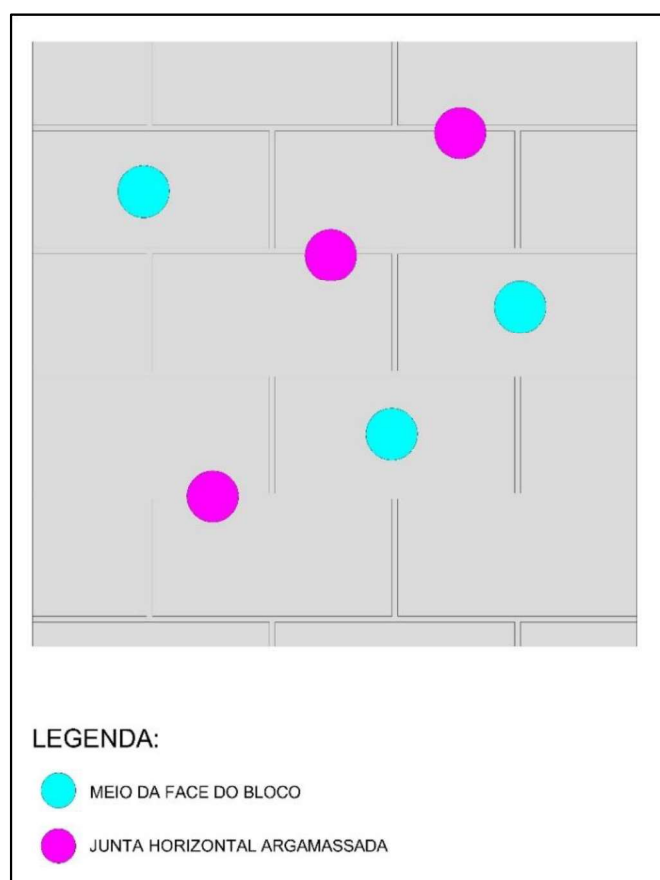


Figura 9. Situações de ensaio de absorção (Os Autores, 2019)

3.2 EXECUÇÃO DA PAREDE

A parede, nas dimensões de 9,00m de comprimento e 1,40m de altura, conforme Fotografia 3, foi construída em blocos industrializados de concreto e argamassa de assentamento industrializada ensacada.



Fotografia 3. Alvenaria em blocos de concreto (Os Autores, 2019)

3.3 EXECUÇÃO DOS REVESTIMENTOS

Esta parede, conforme sistematização do programa experimental, foi dividida em nove seções sendo:

- a) Pano base: Para se obter valores base de permeabilidade, um destes 9 panos não foi revestido (seção A na Figura 8) permitindo assim a realização de ensaios diretamente na face do bloco e em suas juntas de assentamento;
- b) Panos em argamassa industrializada: Devido ao baixo coeficiente de atrito das argamassas industrializadas, a camada de chapisco é

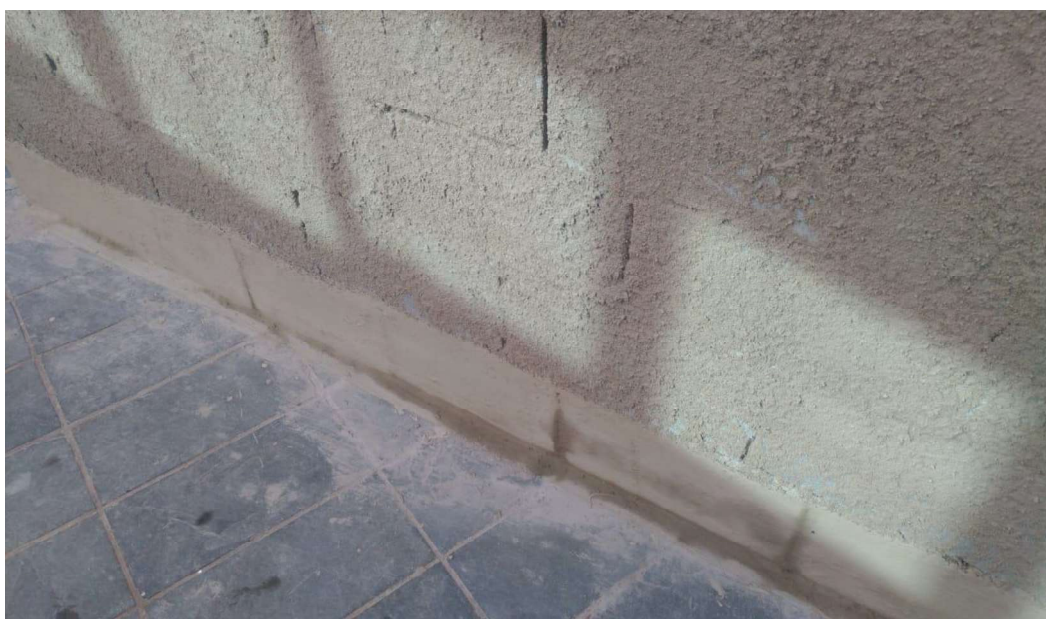
realizada com argamassa de cimento e areia, dosada em obra, em traço 1:3, respectivamente (Fotografia 4). E as demais camadas foram realizadas em argamassa industrializada;

- c) Panos em argamassa dosada em obra: Os panos em argamassa dosada em obra também receberam o mesmo chapisco de cimento e areia no traço 1:3. A camada de emboço foi realizada em cimento, cal e areia grossa no traço 1:2:6, para obter-se uma argamassa menos porosa, que é o mais indicado a revestimentos de fachada. E, por fim, a fina camada de reboco em cal e areia em traço 1:3;
- d) Panos de argamassa monocamada: Os panos revestidos em monocamada foram realizados na espessura de 20mm.

Mediante verificação de umidade ascendente do piso, foi-se então realizada a impermeabilização da primeira fiada de alvenaria com argamassa polimérica, conforme fotografias 5 e 6, para que tal umidade não interferisse nos valores de percolação d'água.



Fotografia 4. Chapisco na alvenaria (Os Autores, 2019)



Fotografia 5. Chapisco e impermeabilização na alvenaria (Os Autores, 2019)



Fotografia 6. Impermeabilização da primeira fiada no pano base
(Os Autores, 2019)

Assim como solicita a NBR 7200 (ABNT, 1998), a camada posterior de argamassa somente foi aplicada após três dias de cura do chapisco, conforme Fotografia 7 e 8. Juntamente, foi realizada o revestimento em argamassa monocamada, para que assim todos os panos de revestimentos ficassem com mesma idade. E, após 21 dias, os panos de argamassas industrializada e monocamada receberam o reboco.



Fotografia 7. Aplicação da camada de emboço em argamassa industrializada (Os Autores, 2019)



Fotografia 8. Regularização da camada de emboço (Os Autores, 2019)

As fotografias 9, 10 e 11 ilustram o aspecto final do revestimento argamassado industrializado, dosado em obra e monocamada, respectivamente.



Fotografia 9. Revestimento argamassado industrializado (Os Autores, 2019)



Fotografia 10. Revestimento argamassado tradicional dosado em obra
(Os Autores, 2019)



Fotografia 11. Revestimento argamassado monocamada (Os Autores, 2019)

E a Fotografia 12 ilustra uma visão geral da alvenaria de ensaio, ainda sem o recebimento dos protetores de superfície onde concepção da Figura 8.



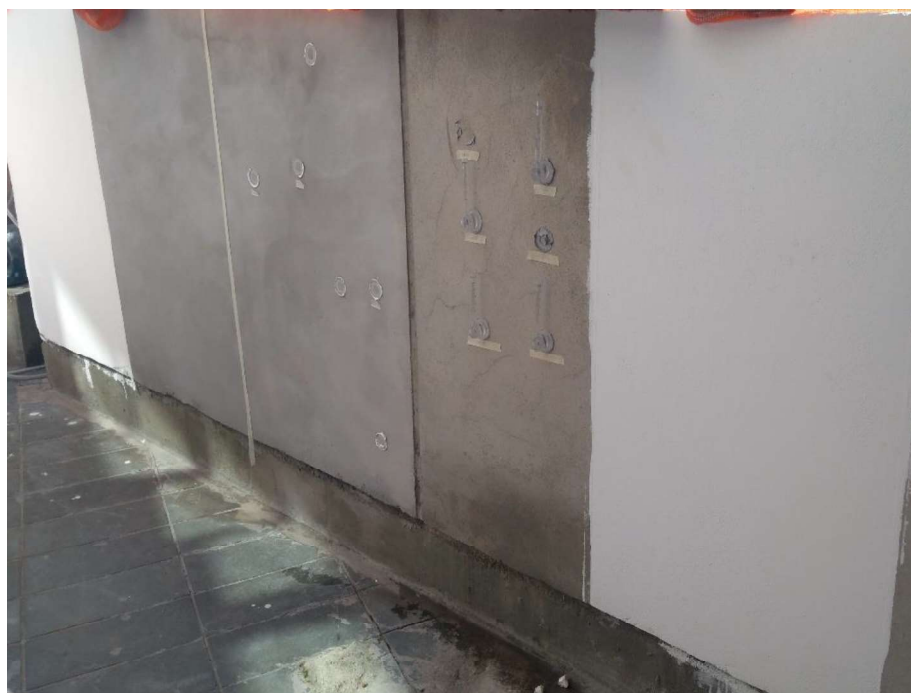
Fotografia 12. Vista dos panos de ensaio (Os Autores, 2019)

Após a total cura de todos os revestimentos argamassados, cada pano recebeu seu respectivo tipo de acabamento, de acordo com a sistematização na Figura 8 e conforme Fotografia 13, ressaltando que o hidrofugante utilizado é a base de água e a tinta acrílica acetinada fosca.

3.4 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios de permeabilidade pelo método denominado “Tubo de Karsten” foram realizados em todos os 9 panos, em 6 pontos aleatórios de cada pano, sendo 3 pontos em faces de bloco e outros 3 pontos em junta de assentamento.

Vale ressaltar que os raios solares incidiam com maior intensidade sobre a parede construída somente após as 13hrs, portanto todos os ensaios foram realizados até este horário para que não houvesse evaporação d'água nos tubos de Karsten. E, além disso, os ensaios não foram realizados em dias de chuva ou até 2 dias posteriores a chuvas, para evitar ao máximo a possível saturação do pano ensaiado, o que poderia levar também a valores errôneos.



Fotografia 13. Realização dos ensaios (Os Autores, 2019)

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os ensaios realizados conforme programa experimental, apresentaram, os resultados apresentados nos tópicos que seguem. A partir dos dados de permeabilidade em cada pano ensaiado, pode-se obter seu respectivo coeficiente de absorção mediante Equação 1.

4.1.1 Ensaios no pano base

O pano base, seção A conforme figura 8, sem revestimento, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH1”, “CH3” e “CH5” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH2”, “CH4” e “CH6”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 10.

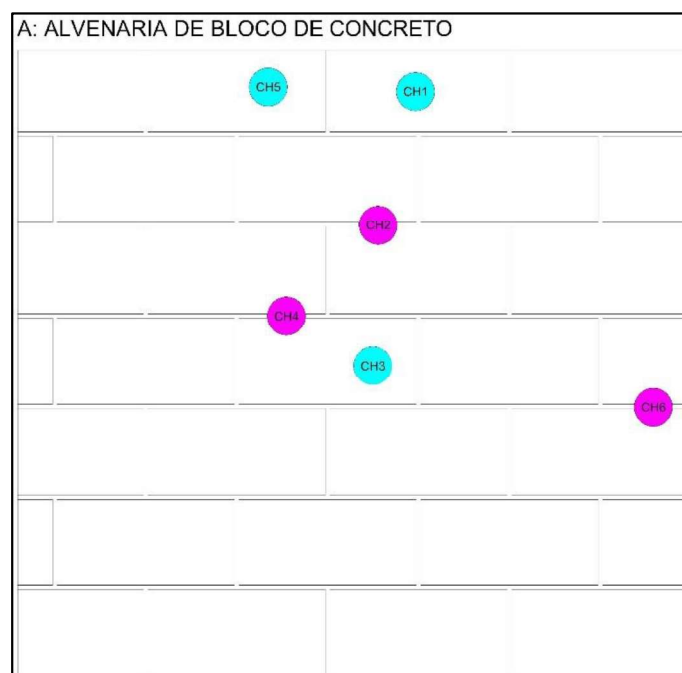


Figura 10. Pontos ensaiados no pano A
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em face de blocos neste pano apresentaram os resultados da Tabela 4, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 5,7342 kg/[m².h^{0,5}]. Já os ensaios em juntas de assentamento neste pano apresentaram altíssima percolação de água (4cm³ em 12s, 16s e 20s, respectivamente), resultando em um coeficiente de absorção médio igual a 86,2736 kg/[m².h^{0,5}].

PANO BASE - FACE			
Tempo	CH1 (cm³)	CH3 (cm³)	CH5 (cm³)
5 min	0,30	0,50	0,50
10 min	1,20	1,00	0,95
15 min	1,53	1,45	1,36
20 min	1,85	1,90	1,78
30 min	2,50	2,80	2,60
50 min*	**	4,00	**
55 min*	4,00	-	**
60 min	-	-	3,60
Cabs,ind (kg/[m².h ^{0,5}])	5,9105	6,1990	5,0930
Cabs(kg/[m².h ^{0,5}])	5,7342		
*Percolação total de água antes dos 60min de ensaio			
**Leitura não era necessária para o tempo apresentado			

Tabela 4. Ensaios na face do bloco no pano A
(Os Autores, 2019)

A evolução dos resultados dos ensaios de percolação em face de bloco pode ser demonstrada graficamente conforme Gráfico 3, inclusive sua reta média. Os resultados nas juntas de assentamento deste pano não permitiram a comparação em tabela e em gráfico devido à rápida percolação de água no ensaio.

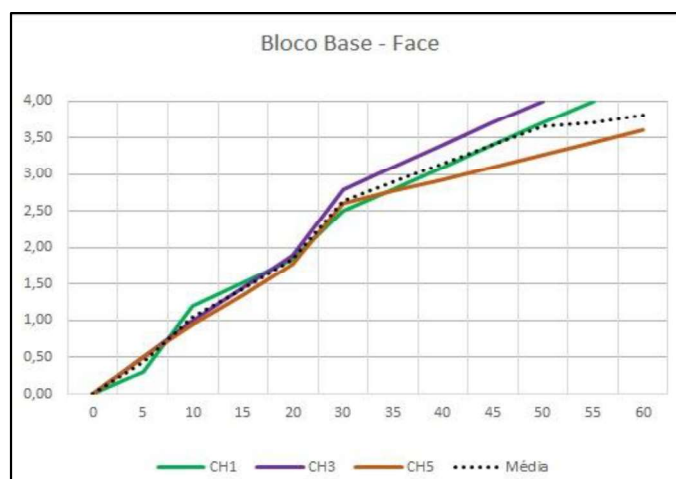


Gráfico 3. Ensaios na face do bloco no pano A (OsAutores, 2019)

4.1.2 Ensaio no pano revestido com argamassa industrializada e protegido por pintura acrílica

O pano B1, revestido em argamassa industrializada e protegido superficialmente por pintura acrílica, conforme figura 8, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH49”, “CH51” e “CH53” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH50”, “CH52” e “CH54”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 11.

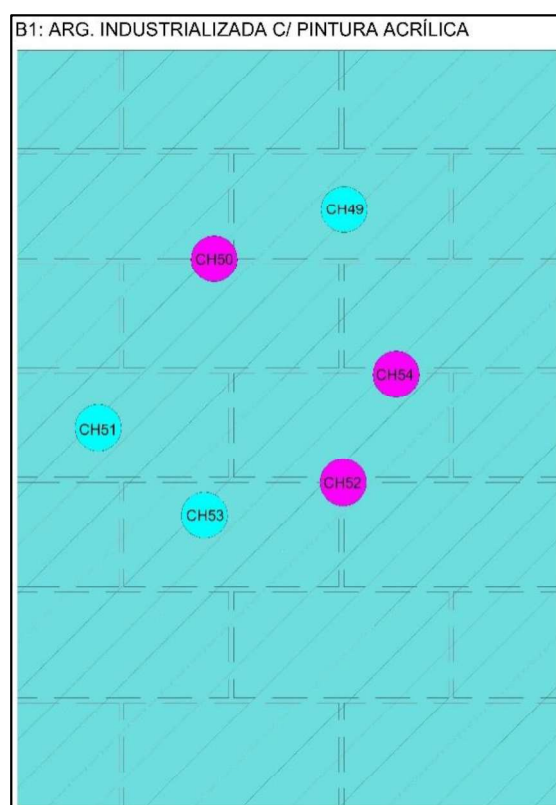


Figura 11. Pontos ensaiados no pano B1
(Os Autores, 2019)

Os ensaios tanto em face de blocos quanto em suas juntas de assentamento não apresentaram valores de permeabilidade d'água, logo os coeficientes de absorção (Cabs) para ambos casos foram iguais a 0,00 kg/[m².h^{0,5}].

4.1.3 Ensaios no pano revestido com argamassa industrializada e protegido por hidrofugante

O pano B2, revestido em argamassa industrializada e protegido superficialmente por hidrofugante, conforme figura 8, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH43”, “CH45” e “CH47” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH44”, “CH46” e “CH48”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 12.

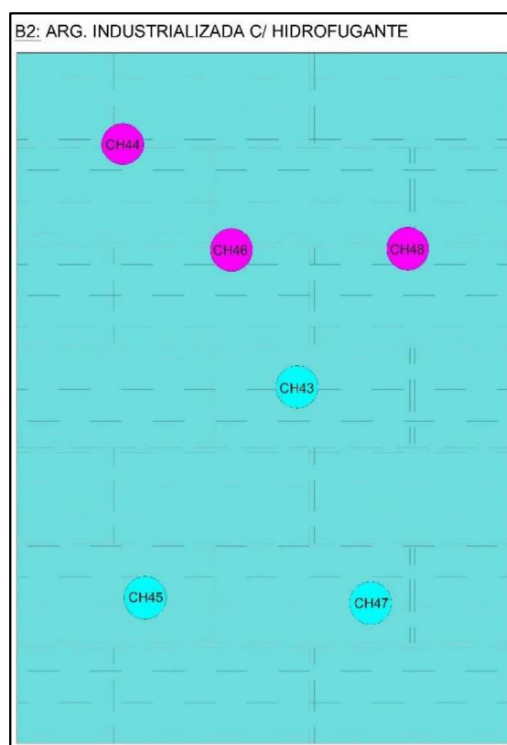


Figura 12. Pontos ensaiados no pano B2
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em face de blocos neste pano apresentaram os resultados da Tabela 5, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a $0,0902 \text{ kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$. Já os ensaios em suas juntas de assentamento, representados pelos dados na Tabela 6, culminaram em um coeficiente de absorção médio igual a $0,1179 \text{ kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$.

ARG. INDUSTRIALIZADA C/ HIDROF. - FACE			
Tempo	CH43 (cm ³)	CH45 (cm ³)	CH47 (cm ³)
5 min	0,00	0,00	0,00
10 min	0,00	0,00	0,00
15 min	0,00	0,00	0,00
20 min	0,00	0,00	0,00
30 min	0,00	0,05	0,00
60 min	0,05	0,10	0,05
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,0707	0,1291	0,0707
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,0902		

Tabela 5. Ensaio na face de bloco no
pano B2 (Os Autores, 2019)

ARG. INDUSTRIAL. C/ HIDROF. - JUNTA			
Tempo	CH44 (cm ³)	CH46 (cm ³)	CH48 (cm ³)
5 min	0,00	0,00	0,00
10 min	0,00	0,00	0,00
15 min	0,05	0,00	0,00
20 min	0,10	0,00	0,00
30 min	0,10	0,00	0,05
60 min	0,20	0,00	0,05
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,2829	0,0000	0,0707
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,1179		

Tabela 6. Ensaio nas juntas de assentamento
no pano B2 (Os Autores, 2019)

Graficamente, os dados dos ensaios de percolação de água em face de bloco neste pano podem ser demonstrados como no Gráfico 4. E, quanto aos dados dos ensaios em juntas de assentamento deste mesmo pano, no Gráfico 5.

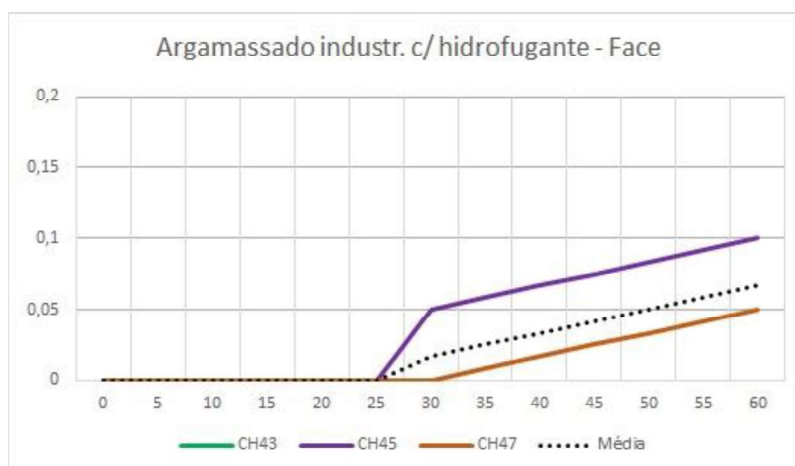


Gráfico 4. Ensaios nas faces de blocos no pano B2 (Os Autores, 2019)

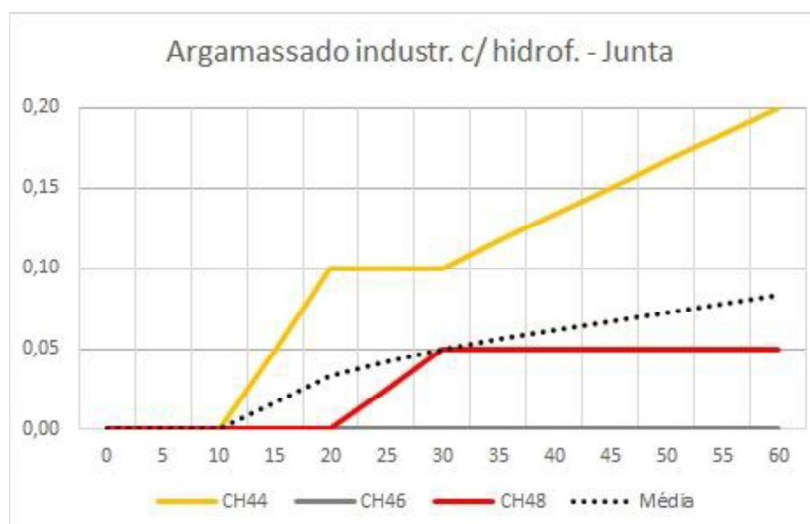


Gráfico 5. Ensaios nas juntas de assentamento no pano B2 (OsAutores, 2019)

4.1.4 Ensaios no pano revestido com argamassa industrializada e sem proteção superficial

O pano B3, revestido em argamassa industrializada e sem proteção de superfície, conforme figura 8, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH37”, “CH39” e “CH41” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH38”, “CH40” e “CH42”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 13.

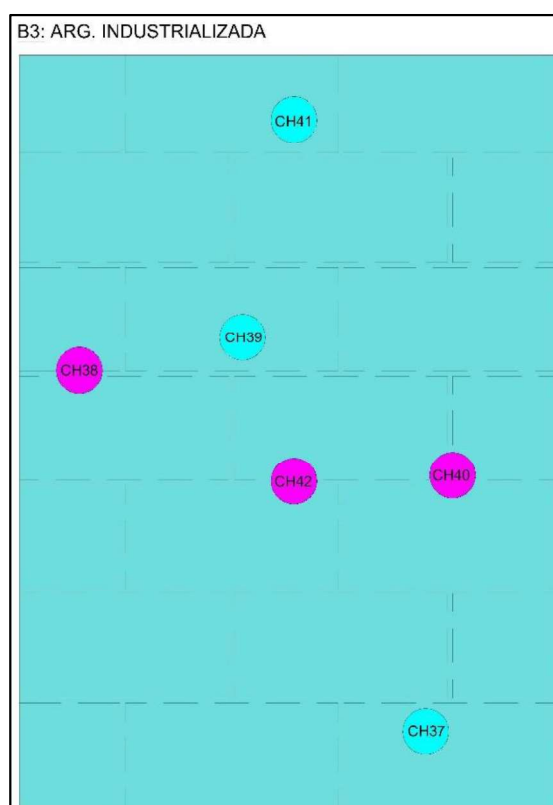


Figura 13. Pontos ensaiados no pano B3
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em face de blocos neste pano apresentaram os resultados da Tabela 7, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,9365 $\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$.

ARG. INDUSTRIALIZ. S/ TRAT. SUPERF. - FACE			
Tempo	CH37 (cm^3)	CH39 (cm^3)	CH41 (cm^3)
5 min	0,10	0,10	0,10
10 min	0,20	0,20	0,15
15 min	0,23	0,35	0,18
20 min	0,25	0,50	0,20
30 min	0,30	0,70	0,30
60 min	0,50	1,00	0,50
Cabs,ind ($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	0,7074	1,3948	0,7074
Cabs($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	0,9365		

Tabela 7. Ensaio na face de bloco no pano B3
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em juntas de assentamento neste pano, cujos resultados são apresentados na Tabela 8, também não apresentaram valores de permeabilidade de água, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,7781 $\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$.

ARG. INDUSTR. S/ TRAT. SUPERF. - JUNTA			
Tempo	CH38 (cm^3)	CH40 (cm^3)	CH42 (cm^3)
5 min	0,10	0,05	0,10
10 min	0,20	0,10	0,15
15 min	0,23	0,15	0,18
20 min	0,25	0,20	0,20
30 min	0,30	0,40	0,30
60 min	0,60	0,55	0,50
Cabs,ind ($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	0,8488	0,7781	0,7074
Cabs ($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	0,7781		

Tabela 8. Ensaio na junta de assentamento no
Pano B3 (Os Autores, 2019)

Os dados dos ensaios de percolação de água em face de bloco neste pano são demonstrados graficamente no Gráfico 6. E, quanto aos dados dos ensaios em juntas de assentamento deste mesmo pano, no Gráfico 7.

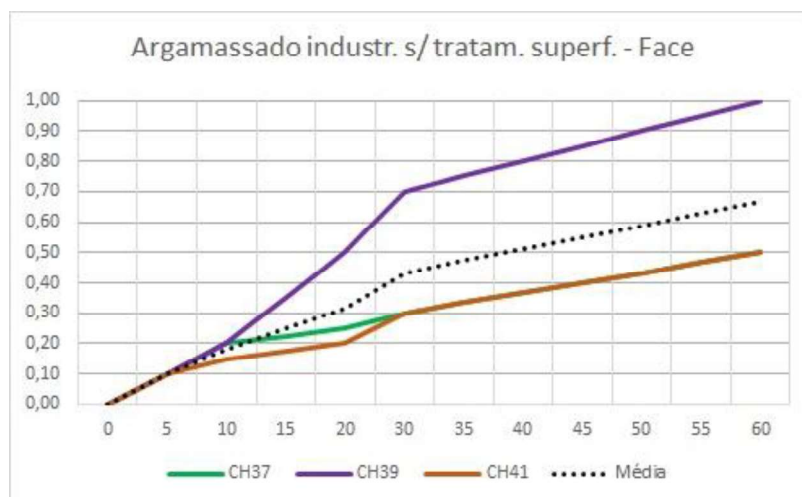


Gráfico 6. Ensaios nas faces de blocos no pano B3 (Os Autores, 2019)

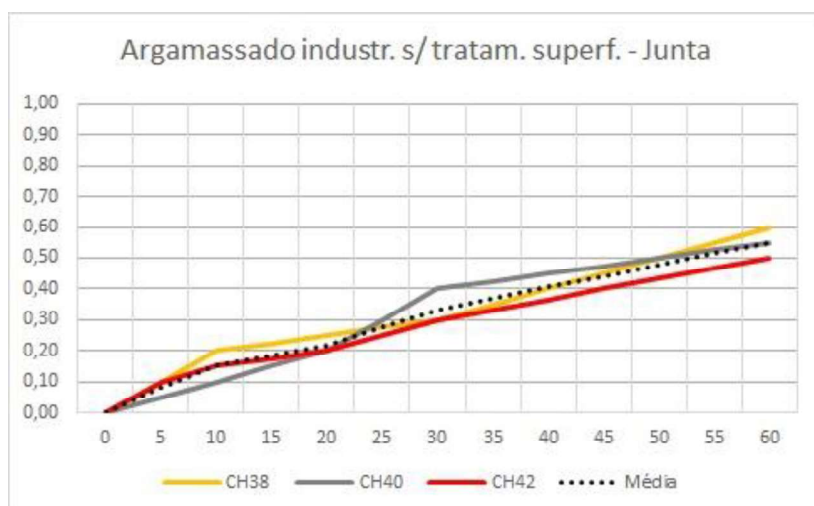


Gráfico 7. Ensaios nas juntas de assentamento no pano B3 (Os Autores, 2019)

4.1.5 Ensaios no pano revestido com argamassa dosada em obra e protegido por hidrofugante

O pano C1, revestido em argamassa dosada em obra e com hidrofugante como protetor de superfície, conforme figura 8, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH25”, “CH27” e “CH29” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH26”, “CH28” e “CH30”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 14.

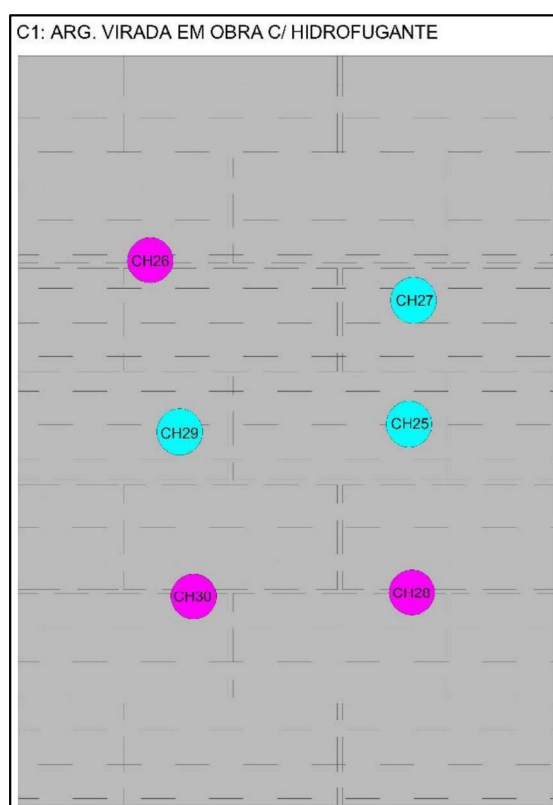


Figura 14. Pontos ensaiados no pano C1
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em face de blocos neste pano apresentaram os resultados da Tabela 9, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,4506 kg/[m².h^{0,5}].

ARG. TRADICIONAL C/ HIDROF. - FACE			
Tempo	CH25 (cm ³)	CH27 (cm ³)	CH29 (cm ³)
5 min	0,20	0,00	0,00
10 min	0,30	0,10	0,00
15 min	0,30	0,10	0,00
20 min	0,30	0,10	0,00
30 min	0,30	0,10	0,00
60 min	0,70	0,30	0,00
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,9903	0,3616	0,0000
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,4506		

Tabela 9. Ensaio na face de bloco no pano C1
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em juntas de assentamento neste pano, cujos resultados são apresentados na Tabela 10, também não apresentaram valores de permeabilidade de água, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,4716 kg/[m².h^{0,5}].

ARG. TRADICIONAL C/ HIDROF. - JUNTA			
Tempo	CH26 (cm ³)	CH28 (cm ³)	CH30 (cm ³)
5 min	0,10	0,00	0,10
10 min	0,10	0,05	0,10
15 min	0,10	0,08	0,10
20 min	0,10	0,10	0,10
30 min	0,10	0,15	0,10
60 min	0,30	0,40	0,30
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,4244	0,5659	0,4244
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,4716		

Tabela 10. Ensaio na junta de assentamento no Pano C1(Os Autores, 2019)

Os dados dos ensaios de percolação de água em face de bloco neste pano são demonstrados graficamente no Gráfico 8. E, quanto aos dados dos ensaios em juntas de assentamento deste mesmo pano, no Gráfico 9.

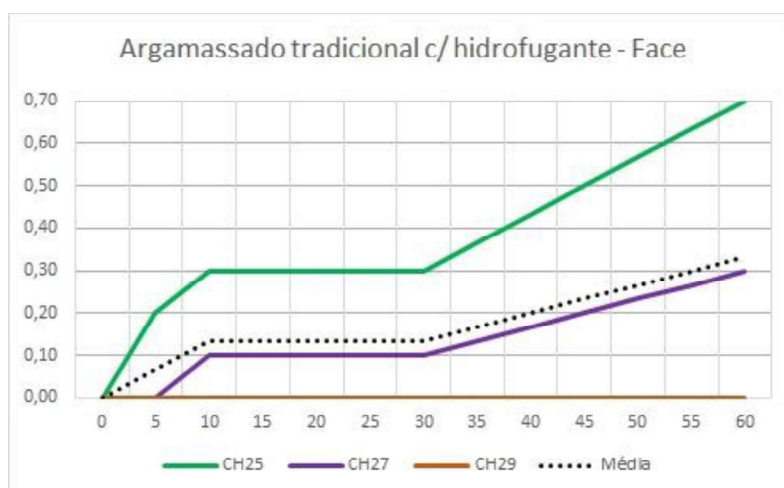


Gráfico 8. Ensaios nas faces de blocos no pano C1 (OsAutores, 2019)

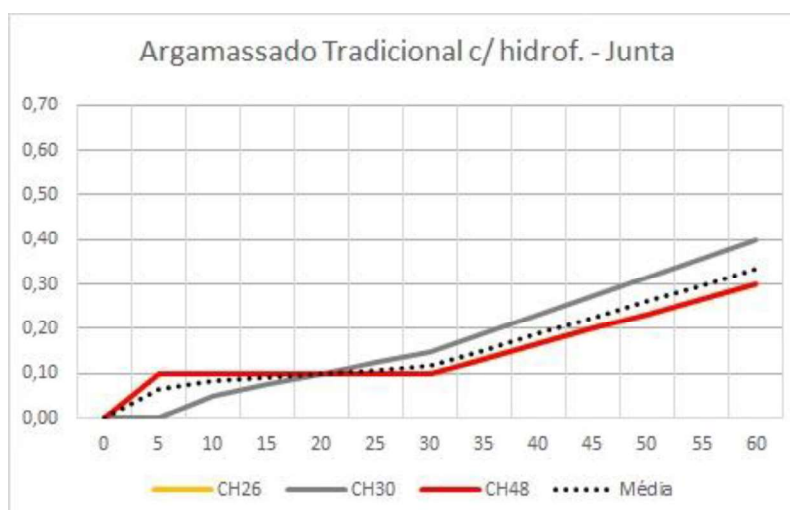


Gráfico 9. Ensaios nas juntas de assentamento no pano C1 (OsAutores, 2019)

4.1.6 Ensaios no pano revestido com argamassa dosada em obra e protegido por pintura acrílica

O pano C2, revestido em argamassa dosada em obra protegido superficialmente por pintura acrílica, conforme figura 8, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH31”, “CH33” e “CH35” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH32”, “CH34” e “CH36”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 15.

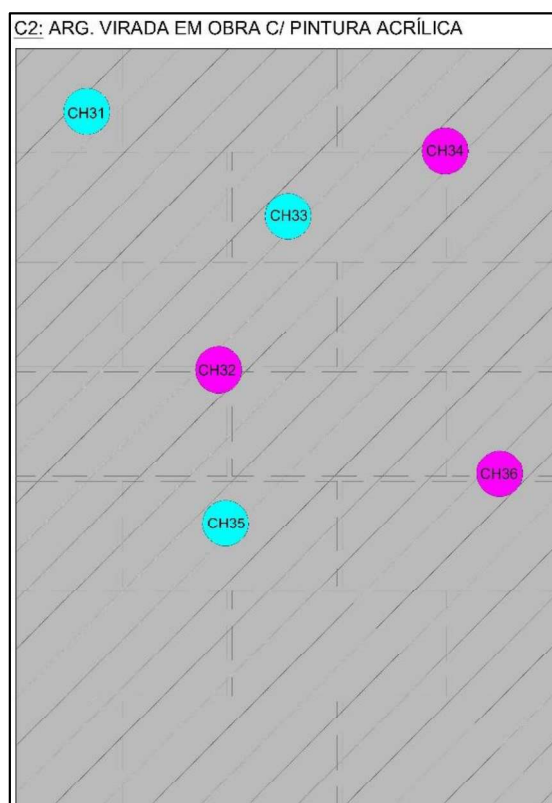


Figura 15. Pontos ensaiados no pano C2
(Os Autores, 2019)

Os ensaios tanto em face de blocos quanto em suas juntas de assentamento deste pano não apresentaram valores de absorção d'água, logo os coeficientes de absorção (C_{abs}) para ambos casos foram iguais a 0,00 $\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$.

4.1.7 Ensaios no pano revestido com argamassa dosada em obra e sem proteção superficial

O pano C3, revestido em argamassa dosada em obra e sem protetor de superfície, locado conforme figura 8, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH19”, “CH21” e “CH23” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH20”, “CH22” e “CH24”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 16.

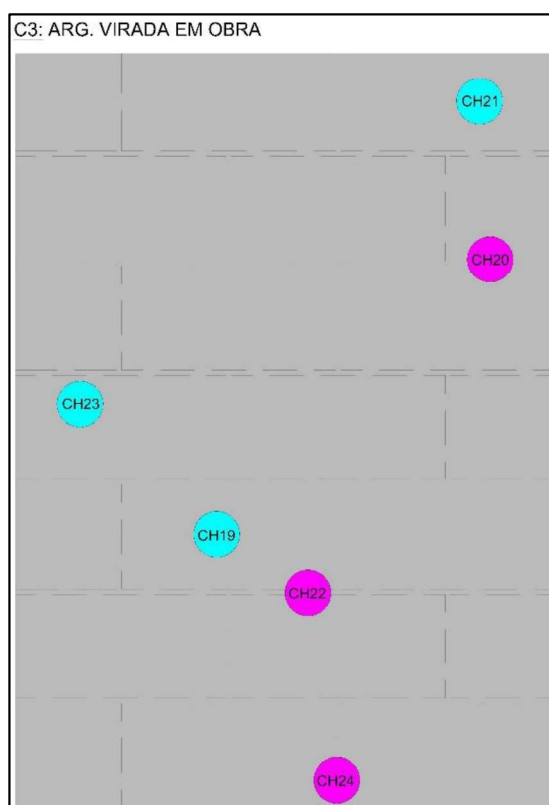


Figura 16. Pontos ensaiados no pano C3
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em face de blocos neste pano apresentaram os resultados da Tabela 11, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 3,5840 $\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$.

ARG. TRADICIONAL S/ TRAT. SUPERF. - FACE			
Tempo	CH19 (cm^3)	CH21 (cm^3)	CH23 (cm^3)
5 min	0,20	0,30	0,40
10 min	0,50	0,40	0,80
15 min	0,70	0,70	1,10
20 min	0,90	1,00	1,50
30 min	1,00	1,40	2,00
60 min	1,50	2,30	3,80
Cabs,ind ($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	2,1221	3,2539	5,3760
Cabs($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	3,5840		

Tabela 11. Ensaio na face de bloco no pano C3
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em juntas de assentamento neste pano, cujos resultados são apresentados na Tabela 12, também não apresentaram valores de permeabilidade de água, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 2,3579 $\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$.

ARG. TRADICIONAL S/ TRAT. SUPERF. - JUNTA			
Tempo	CH20 (cm^3)	CH22 (cm^3)	CH24 (cm^3)
5 min	0,30	0,20	0,20
10 min	0,60	0,40	0,30
15 min	0,80	0,50	0,40
20 min	1,00	0,60	0,50
30 min	1,50	0,70	0,60
60 min	2,60	1,30	1,10
Cabs,ind ($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	3,6783	1,8391	1,5562
Cabs($\text{kg}/[\text{m}^2.\text{h}^{0,5}]$)	2,3579		

Tabela 12. Ensaio na junta de assentamento no
Pano C3 (Os Autores, 2019)

Os dados dos ensaios de percolação de água em face de bloco neste pano são demonstrados graficamente no Gráfico 10. E, quanto aos dados dos ensaios em juntas de assentamento deste mesmo pano, no Gráfico 11.

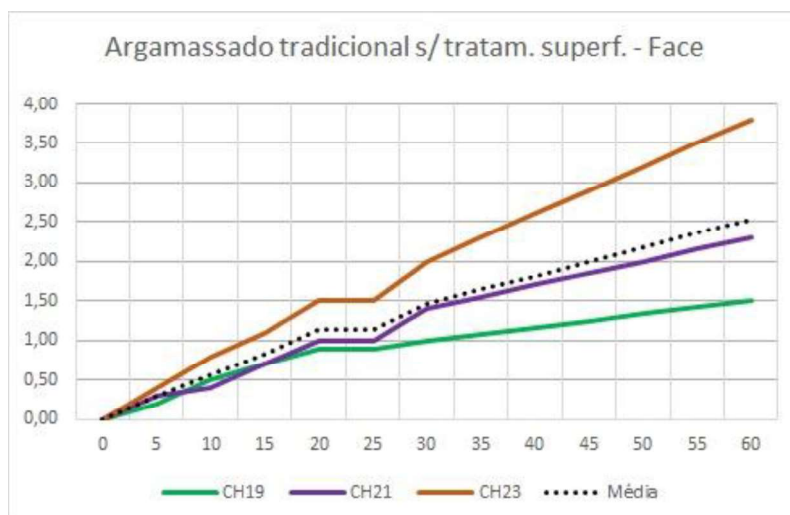


Gráfico 10. Ensaios nas faces de blocos no pano C3 (OsAutores, 2019)

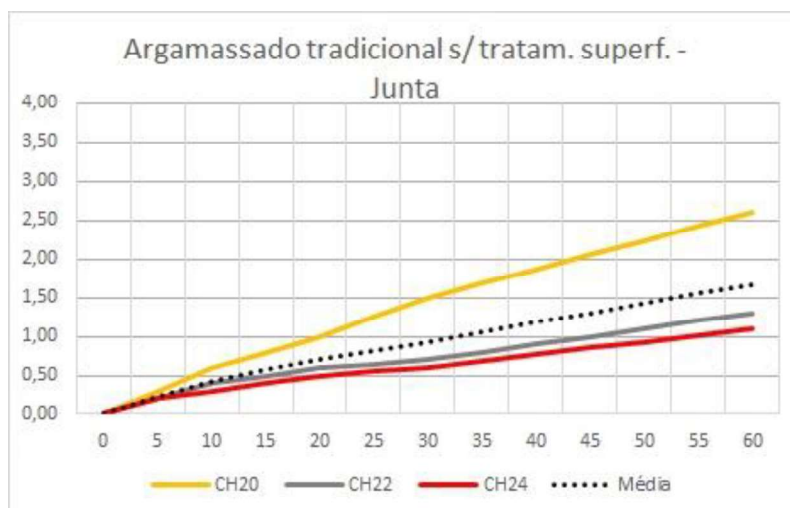


Gráfico 11. Ensaios nas juntas de assentamento no pano C3 (Os Autores, 2019)

4.1.8 Ensaios no pano revestido com argamassa monocamada e protegido por hidrofugante

O pano D1, revestido em argamassa monocamada e hidrofugante como protetor de superfície, conforme figura 8, foi ensaiado em suas faces de blocos nos pontos denominados “CH13”, “CH15” e “CH17” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH14”, “CH16” e “CH18”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 17.

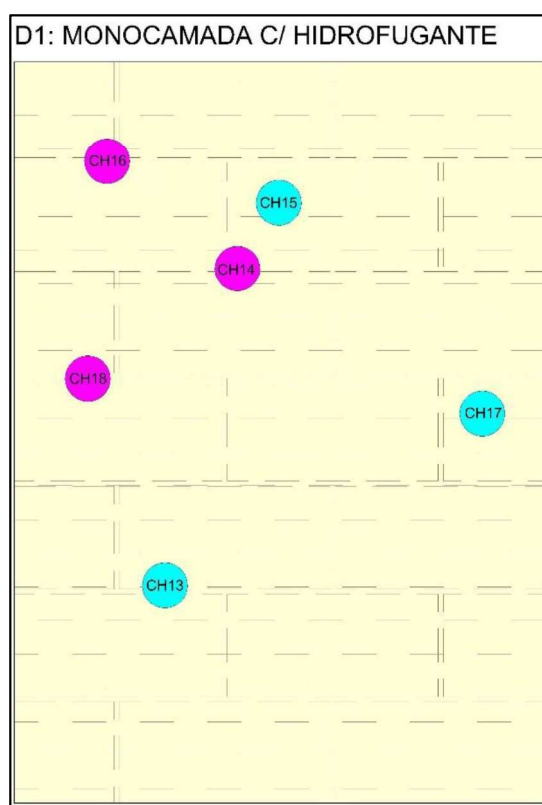


Figura 17. Pontos ensaiados no pano D1
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em face de blocos neste pano apresentaram os resultados da Tabela 13, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,0707 kg/[m².h^{0,5}].

MONOCAMADA C/ HIDR. - FACE			
Tempo	CH13 (cm ³)	CH15 (cm ³)	CH17 (cm ³)
5 min	0,00	0,00	0,00
10 min	0,00	0,00	0,00
15 min	0,05	0,05	0,00
20 min	0,05	0,05	0,05
30 min	0,05	0,05	0,05
60 min	0,05	0,05	0,05
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,0707	0,0707	0,0707
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,0707		

Tabela 13. Ensaio na face de bloco no pano D1
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em juntas de assentamento neste pano, cujos resultados são apresentados na Tabela 14, também não apresentaram valores de permeabilidade de água, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,2594 kg/[m².h^{0,5}].

MONOCAMADA C/ HIDR. - JUNTA			
Tempo	CH14 (cm ³)	CH16 (cm ³)	CH18 (cm ³)
5 min	0,00	0,00	0,05
10 min	0,05	0,05	0,10
15 min	0,05	0,05	0,15
20 min	0,05	0,05	0,17
30 min	0,05	0,05	0,20
60 min	0,10	0,05	0,40
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,1415	0,0707	0,5659
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,2594		

Tabela 14. Ensaio na junta de assentamento no
Pano D1 (Os Autores, 2019)

Os dados dos ensaios de percolação de água em face de bloco neste pano são demonstrados graficamente no Gráfico 12. E, quanto aos dados dos ensaios em juntas de assentamento deste mesmo pano, no Gráfico 13.

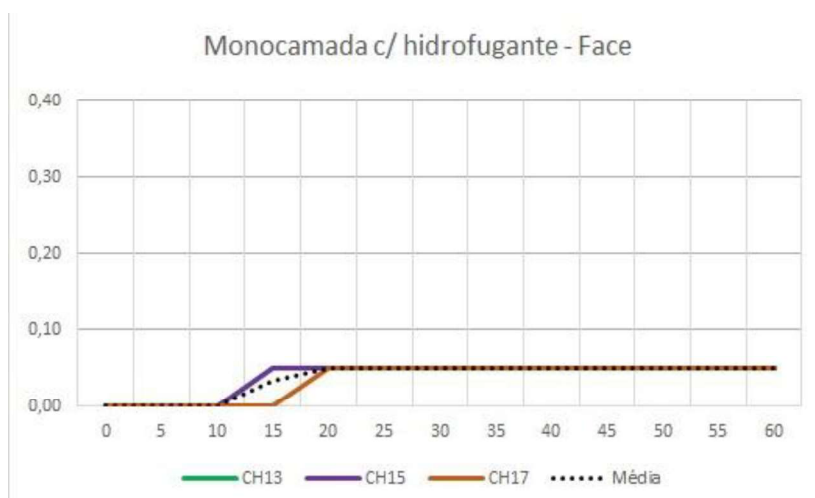


Gráfico 12. Ensaios nas faces de blocos no pano D1 (Os Autores, 2019)

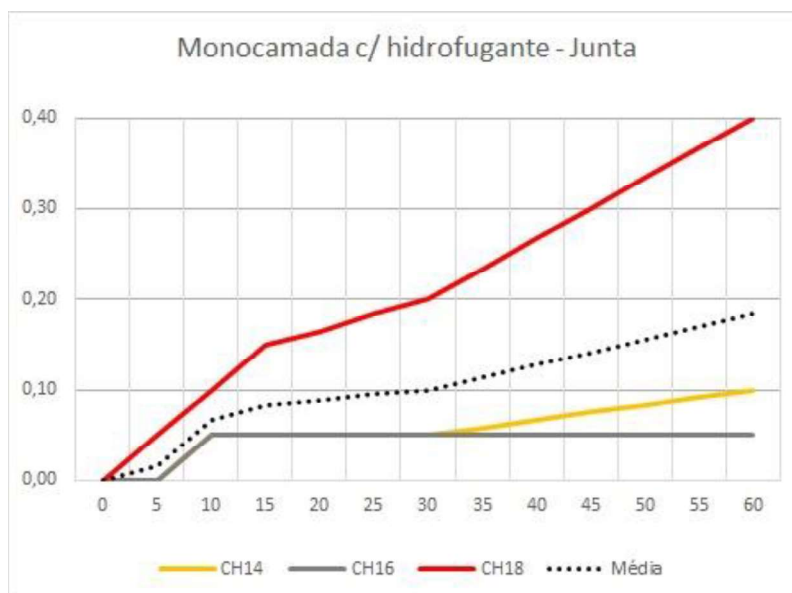


Gráfico 13. Ensaios nas juntas de assentamento no pano D1 (Os Autores, 2019)

4.1.9 Ensaios no pano revestido com argamassa monocamada e sem proteção superficial

O pano de revestimento monocamada, seção D2, sem tratamento superficial hidrofugante, foi ensaiado em suas projeções de faces de blocos nos pontos denominados “CH7”, “CH9” e “CH11” e em suas juntas de assentamento nos pontos denominados “CH8”, “CH10” e “CH12”. Os pontos foram dispersos aleatoriamente no pano conforme Figura 18.

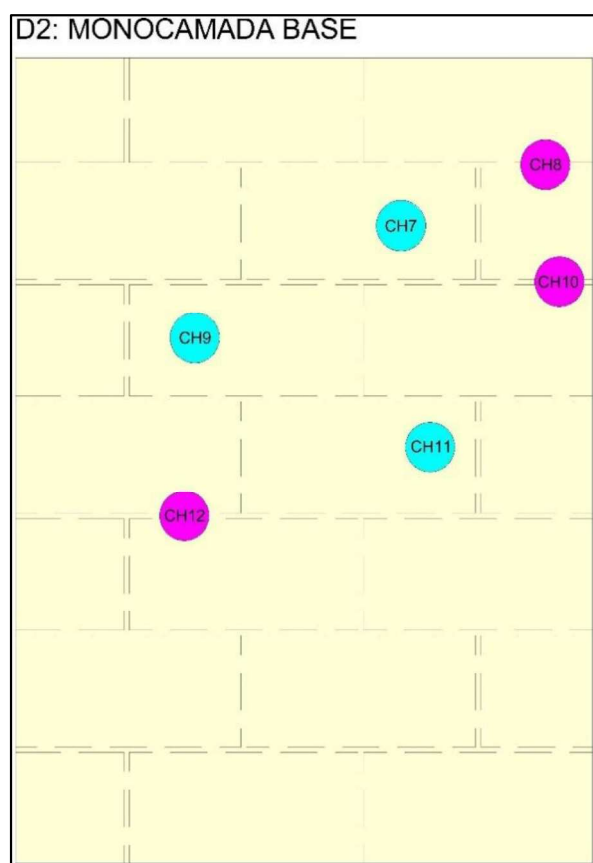


Figura 18. Pontos ensaiados no pano D2
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em face de blocos neste pano apresentaram os resultados da Tabela 15, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,4952 kg/[m².h^{0,5}].

MONOCAMADA S/ HIDR. - FACE			
Tempo	CH7 (cm ³)	CH9 (cm ³)	CH11 (cm ³)
5 min	0,10	0,20	0,05
10 min	0,15	0,25	0,10
15 min	0,19	0,26	0,11
20 min	0,23	0,28	0,13
30 min	0,30	0,30	0,15
60 min	0,35	0,40	0,30
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,4952	0,5659	0,4244
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,4952		

Tabela 15. Ensaio na face de bloco no pano D2
(Os Autores, 2019)

Os ensaios em juntas de assentamento neste pano, cujos resultados são apresentados na Tabela 16, também não apresentaram valores de permeabilidade de água, culminando em um coeficiente de absorção médio igual a 0,5659 kg/[m².h^{0,5}].

MONOCAMADA S/ HIDR. - JUNTA			
Tempo	CH8 (cm ³)	CH10 (cm ³)	CH12 (cm ³)
5 min	0,10	0,10	0,05
10 min	0,30	0,15	0,10
15 min	0,31	0,16	0,13
20 min	0,33	0,18	0,15
30 min	0,35	0,20	0,20
60 min	0,50	0,35	0,35
Cabs,ind (kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,7074	0,4952	0,4952
Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}])	0,5659		

Tabela 16. Ensaio na junta de assentamento no
Pano D2 (Os Autores, 2019)

Os dados dos ensaios de percolação de água em face de bloco neste pano são demonstrados graficamente no Gráfico 12. E, quanto aos dados dos ensaios em juntas de assentamento deste mesmo pano, no Gráfico 13.

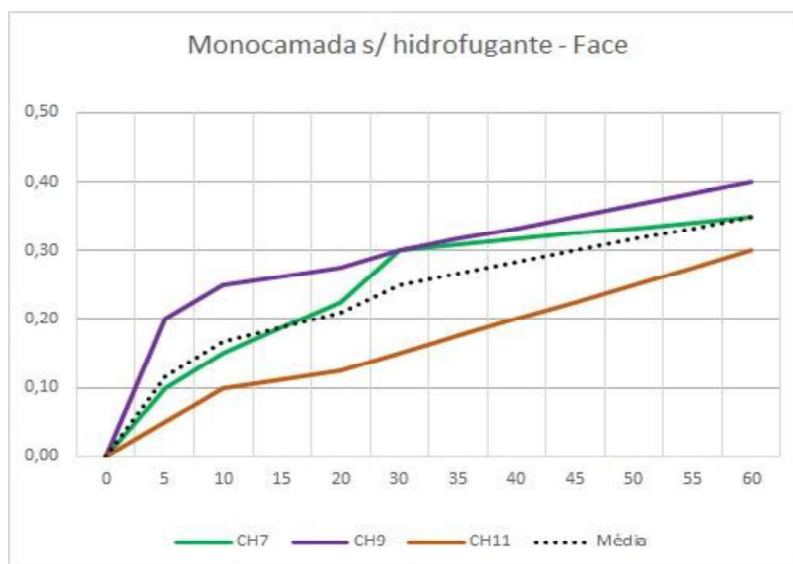


Gráfico 14. Ensaios nas faces de blocos no pano D2
(Os Autores, 2019)

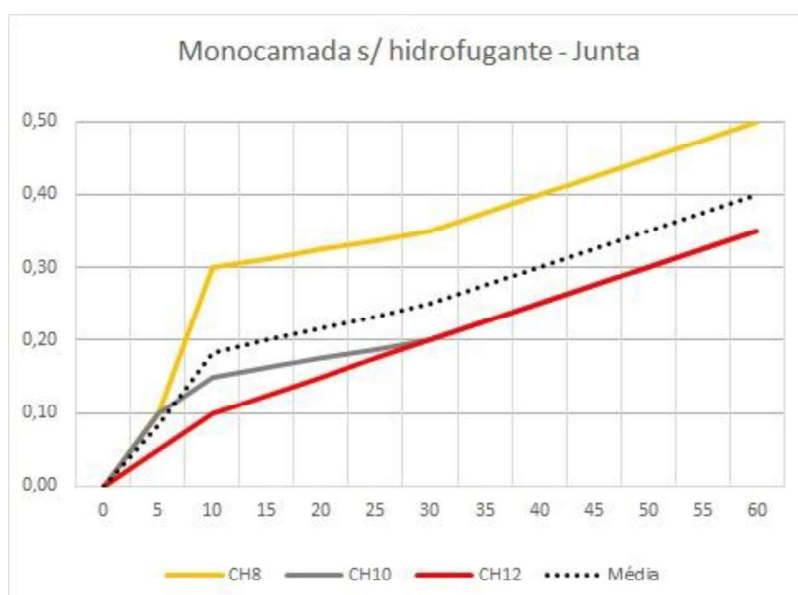


Gráfico 15. Ensaios nas juntas de assentamento no pano D2
(Os Autores, 2019)

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Graficamente, os resultados dos resultados de permeabilidade dos panos ensaiados na projeção de faces de blocos e em juntas de assentamento são expressos pelos gráficos 16 e 17, respectivamente.

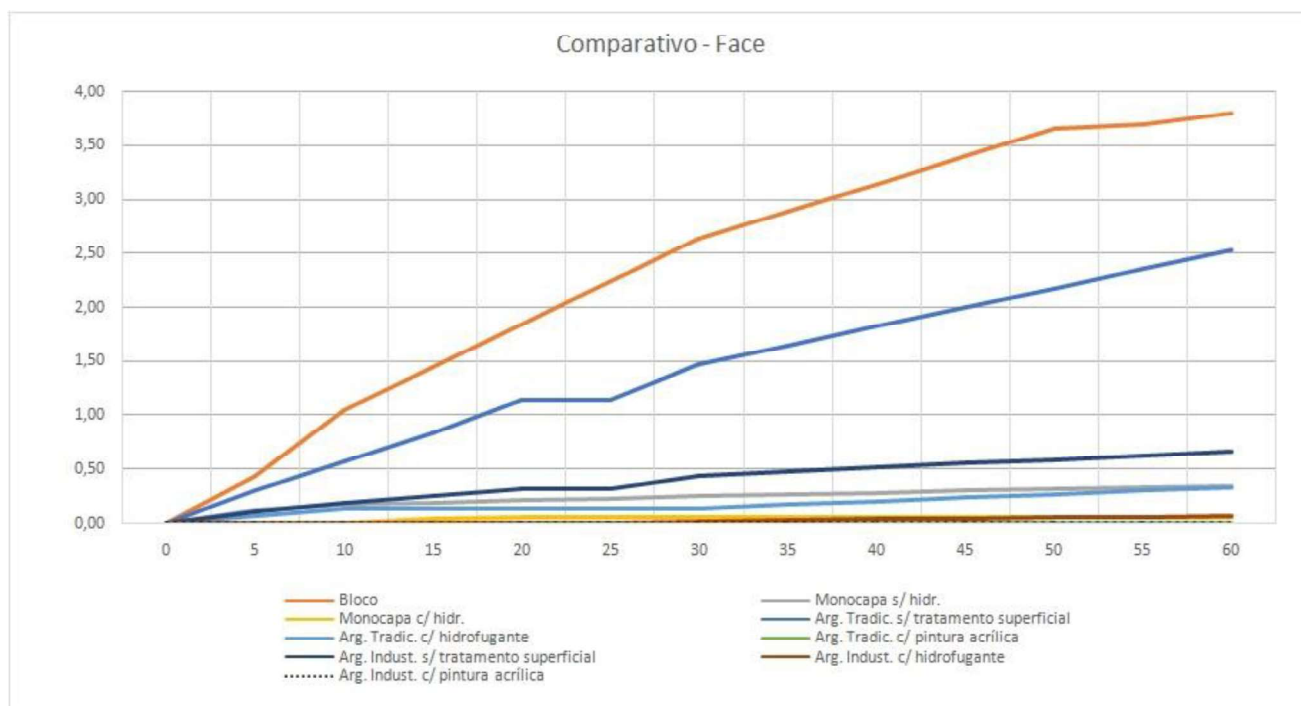


Gráfico 16. Resultados em face de bloco (Os Autores, 2019)

No Gráfico 16 os panos ensaiados nas projeções das faces de blocos apresentaram piores resultados, em panos revestidos, nas argamassas dosada em obra e industrializada ambas sem tratamento superficial. Já os melhores resultados foram obtidos pelas mesmas argamassas, porém tratadas por pintura acrílica, que foram estanques. E, ainda, os panos em argamassa industrializada com hidrofugante e monocamada com hidrofugante também obtiveram resultados próximos à estanqueidade.

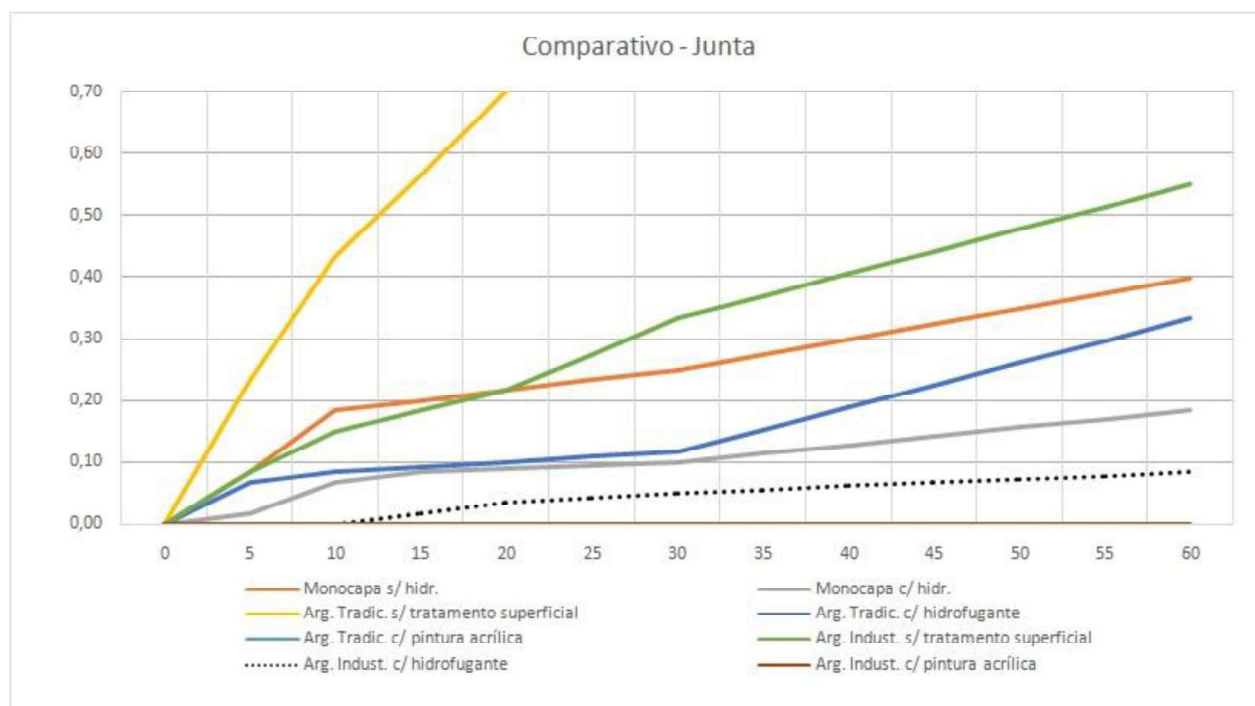


Gráfico 17. Resultados em junta de assentamento (Os Autores, 2019)

No Gráfico 17 os panos ensaiados nas projeções das juntas de assentamento apresentaram piores resultados, em panos revestidos, quanto às três argamassas sem tratamento superficial, dosado em obra, industrializado e monocamada, respectivamente. Já os melhores resultados foram obtidos pelas argamassas dosada em obra e industrializada tratadas por pintura acrílica, que foram estanques.

Analogamente, os resultados dos Coeficientes de Absorção obtidos nos ensaios realizados conforme capítulo anterior são expressos pela Tabela 17.

PANO	Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}]) FACE	Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}]) JUNTA	Cabs(kg/[m ² .h ^{0,5}]) MÉDIO
Base (A)	5,7342	$+\infty$	$+\infty$
Argamassa industrializada com pintura acrílica (B1)	0,0000	0,0000	0,0000
Argamassa industrializada com hidrofugante (B2)	0,0902	0,1179	0,1040
Argamassa industrializada sem proteção superficial(B3)	0,9365	0,7781	0,8573
Argamassa dosada em obra com hidrofugante (C1)	0,4506	0,4716	0,4611
Argamassa dosada em obra com pintura acrílica (C2)	0,0000	0,0000	0,0000
Argamassa dosada em obra sem proteção superficial (C3)	3,5840	2,3579	2,9710
Argamassa monocamada com hidrofugante (D1)	0,0707	0,2594	0,1650
Argamassa monocamada sem proteção superficial (D2)	0,4952	0,5659	0,5306

Tabela 17. Resultado dos Ensaios (Os Autores, 2019)

Na Tabela 17 se pode verificar que a utilização de tratamentos superficiais em qualquer uma das bases argamassadas contribui para uma considerável diminuição no coeficiente de absorção.

Visualiza-se que os panos argamassados multicamadas que receberam tratamento superficial em pintura acrílica apresentaram coeficiente de absorção igual a zero, ou seja, desde que não haja qualquer manifestação patológica neste revestimento, tal como uma fissura, e desde que respeitada a vida útil deste acabamento (segundo fabricante), a tendência é que não haja permeabilidade de água por ele, tornando o sistema estanque.

No caso dos panos em argamassa monocamada, a utilização de hidrofugante ocasionou uma diminuição de aproximadamente 70% no coeficiente de absorção de água, em média.

Correlacionando os dados obtidos nos ensaios com a Tabela 3, obtém:

PENETRAÇÃO (cm ³)	CLASSIFICAÇÃO	PANO
Mais que 3,0	Permeabilidade Muito Alta	Base (A)
De 2,4 a 3,0	Permeabilidade Alta	Argamassa Dosada em Obra sem Proteção Superficial (C3)
De 1,0 a 2,4	Permeabilidade Média	
De 0,4 a 1,0	Permeabilidade Baixa	Argamassa Dosada em Obra com Hidrofugante (C1); Argamassa Industrializada sem Proteção Superficial (B3); Argamassa Monocamada sem Proteção Superficial (D2)
De 0,2 a 0,4	Relativa Impermeabilidade	
De 0,1 a 0,2	Impermeável	Argamassa Industrializada com Hidrofugante (B2); Argamassa Monocamada com Hidrofugante (D1)
Menos que 0,1	Sem Atividade Capilar	Argamassa Industrializada com Pintura Acrílica (B1); Argamassa Dosada em Obra com Pintura Acrílica (C2)

Tabela 18. Classificação dos Ensaios – C_{abs,méd}(Os Autores, 2019)

Com exceção do pano tratado por pintura acrílica, os outros dois panos revestidos por argamassa dosada em obra (com e sem hidrofugação) apresentaram as maiores permeabilidades dentre todos os panos com revestimentos ensaiados. Este fato demonstra o quão vulnerável é esta manufatura, onde há inúmeras possibilidades que podem provocar uma maior porosidade do revestimento, culminando em maior permeabilidade de água. E, o

sistema de hidrofugação ajuda a conter a penetração de água, mas em meios muito porosos, ainda haverá absorção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, confirma-se a hipótese de que a pintura acrílica obteria o melhor resultado dentre os tipos de tratamento superficial nos panos ensaiados. Entretanto, sem o tratamento superficial, o revestimento que apresentou os melhores resultados foi a monocamada, muito devido à presença de aditivo hidrófugo, em pequena quantidade, em sua composição. E, ao se comparar os dois panos em monocamada, pode-se verificar uma melhora de 69% no desempenho estanque quando aplicado hidrofugante superficialmente.

O pano revestido em argamassa monocamada sem proteção superficial, quando comparado ao revestimento com argamassa industrializada sem proteção, apresentou um melhor desempenho a estanqueidade na ordem de 38%, e 82% com relação à argamassa dosada em obra sem proteção superficial.

Quanto as duas situações de ensaios, nas projeções das faces de blocos e das juntas de assentamento, com exceção do pano base, não foram averiguados discrepâncias efetivas dentre os resultados obtidos, quando comparadas, que comprovassem uma sensibilidade das regiões na projeção das juntas, desde que atendidas as exigências de normas e de fabricantes.

Pode-se verificar que os resultados obtidos nos panos revestidos em argamassa industrial e argamassa dosada em obra, ambos protegidos superficialmente com hidrofugante, apresentaram uma melhoria de 88% e 85%, respectivamente, quando comparado aos mesmos revestimentos sem proteção superficial. E, quando aplicada a tinta acrílica em ambos revestimentos, os panos se tornaram impermeabilizantes.

Os revestimentos protegidos com hidrofugante apresentaram absorção, em média, apenas após o 30º minuto de ensaio. Tal fato tende a ocorrer

devido o hidrofugante provocar redução na cinética de absorção de água, principalmente em locais onde há curtos períodos em contato com a água.

Fazendo-se uma analogia do ensaio realizado em Tubo de Karsten com o ensaio indicado na NBR 15.575 (ABNT, 2013), em projeção às 24 horas de ensaios por esta última solicitada onde não se pode percolar 3cm³ de água, apenas o pano não revestido e os panos argamassados dosado em obra e industrializado sem proteções superficiais tenderiam a não ser aceitos em uma edificação. Portanto, o revestimento monocamada até mesmo sem tratamento superficial tenderia a ser aceito.

Este trabalho atingiu seus objetivos quanto ao comparativo da estanqueidade a água sob baixa pressão de revestimentos argamassados de fachada e, estima-se, que os resultados estejam próximos à realidade de uma construção, por exemplo, devido aos ensaios terem sido realizados em área urbana e em local sujeito a intempéries.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, para trabalhos futuros, realizar este trabalho alterando a metodologia de ensaio aplicada, utilizando a descrita pela Norma de Desempenho NBR 15575:2013, comparando os resultados de ambos trabalhos.

Recomenda-se realizar o ensaio de arrancamento nos pontos ensaiados, comparando sua resistência ao coeficiente de permeabilidade.

Sugere-se também a realização de estudos e ensaios com outros tipos de materiais e acabamentos presentes no mercado.

Para se analisar a vida útil do sistema de fachada, é importante também a realização de estudos em revestimentos em um edifício já em uso, com diferentes idades.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFANO, G. et al. **Long-term performance of chemical damp-proof courses: Twelve years of laboratory testing.** *Building and Environment*, v. 41, n. 8, p; 1060-1069, ago. 2006.

ALMEIDA, Alexandra; VENTURA, Eliene. **Hidrofugantes protegem revestimentos contra água e agentes agressivos.** 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/hidrofugantes-protegem-revestimentos-contra-agua-e-agentes-agressivos_14659_10_0>. Acesso em: 05 nov. 2018.

ALVES, S. M. A. **Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008. Disponível em: <<http://patorreb.com/>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

ANTUNES, Anivaldo da Costa. **Avaliação comparativa entre argamassa produzida na obra e industrializada para execução de revestimento de fachada: estudo de caso de edifício de múltiplos pavimentos** - Monografia (Programa de Pós-Graduação)-Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Recife/PB, 2008.

ANDRADE, Francisco Ortega. **Humedades en la edificación.** Sevilla: Editan, 1989.

ARGILÉS, Josep Maria Adell. **Patología y técnicas de intervención:** fachadas y cubiertas. Madrid: Munilla-lería, 1998. 382 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200:**Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749:**Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** Edificações Habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16648: Argamassas inorgânicas decorativas para revestimento de edificações—Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BOLONHA, Rafael de Oliveira. **Chapisco, emboço e reboco. Qual a diferença de cada um deles?** 2014. Disponível em: <<http://blog.construir.arq.br/chapisco-emboco-e-reboco/>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

BONAFÉ, Gabriel. **Umidade na parede: saiba como evitar e resolver**. 2016. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/umidade-na-parede-saiba-como-evitar-e-resolver_13303_10_0>. Acesso em: 16 abr. 2018.

CAMPITELI, V. C.; MASSARETTO, R.; RODRIGUES, P.T.R.. **Argamassas mistas para a construção civil: o Proporcionamento com base no desempenho**. Rio de Janeiro, RJ. 1995. p. 769-775. In: ENTAC 95, Rio de Janeiro, 1995.

CHAVES, Ana Margarida Vaz Alves. **Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachada**. 2010. Disponível em: <<https://www.engenhariacivil.com/patologia-reabilitacao-revestimentos-fachada>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

CICHINELLI, Gisele C.. **Argamassas de revestimento**. 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/45/argamassas-de-revestimento-conheca-os-produtos-industrializados-existent-no-250956-1.aspx>>. Acesso em: 17 set. 2018.

CICHINELLI, Gisele. **Chapisco, emboço e reboco: Aprenda a preparar as argamassas, aplicá-las e dar o acabamento adequado para obter paredes com superfícies lisas e planas**. 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/55/chapisco-emboco-e-reboco-aprenda-a-preparar-as-argamassas-275577-1.aspx>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

CONSOLI, O. J. **Análise da durabilidade dos componentes de fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006, 208 p.

COUTINHO, Rosemary. **Descubra Qual a Diferença Entre Tinta Látex e Acrílica**. 2017. Disponível em: <<https://opintorconsultoria.com/descubra-qual-a-diferenca-entre-tinta-latex-e-acrilica/>>. Acesso em: 05 nov. 2018

CRESCENCIO, Rosa Maria. Avaliação do desempenho de revestimento decorativo monocamada. 2003. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SãoPaulo.

CRESCENCIO, Rosa Maria; BARROS, Mercia Maria S. Bottura de. **Revestimento decorativo monocamada: produção e manifestações patológicas**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2005. 33 p. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00389.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2018.

CUNHA, Eduardo Henrique da. **Impermeabilização**. Goiás: Slide, 2014. 105 slides, color. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/impermeabilizacao-apresentacao>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

DIVIZIA, Claudio. **CONHEÇA OS TIPOS DE UMIDADE E SAIBA EVITÁ-LOS**. 2017. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/conheca-os-tipos-de-umidade-e-saiba-evita-los/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

EUROPEAN MORTAR INDUSTRY ORGANISATION. **Revestimento monomassa**. Disponível em: <[>](http://www.euromortar.com/emodico/pt/show/one-coat-mortar-monocouche/#en)>. Acesso em: 16 fev. 2018.

FIORITO, Antonio J.S.I. Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos em execução. 1. ed. São Paulo: Pini, 2003. 223p.

FISCHER, Rafael. **O que são os 5 pontos de uma nova arquitetura de le-corbusier? Descubra como aplica-los na arquitetura contemporanea**. 2018. Disponível em: <<http://comoprojetar.com.br/o-que-sao-os-5-pontos-de-uma-nova-arquitetura-de-le-corbusier-descubra-como-aplica-los-na-arquitetura-contemporanea/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

FLORES-COLEN, I.. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. 2009. 537 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2009.

FREITAS, V. P. DE; TORRES, M. I.; GUIMARÃES, A.S. **Humidade ascensional**. Porto, PT. F. Edições, 2008.

GADOTTI, George; LUPETTI, Adriane. **Avaliações e perícias de engenharia**. 2018. Disponível em: <<http://lgcpericias.com.br/patologias-na-construcao-civil-umidade/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

HENDRICKX, Roel. Using the Karsten tube to estimate water transport parameters of porous building materials. **Material And Structures**. Bruxelas, p. 1309-1320. nov. 2012. Disponível em: <<https://www.deepdyve.com/lp/springer-journals/using-the-karsten-tube-to-estimate-water-transport-parameters-of-uc0mBe95xb>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DO RIO GRANDE DO SUL (IBAPE-RS). **O que é patologia das construções?**. 2013. Disponível em: <<http://ibape-rs.org.br/2013/06/o-que-e-patologia-das-construcoes/>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

IOSHIMOTO, E. Incidências de manifestações patológicas em edificações habitacionais. In: Tecnologia de edificações. São Paulo: Pini/IPT, 1988, p.545-548.

KISS, Paulo. **Você sabe o que é Sinat?** 2009. Disponível em: <http://novo.more.ufsc.br/homepage/inserir_homepage>. Acesso em: 07 ago. 2018.

LEGGERINI, Maria Regina Costa. **Argamassa de revestimento**. 2010. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/mregina/ARQUITETURA_-_Materiais_Tecnicas_e_Estruturas_I/estruturas_i_capitulo_IV_argamassa_de_revestimento.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2018.

MAHFUZ, Edson. **Edson Mahfuz fala sobre as fachadas contemporâneas**. 2009. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/184/edson-mahfuz-fala-sobre-as-fachadas-contemporaneas-142816-1.aspx>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

MARTINS NETO, Antonio A. A.; DJANIKIAN, João Gaspar. **Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1999. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00235.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

NAKAMURA, Juliana. **Obras: Revestimento Argamassado**. 2013. Edição 62 - Agosto/2013. Disponível em: <<http://equipedobra.pini.com.br/construcao-reforma/62/revestimento-argamassado-conheca-as-camadas-que-compoem-um-revestimento-292697-1.aspx>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

OLIVEIRA, Luciana Alves de; MOREIRA, Tatiana Mallart; MITIDIERI FILHO, Cláudio Vicente. **Estanqueidade de fachadas à água de chuva**. 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/106/artigo287060-1.aspx>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

OLIVEIRA, Luciana Alves de. **“Metodologia para desenvolvimento de projetos de fachadas leves”**. Tese de Doutorado. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

PEREIRA, Nelson Bento. **Avaliação da porosidade com tubo de Karsten**. 2015. Disponível em: <<http://houselab.pt/avaliacao-da-porosidade-com-tubo-de-karsten/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.

PICCHI, Flávio; Impermeabilização de cobertas. [S.L.]: Pini, 1986.

PINHAL, Paulo. **Terminologias arquitetônicas: O que é fachada**. 2009. Disponível em: <<http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/02/o-que-e-fachada/>> Acesso em: 31 jun. 2018.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo argamassa**. 1ª ed. EDIPUCRS. Porto Alegre/RS, 2007.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo Argamassa**. 2ª. ed. EDIPUCRS. Porto Alegre/RS, 2012. 188 p.

Rèunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux (RILEM), II.4. 1980. Water Absorption tube test, Paris.

SAFEGUARD EUROPE LTD. **Safeguard Europe Ltd Stormdry Gauge**. 2014. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Safeguard-Europe-Ltd-Stormdry-Gauge/dp/B008KMCTEK>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

SALDANHA, Adrian Gerard; EICHBURG, Doris E. **Testing the Test: Water absorption with RILEM tubes**. 2013. Disponível em: <<https://www.constructionspecifier.com/testing-the-test-water-absorption-with-rilem-tubes/>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

SANSONE, Eduardo César. **Permeabilidade das Rochas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014. Color. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1678305/mod_resource/content/1/07 - PMI1673 - 2014 - Permeabilidade.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1678305/mod_resource/content/1/07_PMI1673_2014_-_Permeabilidade.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2018.

SEDO, Daniela. **Acerte na tinta para fachadas e áreas externas**. 2018. Disponível em: <<https://casa.abril.com.br/blog/decorecomtinta/acerte-na-tinta-para-fachadas-e-areas-externas/>>. Acesso em: 7 nov. 2018.

SELMO, Silvia Maria de Souza. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de edifícios**. São Paulo, 1989. 202p. Dissertação (Mestrado). CPGECC / Escola Politécnica da USP.

SILVA, Fernando Benigno da. **Sistemas Construtivos: Revestimento monocamada para fachadas**. *Techne*, São Paulo, v. 1, n. 164, p.1-2, nov. 2010. Mensal. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/164/artigo286768-1.aspx>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

SILVA, Cristiane. **Como são as construções com hidrofugantes?** 2015. Disponível em: <<https://blogdaengenharia.com/bde-explica-como-sao-as-cons>>

SOUSA, U.E.L., PALIARI, J.C., AGOPYAN, V., ANDRADE, A.C. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva.** Ambiente construído, Porto Alegre, v.4, n. 4, p. 33-46, out/dez. 2004.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de et al. MECANIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DE MONOCAPA: DIRETRIZES PARA A MELHORIA DA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. **Tecnologia em argamassas.** Fortaleza: Sbta, 2013. p. 1 - 16. Disponível em: <<http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/516-mecanizacao-da-aplicacao-de-monocapa-diretrizes-para-a-melhoria-da-produtividade-da-mao-de-obra>>. Acesso em: 18 maio 2018.

TEÓFILO, Jorge. **Materiais de Construção Mecânica.** 2011. Disponível em: <<https://jorgeteofilo.files.wordpress.com/2011/03/mcm-apostila-capitulo01.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

TREVISOL, Luis Alberto. Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido. Dissertação (mestrado em Engenharia civil). Instituto de Engenharia do Parana, Curitiba, 2015.

ZAPLA, Leonardo. **Fachadas expostas à chuva de vento.** 2009. Disponível em: <http://www.ecivilnet.com/artigos/fachadas_expostas_chuva_vento.htm>. Acesso em: 16 abr. 2018.