



**VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE HIDROFUGANTE NA
ARGAMASSA DE EMBOÇO NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À
TRAÇÃO DO REVESTIMENTO**

CURITIBA
2017



Maria Victória Kalil Marquesi

Michel Adriano Xavier

Kamilla F. Chemin Assumpção

**VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE HIDROFUGANTE NA
ARGAMASSA DE EMBOÇO NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À
TRAÇÃO DO REVESTIMENTO**

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. Msc. Luís César De Luca.

CURITIBA
2017

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil prof. Msc. Luís Cesar De Luca e ao engenheiro Msc. Mateus Barão pela valiosa colaboração e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao engenheiro civil prof. Alexandre Tomazelli pelo incentivo e grande ajuda para a realização deste trabalho.

Agradecemos especialmente à Fotolaser Gráfica e Editora Ltda. por ter disponibilizado o espaço para a realização dos testes.

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TCC

Por

Maria Victória Kalil Marquesi

Michel Adriano Xavier

Kamilla F. Chemin Assumpção

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

Curitiba (PR) ____ de ____ de ____.

Prof. Luis César Siqueira De Luca, M.Sc

Orientador

Prof. Mateus De Azavedo Barão, M.Sc.

Prof. César Henrique Sato Daher, M.Sc.

RESUMO

O presente trabalho trata do estudo da interferência que a aplicação de diferentes tipos de hidrofugantes, realizada de diferentes formas (mistura ou pintura), tem sobre a resistência de aderência à tração do revestimento. A relevância deste estudo deve-se ao fato de que, em geral, as manifestações patológicas já existentes em fachadas de edificações sofrem maior degradação devido à influência da água. Uma vez que manifestações patológicas, como trincas ou deslocamento do revestimento, quando expostas ao intemperismo (principalmente à chuva), permitem a entrada de água, ocasionando uma série de outros problemas. A água consiste em um dos fatores de maior atenção para construção civil devido aos seus potenciais efeitos deletérios, e este fato contribuiu para a escolha do tema do presente trabalho. Para o desenvolvimento desse estudo, foram aplicados dois diferentes tipos de hidrofugantes, tanto na forma de pintura como na forma de mistura, sobre o revestimento argamassado em um painel de fachada dividido em cinco partes, sendo uma das partes um painel de referência sem a aplicação de hidrofugante. Na sequência, o painel foi revestido com pastilhas cerâmicas e ficou exposto a intempéries por um determinado período de tempo. Após esta etapa, realizou-se o teste de resistência de aderência à tração do conjunto do revestimento de fachada e, por fim, foi realizada a análise dos resultados obtidos. Os resultados foram satisfatórios e bastante esclarecedores, porém, diferentemente da hipótese inicial, a aplicação do hidrofugante, sendo pintura ou mistura, contribuiu para um aumento da resistência de aderência à tração dos revestimentos de fachada. Concluiu-se, então, que o hidrofugante é um importante aditivo para ser usado em revestimentos de fachada, tendo em vista sua contribuição no que diz respeito à aderência. Para futuros trabalhos recomenda-se o estudo de diferentes traços do revestimento de fachada que possibilite o entendimento de como funciona a curva de incremento da aderência à tração do revestimento, além da análise do tempo que este incremento permanece no revestimento.

Palavras chave: revestimento de fachada, hidrofugante, argamassa de emboço, resistência de aderência à tração.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico da Lei de Sitter (SITTER, apud HELENE, 1992).....	13
Figura 2. Camadas que compõem um revestimento.....	17
Figura 3. Ângulo de contato da água na superfície de material sem tratamento (a) e após o tratamento com um hidrofugante (MARANHÃO; LOH, 2007)	20
Figura 4. Revestimento cerâmico a ser aplicado sobre a base (ABNT NBR 13755).....	23
Figura 5. Formas de Ruptura (NBR 13755).....	27
Figura 6. Limites de Resistência de Aderência à Tração (Ra) (NBR 13755).	27
Figura 7. Ficha de Ensaio (NBR 13755)	28
Figura 8. Sistematização do trabalho.....	29
Figura 9. Esquema de disposição do painel	31
Figura 10. Ficha Técnica da Cal CH3.....	35
Figura 11. Curva Granulométrica da Areia.....	36
Figura 12. Composição Granulométrica da Areia.....	36
Figura 13. Composição chapisco.....	38
Figura 14. Localização do painel de testes	469
Figura 15. Limpeza e saturação da base.....	40
Figura 16. Chapisco em processo de mistura.....	40
Figura 17. Aplicação de chapisco com colher	41
Figura 18. Teste no chapisco com uso de espátula.....	42
Figura 19. Saturação/Umedecimento da base	42
Figura 20. Aplicação da Massa Única nos painéis	43
Figura 21. Aplicação da Massa Única nos painéis.....	44
Figura 22. Aplicação de hidrofugante para tratamento superficial.....	44
Figura 23. Cerâmica aplicada	45

Figura 24. Modelo de Cerâmica telada aplicada	46
Figura 25. Características da cerâmica Rhodes.....	46
Figura 26. Requisitos das Argamassas Colantes (NBR 14081).....	48
Figura 27. Ficha Técnica Argamassa Colante AC III – Votorantim Cimentos.....	49
Figura 28. Rejunte aplicado	50
Figura 29. Limpeza de revestimento argamassado	51
Figura 30. Argamassa colante ACIII	51
Figuras 31 e 32. Aplicação de cerâmica.....	52
Figura 33. Aplicação de rejunte	53
Figura 34. Limites de resistência de aderência à tração (Ra) (NBR 13755).....	56
Figura 35. Fissuras no revestimento argamassado do painel	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média dos resultados e comparativo Norma.....	56
Gráfico 2 - Resultado desvio padrão dos ensaios realizados nos painéis.....	57
Gráfico 3 - Formas de Ruptura Painel 0.0.....	58
Gráfico 4 - Formas de Ruptura Painel 1.1.....	58
Gráfico 5 - Formas de Ruptura Painel 1.2.....	59
Gráfico 6 - Formas de Ruptura Painel 2.1.....	59
Gráfico 7- Formas de Ruptura Painel 2.2.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração.....	55
--	----

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
FOLHA DE APROVAÇÃO	3
RESUMO.....	4
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	5
LISTA DE TABELAS.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	100
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2. OBJETIVOS.....	11
1.2.1. Objetivo Geral	11
1.2.2. Objetivos Específicos.....	11
1.3. HIPÓTESE	12
1.4. JUSTIFICATIVAS.....	12
1.4.1. Justificativas tecnológicas.....	12
1.4.2. Justificativas econômicas	13
1.4.3. Justificativas sociais	14
1.4.4. Justificativas ecológicas	14
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1. REVESTIMENTO ARGAMASSADO	17
2.2. HIDROFUGANTE.....	20
2.2.1. Nanotecnologia.....	22
2.3. REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS E SUA APLICAÇÃO	22
2.4. ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À	
TRAÇÃO	25
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	29
3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO TRABALHO	29

3.2. CHAPISCO E ARGAMASSA (MASSA ÚNICA) PARA COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS	32
3.2.1. Materiais aplicados nesta etapa.....	32
3.2.2. Aplicação dos Materiais.....	38
3.2.3. Desenvolvimento do painel – Chapisco.....	38
3.2.4. Desenvolvimento do Painel – Revestimento Argamassado	41
3.3. EXECUÇÃO DE PASTILHAS CERÂMICAS SOBRE O PAINEL...	45
3.3.1. Materiais aplicados nesta etapa.....	45
3.3.2. Desenvolvimento do Painel – Colagem de Cerâmica / Pastilhas	50
3.3.1. Desenvolvimento do Painel – Rejuntamento das Pastilhas.....	53
3.3.2. Ensaio de Resistência de Aderência à Tração	54
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
7. ANEXOS.....	67
ANEXO A - FOTOS	67
ANEXO B - FICHA DE CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	74
ANEXO C - FICHA DE RESULTADOS DE ENSAIO DE CIMENTO CP II F.....	75
APÊNDICE 1 - RESULTADOS DE ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO.....	76

1. INTRODUÇÃO

O emprego da argamassa na construção civil teve início há muitos anos e as primeiras argamassas eram feitas basicamente de areia e cal. Com o desenvolvimento de novas tecnologias surgiram as argamassas industrializadas, que possuem na composição delas aditivos como, os incorporadores de ar e retentores de água. Essa evolução dos materiais popularizou o uso das argamassas, tornando-as o principal revestimento das fachadas em nosso país. Essa utilização constante fez com que diversas manifestações patológicas fossem surgindo, muitas vezes relacionadas à permeabilidade do material.

Dentro da expectativa que a redução ou extinção dessa permeabilidade reduziria as manifestações patológicas, o emprego de aditivos hidrofugantes e impermeabilizantes se torna cada vez mais presente na construção civil, com o principal intuito de impedir que a água seja atraída por absorção ou sucção, reduzindo a permeabilidade e agindo sobre a estrutura capilar da pasta de cimento (DRANSFIELD, 2003).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo a verificação da adição de hidrofugante na argamassa de emboço e sua influência na resistência de aderência à tração do revestimento. A escolha desse tema se deu ao fato de que manifestações patológicas em fachadas acontecem com grande frequência, já que as mesmas ficam expostas às movimentações diferenciadas causadas por tensões mecânicas, fadiga, choque térmico e infiltrações, além de movimentações causadas pela ação das intempéries, como expansão por umidade, esforços hidrotérmicos e tensões térmicas. A incidência dessas movimentações diferenciadas faz com que os materiais utilizados como, revestimento e acabamento, sofram diferenciadas e constantes alterações volumétricas. A ação dessas movimentações dos acabamentos vem sendo estudada ao longo dos anos, tornando-se cada vez mais importante com o envelhecimento das edificações. Dado esse fato, o objeto de estudo deste trabalho será analisar o comportamento do revestimento de fachada com e sem a proteção de material

hidrofugante, no que tange ao ensaio de resistência de aderência à tração e verificar se há ou não alteração de aderência.

Nos tópicos a seguir, serão abordados: problema de pesquisa, objetivos, hipótese e justificativas para o presente trabalho.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A adição de hidrofugante (mistura ou tratamento superficial) na argamassa de emboço influencia na resistência de aderência à tração do revestimento?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Verificar a influência da adição de hidrofugante na argamassa de emboço na resistência de aderência à tração do revestimento.

1.2.2. Objetivos Específicos

- i. Verificar se a forma de utilização do hidrofugante (misturado na argamassa ou aplicado na superfície) influencia na resistência de aderência à tração do revestimento;
- ii. Verificar se diferentes tipos de hidrofugantes influenciam na resistência de aderência à tração do revestimento.

1.3. HIPÓTESE

Acredita-se que a argamassa de emboço com hidrofugante misturado não irá alterar o resultado do ensaio de resistência de aderência à tração do revestimento. Já para o hidrofugante aplicado na superfície, supõe-se que ocorrerá influência negativa na resistência de aderência à tração do revestimento.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1. Justificativas tecnológicas

Bauer *et al.* (2015), em estudo de caso na região Centro Oeste do Brasil, verificou que a manifestação patológica de maior incidência em fachadas revestidas com cerâmica é o descolamento das placas por falta de aderência das peças ao revestimento argamassado, ou pela falta de aderência da argamassa ao substrato. Eles afirmam que 83% das edificações apresentam descolamento após os 10 anos de idade e, que no que se refere ao revestimento argamassado, a principal causa do destacamento é a penetração de água devido às fissuras e movimentações de base.

Em virtude dessa grande incidência, propõe-se estudar que, se o uso de hidrofugantes não alterar ou se incrementar na resistência de aderência à tração do revestimento cerâmico, essa solução poderá ser utilizada em obras de recuperação ou em obras novas, a fim de reduzir a influência de agentes externos na argamassa, aumentando sua vida útil.

1.4.2. Justificativas econômicas

A obrigatoriedade de realizar manutenções técnicas ao longo da vida da edificação é uma cultura crescente no Brasil, apesar de pouco praticada.

A redução dos valores a serem gastos com reparos e manutenções é o objetivo de diversas construtoras, incorporadoras, administradoras e condomínios. Conforme Sitter¹ (apud Helene, 1992), detalha-se:

- Toda medida tomada no que concerne o projeto com o objetivo de aumentar a proteção e a durabilidade implica em um custo determinado 1;
- Toda decisão tomada durante a execução para as mesmas melhorias implica em um custo 5 vezes superior ao custo em projeto;
- Toda atitude tomada a fim de realizar manutenção preventiva implica em custo 25 vezes superior ao custo de projeto; e,
- Toda manutenção corretiva implica em custo 125 vezes superior ao de projeto.

Esses marcos são apresentados na Figura 1 abaixo:

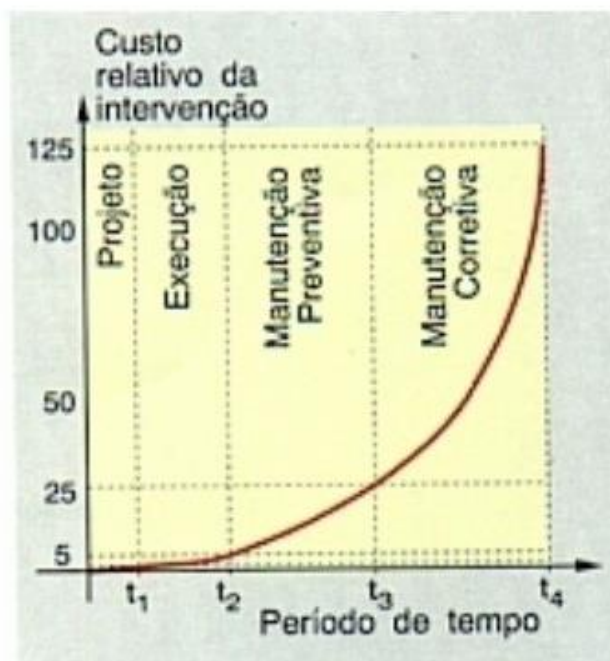


Figura 1 – Gráfico da Lei de Sitter (SITTER, apud HELENE, 1992)

¹ SITTER,

Considerando o apresentado na Figura 1 acima, a redução de custos deve iniciar na fase de projeto, com a correta especificação dos materiais a serem aplicados, planejando reduzir o custo de manutenção e reparos de fachadas, dado que os prazos entre manutenção poderão ser estendidos.

O apresentado por Sitter na Figura 1 embasa o trabalho atual, dado que a redução de custos pós obra é a justificativa econômica deste trabalho.

1.4.3. Justificativas sociais

A ocorrência de manifestações patológicas nas fachadas implica no desconforto dos usuários e transeuntes, visto que as edificações ficam visualmente prejudicadas e desvalorizadas.

Em casos mais extremos, em que as manifestações patológicas atingem o interior das unidades privativas, a presença de umidade e bolor causam, além de desconforto, prejuízos à saúde dos moradores.

A fim de se evitar essas implicações sociais é que foi desenvolvido o presente estudo.

1.4.4. Justificativas ecológicas

A questão ambiental é um assunto bastante tratado nos dias atuais e, acredita-se que uma melhoria dos processos construtivos acarretaria em redução do consumo de materiais cimentícios para o reparo de fachadas. Essa é uma medida importante devido à complexidade e aos impactos ambientais da fabricação do cimento, produção essa que requer muita energia e água.

Apesar do processo de fabricação produzir poucos resíduos sólidos diretamente, já que as cinzas provenientes da queima dos combustíveis no forno rotativo são normalmente incorporadas no próprio clínquer, há uma alta emissão de poluentes

gasosos e material particulado e, a diminuição desses poluentes emitidos na natureza justificaria ecologicamente o emprego do produto em estudo, caso seja bem sucedido.

Na sequência serão apresentados os procedimentos metodológicos que foram desenvolvidos para o estudo proposto.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No presente trabalho foi utilizado como procedimento metodológico o programa experimental com o seguinte escopo

- Execução de 03 (três) painéis com dimensão 1m (largura) x 1m (altura), sendo:
 - 01 (um) painel apenas com revestimento argamassado – painel de referência;
 - 02 (dois) painéis de revestimento argamassado e cada um recebeu a aplicação de diferentes hidrofugantes;
 - Cada painel de revestimento argamassado que recebeu a aplicação do hidrofugante foi dividido ao meio. Uma metade recebeu o hidrofugante misturado a argamassa e a outra metade recebeu o hidrofugante na forma de pintura sobre a superfície;
- Foi definido o traço de argamassa de chapisco e emboço;
- Foi executada a colagem de pastilhas no trecho superior do painel;
- Foi realizado o ensaio de resistência de aderência à tração do revestimento aplicado no painel;
- Análise de resultados.

Segue-se a apresentação do trabalho em capítulos e um breve comentário dos conteúdos de cada capítulo.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Este item visa abordar uma visão geral do trabalho que está dividido em 05 (cinco) capítulos e os assuntos abordados em cada capítulo.

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** traz a fundamentação teórica, e discorre sobre o revestimento argamassado e suas camadas (base, chapisco, emboço e acabamento final) sobre os tipos de hidrofugantes (silanos, siloxanos, siliconato e silanos/siloxanos), sobre o revestimento cerâmico e sua aplicação nas fachadas das construções e também sobre os ensaios que foram realizados neste trabalho (ensaio de determinação de resistência à tração).

O **Capítulo 3** trata do programa experimental utilizado para o presente trabalho. Nesse capítulo são relatados os meios de execução do painel, o qual foi usado para realização dos ensaios de resistência à tração.

O **Capítulo 4** discorre sobre a análise dos resultados deste estudo com base no teste de arrancamento.

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

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No capítulo anterior foi apresentada uma introdução sobre o que será abordado no presente trabalho. Neste capítulo, serão fundamentados de forma teórica, os materiais e métodos que foram empregados no programa experimental.

2.1. REVESTIMENTO ARGAMASSADO

Segundo Bauer *et al.* (2015), os revestimentos exercem papel importante de regularização, impermeabilização, proteções contra intempéries e melhoria das condições termo acústicas nos ambientes.

O revestimento argamassado pode ser entendido como o subsistema que recobre a superfície de concreto ou alvenaria e, ao mesmo tempo, cria um substrato adequado para receber o acabamento final (pintura, cerâmica, pastilha etc.) (NBR 13755).

Ainda segundo a NBR 13755, os revestimentos em argamassa são geralmente compostos por três camadas superpostas, contínuas e uniformes: chapisco, emboço (massa grossa) e reboco (massa fina), conforme Figura 2 a seguir.

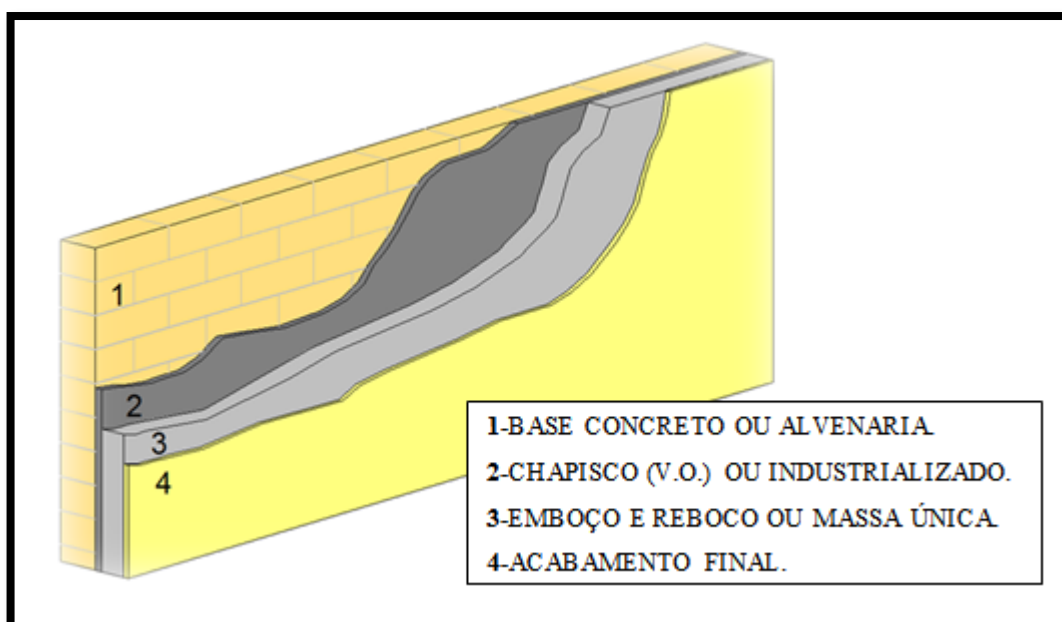


Figura 2. Camadas que compõem um revestimento

Chapisco:

É a etapa de preparo da base com o objetivo de torná-la mais rugosa e homogênea à absorção de água. O chapisco facilita a ancoragem do emboço e, por isso, requer uma argamassa de alta resistência mecânica. Há três tipos de chapisco mais usuais:

- Convencional:

Consiste no lançamento vigoroso de uma argamassa fluida sobre a base com uma colher de pedreiro. A textura final é rugosa, aderente e resistente. Pode ser aplicado por projeção em fachadas.

- Industrializado:

Usualmente aplicado sobre a estrutura de concreto. Esse tipo de chapisco é feito com argamassa industrializada. É colocado com desempenadeira denteada.

- Rolado:

Usa argamassa fluida obtida pela mistura de cimento e areia com adição de água e aditivo. Pode ser aplicado tanto na estrutura como na alvenaria com rolo para textura acrílica. É mais comumente aplicado em revestimentos internos.

Emboço:

Também conhecido como massa grossa, o emboço é a camada de argamassa aplicada após o chapisco e deve ter espessura entre 4,0 e 5,0cm. Caso essa camada requeira espessuras maiores, detalhes especiais de reforços precisam ser contemplados, e o uso de telas metálicas bastante comuns para esse fim.

Reboco:

Também chamado de massa fina, é a camada final que torna a textura da parede mais lisa para receber pintura. Pode ser substituído pela aplicação de massa corrida. É aplicado com desempenadeira em movimentos circulares.

Massa única ou emboço paulista:

Camada de argamassa única aplicada sobre o chapisco, cumprindo as funções de emboço e reboco.

Cada camada tem uma função, conforme descrito acima, requer cuidados específicos com relação ao traço e à forma de execução, dado que as argamassas são obtidas a partir da mistura de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água, podendo conter aditivos, fibras e adições. O resultado final desse conjunto de matérias-primas é que definirá o comportamento do produto final. Quanto à forma de preparo, as argamassas podem ser preparadas em obra ou industrializadas.

As argamassas tradicionais (preparadas em obra) podem ser:

- De cimento (aglomerante hidráulico) – chapisco;
- De cal (aglomerante aéreo) – reboco interno; e,
- Misturas (de cimento e cal) – assentamento e revestimento.

OBS.: A essas argamassas poderão ser adicionados aditivos (retentores de água, incorporadores de ar, polímeros adesivos, etc) ou adições (fibras, pozolanas, filler, etc).

Já as argamassas industrializadas (pré-dosadas) são produzidas em plantas industriais, fora do canteiro de obra e podem ser classificadas em:

- Argamassas secas;
- Argamassas úmidas.

Além dos cuidados na composição da argamassa, a sua espessura também precisa ser verificada constantemente nas obras, visto que algumas vezes tais revestimentos são utilizados para o preenchimento de grandes desvios estruturais. Nesses casos, ainda que se cumpra a função de enchimento, grandes camadas de argamassa geram manifestações patológicas como fissuras e deslocamentos (Maranhão *et al.*, 2007).

No outro extremo, revestimentos de baixa espessura podem apresentar baixo desempenho com relação aos itens de isolamento e estanqueidade. Além disso, essa

baixa espessura pode resultar em manchas/marcações na fachada, onde há o mapeamento da estrutura de concreto e/ou blocos de alvenaria.

Para os painéis teste executados neste estudo foi utilizado revestimento argamassado do tipo Massa Única.

Na seção seguinte serão descritos os hidrofugantes e as propriedades deles.

2.2. HIDROFUGANTE

De acordo com Maranhão *et al.* (2007), os hidrofugantes, apresentam tensão superficial inferior à da água e, por esse motivo, apresentam características hidrofóbicas.

O que determina as propriedades hidrofugantes de um material é seu comportamento hidrofóbico, caracterizado por ângulos de contato e, quanto menor for a tensão superficial do polímero, maior é o ângulo de contato, conforme mostra a Figura 3.

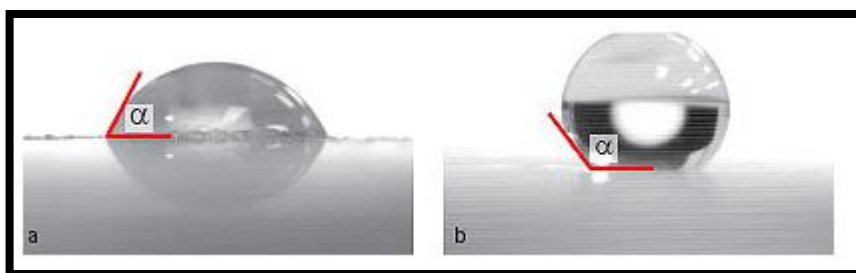


Figura 3. Ângulo de contato da água na superfície de material sem tratamento (a) e após o tratamento com um hidrofugante (MARANHÃO; LOH, 2007)

Sendo assim, segundo Maranhão (2007), podem-se definir os hidrofugantes como produtos destinados a repelir água por meio da redução do ângulo de molhagem dos poros de um determinado substrato, podendo ser adicionados às argamassas ou alvenarias ou aplicados sobre elas.

Os hidrofugantes de uso mais comum na construção civil para a redução da penetração de água são à base de silicone. Eles possuem uma baixa tensão superficial (inferior a 24 mN/m) e conseguem recobrir a superfície dos poros do substrato sem formar película.

Segundo Maranhão (2007), comercialmente, encontram-se hidrofugantes à base de silicone (silanos, siloxanos, siliconatos e mistura de silanos/siloxanos), caracterizados conforme abaixo.

Silanos: esse tipo de material caracteriza-se por ser transparente, não formar filme, possuir baixa viscosidade e o menor tamanho de molécula entre os derivados de silicone (entre 10 e 25 Å). Um ponto negativo desses produtos é que os grupos alcóxi existentes volatizam durante a aplicação, fazendo com que uma importante parcela do material não seja aproveitada (em torno de 40% de sua massa inicial).

Siloxanos: comparativamente aos silanos, possuem uma energia superficial cerca de 10% inferior, uma maior reatividade e um menor tempo para formação da superfície hidrofóbica.

Siliconato: produtos provenientes da adição de um metal alcalino a uma solução de silano com o objetivo de aumentar a estabilidade, solubilidade e baratear o seu custo final. Os mais comuns no Brasil são os metilsiliconatos. Caracterizam-se por promover uma hidrorrepelência intermediária e serem à base de água e por reagirem de maneira lenta em substratos alcalinos - como os materiais cimentícios - causam manchas se aplicados sobre substratos úmidos.

Silanos/siloxanos: produto proveniente pela mistura desses dois tipos de hidrofugantes.

Com relação aos meios de utilização, os hidrofugantes podem ser aplicados como uma adição à mistura ou como tratamento superficial. O mais tradicional é o Siloxano, pois não altera de maneira radical os métodos construtivos empregados, não apresenta aumento de custos vultosos e possui um histórico de aplicação compatível com diversos tipos de materiais. Esse método pode ser aplicado por pintura, spray, gel ou creme para os materiais já em uso, e por imersão quando os produtos ainda se encontram em unidades industriais, como no caso de telhas cerâmicas e pré-moldados;

para todos esses métodos, quanto maior o tempo de contato entre o produto hidrofugante e o substrato, maior o efeito.

2.2.1. Nanotecnologia

De acordo com Longo (2004), nanotecnologia pode ser definida a capacidade de manipular, criar e explorar materiais em escala nanométrica, sendo um nanômetro equivalente a um metro dividido por um bilhão ou seja, 1 nm é igual a 10^{-9} m.

Segundo Soares (2003), na construção civil os principais estudos para uso da nanotecnologia atualmente são para melhoria das características dos concretos e argamassas.

Em relação às argamassas Soares (2003) cita que as melhorias buscadas são no desempenho mecânico, físico e químico, na condição da superfície no que tange ao desgaste dos materiais e, na melhoria do desempenho termo acústico das edificações.

2.3. REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS E SUA APLICAÇÃO

De acordo com a NBR 13818, a opção pelo revestimento cerâmico em fachadas deve levar em consideração cuidados como a avaliação das deformações previstas para a estrutura, condições climáticas do local da obra, definição da localização das juntas de revestimentos e demais detalhes construtivos, os quais necessitam ser detalhados em um projeto de revestimento de fachada.

Para a especificação do revestimento cerâmico em uma fachada, as placas cerâmicas devem atender a ABNT NBR 13818 e devem estar secas por ocasião do seu assentamento, ter EPU (expansão por umidade) limitada ao valor máximo de 0,6mm/m e devem ser classificadas (lote, tonalidade, acabamento etc.) de acordo com o especificado nas embalagens. A Figura 4 a seguir mostra o esquema do revestimento cerâmico a ser aplicado sobre a base.

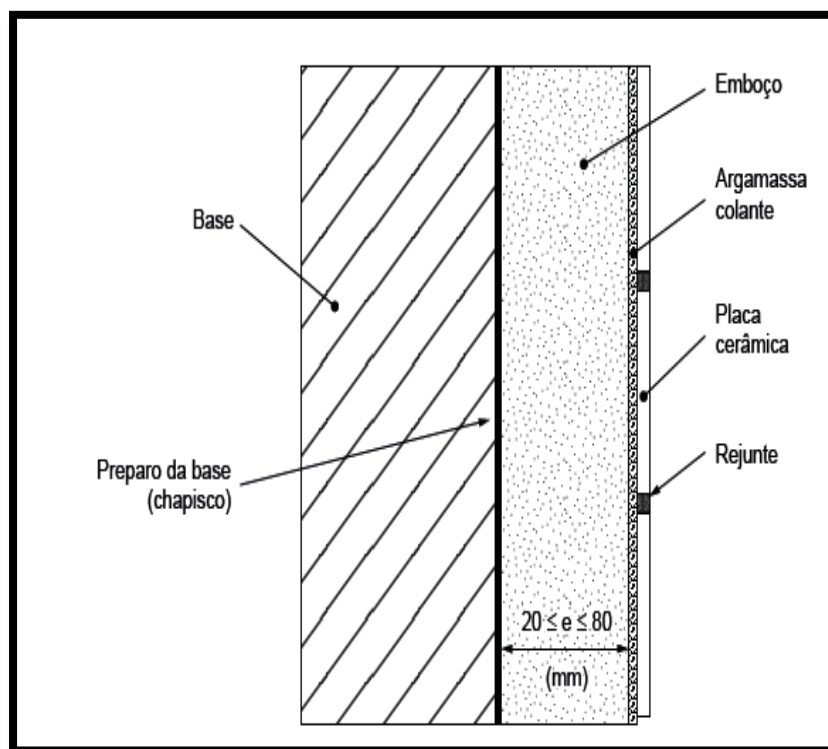


Figura 4. Revestimento cerâmico a ser aplicado sobre a base (ABNT NBR 13755)

Para a aplicação do revestimento cerâmico na fachada, conforme recomendações da ABNT NBR 13755, a camada de emboço deve possuir acabamento final com resistência mecânica determinada por ensaio de resistência de aderência à tração, além de estar limpa, isenta de materiais estranhos, seca, concluída há pelo menos 14 dias, apresentar temperatura entre 5°C e 30°C (com temperatura superior a 30°C recomenda-se umedecer o emboço), não apresentar fissuras, som cavo, estar alinhada e aprumada em suas quinas e nos elementos construtivos, apresentar caimentos, abertura de requadros e estar com juntas, frisos e outros detalhes que se mostrem necessários e com tratamentos concluídos. Vale ressaltar que as pastilhas devem atender aos mesmos itens indicados para as placas cerâmicas.

De acordo com a NBR 14081, para o assentamento de placas cerâmicas ou pastilhas em fachadas, a argamassa colante deve ser, no mínimo, do tipo AC III.

A argamassa necessita ser preparada em um recipiente limpo, estanque, protegido do sol, vento e chuva, com a adição de água ao pó até obter uma consistência

pastosa e firme, sem grumos. A mistura mecânica é obrigatória e, o tempo de descanso e uso da argamassa, precisa seguir a recomendação do fabricante.

A NBR 13755 indica que:

- Para o assentamento das placas cerâmicas não é necessário umedecer a superfície de assentamento

- O tardoz (verso da placa cerâmica) necessita estar limpo para a aplicação da argamassa colante. Para essa aplicação, precisa-se de uma desempenadeira de aço denteada de 8 mm para cerâmicas e de 6mm para pastilhas. A desempenadeira de aço tem por objetivo proporcionar uma camada regular e de espessura uniforme para o assentamento das placas;

- O tempo em aberto real da argamassa colante, que é o intervalo de tempo no qual uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta pode variar, dependendo das condições atmosféricas. Esse tempo deve ser verificado no local da obra para evitar que seja ultrapassado e vir a causar problemas futuros de deslocamento do revestimento cerâmico;

- Para o assentamento das placas, é essencial estender a argamassa com o lado liso da desempenadeira contra o emboço, formando uma camada lisa. Em seguida, aplicar o lado denteado, formando cordões. O mesmo pode ser feito no verso das placas cerâmicas para maior fixação. Em seguida, aplicar a placa sobre os cordões e fazer o ajuste com martelo de borracha para o preenchimento completo do tardoz. Na sequência, limpar o excesso das juntas de assentamento para recebimento do material de rejuntamento;

- Antes do início do rejuntamento, recomenda-se que seja verificada a ocorrência de som cavo por meio de percussão ou o surgimento de placas soltas. Caso ocorrer, a placa deverá ser removida e reassentada;

- O rejuntamento deve ser iniciado no mínimo três dias após o assentamento das placas e as juntas não podem estar encharcadas. Precisam estar limpas e seguir as recomendações do fabricante. A argamassa de rejuntamento tem que aplicada em excesso com uma desempenadeira de borracha, preenchendo completamente as juntas

e, o excesso aparente, deverá ser removido. Todas as juntas do revestimento precisam ser preenchidas para evitar a infiltração de água e danos ao revestimento.

Na seção seguinte será abordado o conceito do ensaio de determinação da resistência de aderência à tração do revestimento em estudo e o procedimento para a obtenção dos resultados.

2.4. ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

O ensaio de determinação da resistência de aderência à tração determina o valor da tensão de aderência máxima que o revestimento em estudo suporta e possibilita a verificação da interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, camada de ligação, revestimento), assim como qual a interface do revestimento que apresenta menor resistência às tensões atuantes.

A resistência de aderência à tração (R_a) de um revestimento cerâmico é definida de acordo com a NBR 13755 como sendo:

Determinação da tensão de aderência de um revestimento cerâmico pela aplicação de uma força de tração simples normal, aplicada em uma pastilha metálica colada no corpo-de-prova, força está aplicada a uma determinada velocidade.

Ainda de acordo com a NBR 13755, para realização dos ensaios de definição de resistência à tração de revestimento cerâmico, é fundamental realizar as seguintes etapas:

- **Preparo das pastilhas:** Após limpeza da superfície, é colada uma pastilha de seção quadrada de 50 mm de lado com resina epóxi, poliéster ou similar. A pastilha deve dispor de acoplamento para equipamento de tração e, caso a placa cerâmica tenha os lados com dimensão de 50 mm, ela poderá ser utilizada como o próprio corpo-de-prova após a remoção do rejuntamento.

- **Corte:** Com um dispositivo elétrico dotado de disco de corte, são feitos os cortes no entorno das pastilhas para retirada do corpo de prova. Ao todo, são feitos cortes para a retirada de 06 corpos de prova distribuídos de forma aleatória, contemplando juntas e blocos.

- **Arrancamento:** Para o ensaio é necessário acoplar o equipamento de tração à pastilha metálica e aplicar a carga de maneira lenta e progressiva, sem interrupções, com velocidade de carregamento de (250 ± 50) N/s. As pastilhas são então arrancadas e seus resultados registrados.

- **Análise das Amostras:** Por fim, as amostras são analisadas e é calculada a resistência de aderência à tração de cada corpo de prova (R_a) em MPa e analisada a forma de ruptura de cada um deles, identificada na Figura 5 a seguir.

Assim, a forma de ruptura pode ser identificada como:

- a) ruptura no interior da base;
- b) ruptura na interface chapisco/base;
- c) ruptura do chapisco;
- d) ruptura na interface chapisco/emboço;
- e) ruptura no interior do emboço;
- f) ruptura na interface argamassa colante/emboço;
- g) ruptura no interior da argamassa colante;
- h) ruptura na interface argamassa colante/placa cerâmica;
- i) ruptura na interface cola/placa cerâmica;
- j) ruptura na interface cola/pastilha metálica.

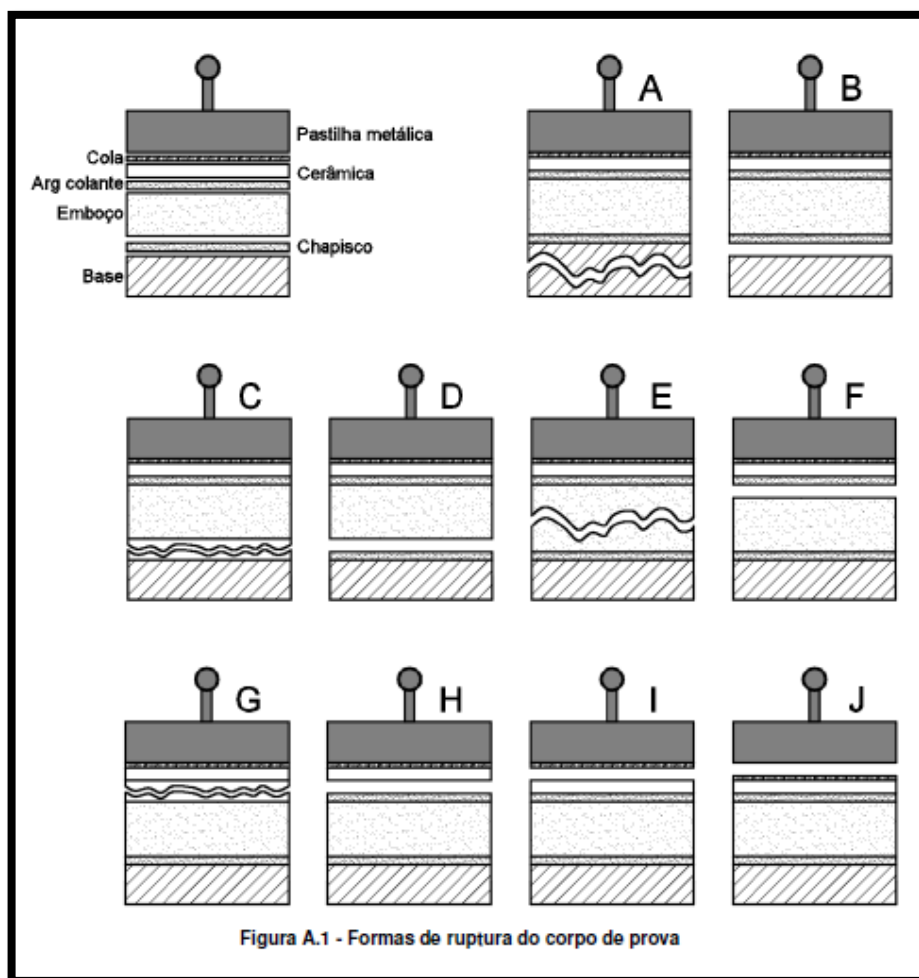


Figura A.1 - Formas de ruptura do corpo de prova

Figura 5. Formas de Ruptura (NBR 13755)

Quanto aos valores resultantes do ensaio, esses deverão estar registrados em ficha de ensaio (Figura 7) e, para aprovação do painel, devem respeitar o constante na Figura 6 abaixo:

Tabela 2 - Resistência de aderência: requisitos e critérios de aceitação do sistema de revestimento			
Ensaio	Amostragem	Resultado do ensaio (MPa)	Comentários
Resistência superficial	12 CP's a cada 500m ²	Pelo menos 8 CP's $\geq 0,5$	Aprovado
		$0,3 \leq 8 \text{ CP's} < 0,5$	Consultar projetista
		Menos de 8 CP's $\geq 0,3$	Reprovado
Aderência das placas ao emboço	6 CP's a cada 500 m ²	Pelo menos 4 CP's $\geq 0,3$	Aprovado
		Menos de 4 CP's $\geq 0,3$	Reprovado

Figura 6. Limites de Resistência de Aderência à Tração (Ra) (NBR 13755).

Tabela A.1 - Planilha para expressão dos resultados dos ensaios														
NBR 13755 - Determinação da resistência de aderência à tração														
Nº	Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura (%)									
	Lado (mm)				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	L1	L2			Área (mm²)	Base	Base/chap	Chapisco	Chapisco/ emboço	Emboço	Emboço/ arg colante	Arg. colante	Arg col/ cerâmica	Cerâmica/ cola
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
Notas 1. Área (mm²): L1 x L2 2. Carga de ruptura: carga lida no aparelho, em N 3. Tensão (MPa): carga (N) / área (mm²) 4. A ruptura ocorrida conforme os itens i) e j) indica falha na colagem da pastilha. O resultado não foi determinado e um novo CP deve ser providenciado. A resistência obtida pela ruptura da cola não pode ser utilizada como resistência mínima para o CP em teste														
Observações														

Figura 7. Ficha de Ensaio (NBR 13755)

Desta forma, são feitos todos os arrancamentos necessários de acordo com a área em estudo, analisando cada amostra conforme a forma de ruptura, e procedendo-se o cálculo de resistência de aderência à tração das amostras. Com esses valores em planilha, procede-se a análise dos resultados para a tomada de decisão sobre o comportamento do revestimento.

No próximo capítulo será descrito o programa experimental do presente trabalho.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

No capítulo anterior, os materiais e método de ensaio utilizado foram fundamentados de forma teórica. Neste capítulo, será descrita a execução do programa experimental em estudo, mostrando de forma sistemática as etapas e os procedimentos adotados para alcançar os resultados do estudo em questão.

3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO TRABALHO

O programa experimental foi dividido em 5 etapas conforme se observa na Figura abaixo. Em resumo, na etapa 1 foi realizada a execução dos painéis; na 2 fez-se a dosagem da argamassa; na 3 foi feita a aplicação das pastilhas cerâmicas sobre os painéis; na 4 realizou-se o teste de resistência de aderência à tração do revestimento e na etapa 5 efetivou-se a análise dos resultados.

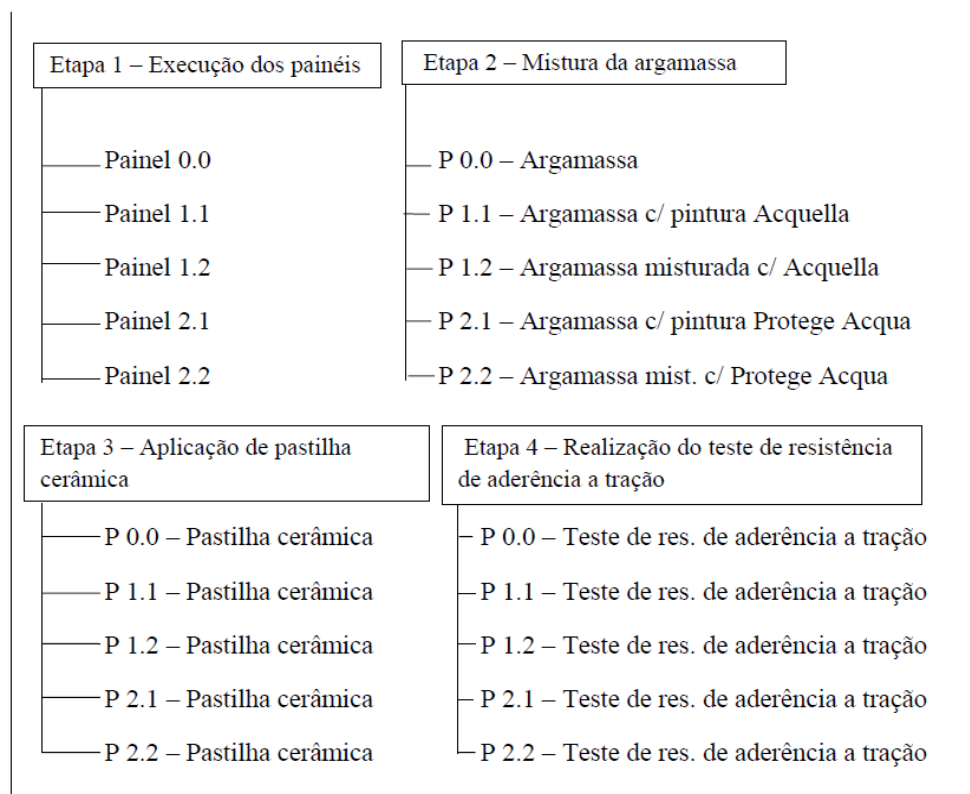


Figura 8. Sistematização do trabalho (continua)

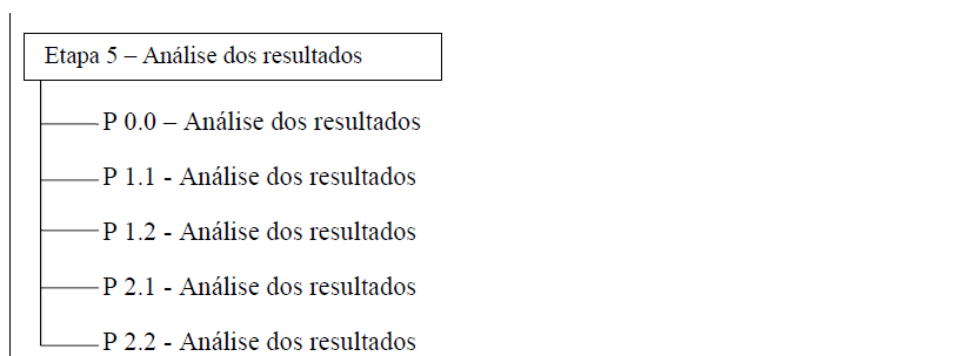


Figura 8. Sistematização do trabalho

Nessa seção do trabalho será apresentado o processo de execução das etapas.

Em uma parede de alvenaria foram executados 03 (três) painéis de revestimento argamassado com dimensão 1,0m x 1,0m como demonstrado na Figura 9, sendo:

- Painel 00: conterá apenas revestimento argamassado – painel de referência sem uso de nenhum tipo de hidrofugante;
- Painel 01: Este painel foi dividido em 02 (dois) trechos. O painel 1.1, composto de revestimento argamassado e tratamento superficial com hidrofugante Silano-Siloxano da marca Vedacit, chamado Silicone Acquilla aplicado com pincel em duas demãos e, o painel 1.2, composto de revestimento argamassado com o mesmo hidrofugante Silano-Siloxano, aplicado como parte da composição amolentando a argamassa de revestimento em composição 1:2;
- Painel 02: Este painel foi dividido em 02 (dois) trechos. O painel 2.1, composto de revestimento argamassado e tratamento superficial com um produto à base de siliconatos e puro silano (nanotecnologia) em base aquosa da marca Crystalcor, chamado Protege Acqua, aplicado com rolo e, o painel 2.2, composto de revestimento argamassado com o mesmo produto como parte da composição amolentando a argamassa de revestimento em composição 1:2;

No caso em estudo, foram usados como testes dois produtos hidrofugantes que têm a função de proteger a superfície de paredes e fachadas contra a ação da água e umidade, tornando as superfícies impermeáveis por hidrofugação.

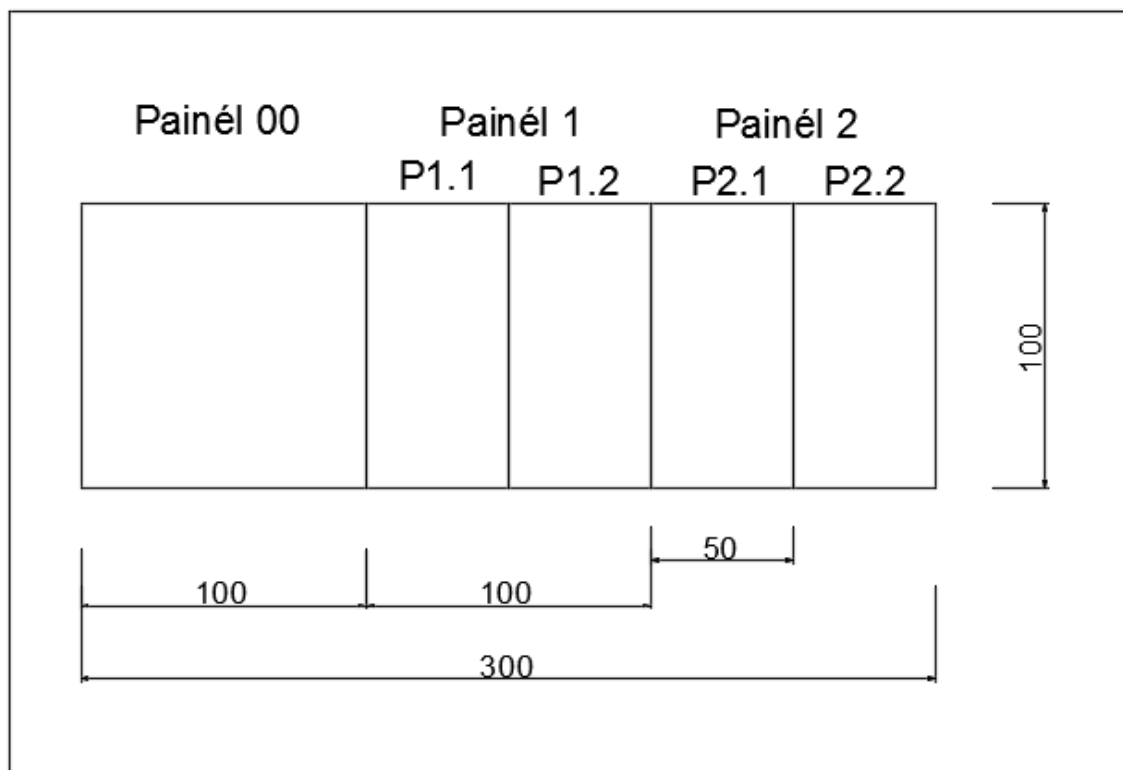


Figura 9. Esquema de disposição do painel

Na sequência do presente estudo, todos os painéis receberam a aplicação de pastilhas cerâmicas fixadas com argamassa colante. Deve-se lembrar que os painéis ficaram expostos às intempéries, recebendo a ação do sol e da chuva, simulando dessa forma uma parede de fachada de edifício.

Na próxima etapa, foi realizado o teste de resistência de aderência à tração no revestimento com a respectiva análise dos resultados e planilhamento deles.

Dessa forma, com os resultados obtidos nos testes utilizando os diferentes tipos de hidrofugantes.

Na seção seguinte serão demonstrados os cuidados tomados na execução do chapisco e argamassa de reboco para a composição dos painéis, bem como os materiais empregados e as aplicações deles.

3.2. CHAPISCO E ARGAMASSA (MASSA ÚNICA) PARA COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS

Os painéis foram executados sobre alvenaria (bloco 9,5 x 30 x 19cm) e receberam chapisco virado em obra e massa única.

Os materiais aplicados na composição dos painéis serão descritos a seguir.

3.2.1. Materiais aplicados nesta etapa

Nesta etapa foi realizada a aplicação do chapisco e da massa única sobre o painel. Os materiais que foram compostos serão descritos a seguir.

3.2.1.1. Cimento CP II F – Cimento Portland composto com Filer

O cimento Portland composto com Filer tem diversas possibilidades de aplicação e suas propriedades atendem desde concretagem de estruturas em concreto armado até argamassas para assentamento e revestimento.

O cimento utilizado foi da marca Votorantim Cimentos, com fabricação em julho/2016 e os resultados dos ensaios atendem aos requisitos de Norma (NBR 11578), destacando-se:

- Teor de Filer médio de 4,92%;
- Tempo de Início de Pega médio de 227,86 min e Tempo de Fim de Pega médio de 291,43 min;
- Resistência média à compressão aos 28 dias 49,85MPa.

A Ficha técnica completa encontra-se no ANEXO C.

Como o ambiente a ser utilizado neste experimento não se enquadra como agressivo, essa foi a opção de cimento escolhida para composição do chapisco e massa única (emboço e reboco em mesma camada, também chamado de massa paulista).

3.2.1.2. Resina Sintética

A resina sintética escolhida para composição do chapisco foi da marca BIANCO, resina sintética de alto desempenho que melhora a aderência das argamassas aos mais diversos substratos.

Das características químicas do Bianco destacam-se:

- Densidade: 1,02 g/cm³;
- Aparência: Líquido Branco (a), Isento de cloretos;
- Composição básica: Copolímero vinílico.

A resina foi utilizada pois confere maior plasticidade, aumenta a impermeabilidade e evita a retração das argamassas.

Tal produto foi utilizado no chapisco, a fim de melhorar a aderência dele à base. A diluição do produto ocorreu conforme especificado pelo fabricante, em traço 1:2.

3.2.1.3. Cal Hidratada (CH)

A cal hidratada é composta por hidróxidos de cálcio e magnésio e é classificada como um aglomerante especial, comumente utilizada na composição da massa única, permitindo assim o aumento da plasticidade da argamassa e melhor trabalhabilidade.

A cal não é encontrada pronta na natureza. Sua produção começa com a extração de rochas calcárias que são britadas (reduzidas de tamanho) e levadas a um forno (calcinação), onde a cal é originada.

A cal originada durante a produção não está pronta para uso, e é denominada cal virgem.

A cal virgem é originada na forma de pequenas pedras que ainda precisam passar por mais uma etapa (moagem) para se transformar em um pó fino que poderá ser ensacado.

Para ser convertida em cal hidratada, a cal virgem precisa passar por uma etapa de hidratação.

A cal hidratada é classificada em CH1, CH2 e CH3. As diferenças entre elas são principalmente a pureza e a granulometria. A CH1 é a mais nobre e a CH3 a mais pobre.

No desenvolvimento da massa única desse experimento foi utilizada a classificação de cal hidratada CHIII, da marca Pinocal produzida em julho/2016, cuja composição pode-se verificar na ficha técnica, Figura 10.



PINOCAL
INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE CAL LTDA.

CERTIFICADO DE ANÁLISE Nº

9990

INFORMAÇÕES DA AMOSTRA			
Material:	CH-III	Lote:	07/jul Nota fiscal: nd
Data de fabricação:	07/07/2016	Data da coleta:	07/07/2016
Identificação adicional:	nd		

OBJETIVO
Avaliar os parâmetros máximos e mínimos para este material de acordo com normas vigentes (ABNT), a fim de verificar o enquadramento dos parâmetros nas especificações das normas, programa de qualidade APDC e/ou solicitações de clientes.

RESULTADOS		
Parâmetro	Unidade	Valor
Perda ao Fogo (PF)	%	24,0
Resíduo Insolúvel (RI+SiO ₂)	%	3,0
Óxido de Cálcio (CaO)	%	42,0
Óxido de Magnésio (MgO)	%	31,0
Óxidos totais não voláteis (CaO + MgO mv)	%	96,1
Carbonato Residual (CO ₃ t)	%	nd
Anidrido Carbônico (CO ₂)	%	2,0
Óxidos totais não hidratados	%	10,1
Oxido de Cálcio disponível (CaO disp.)	%	nd
Enxofre (S)	%	nd
Fósforo (P)	%	nd
Umidade (U _m)	%	0,0
Sedimentação Média 3 horas	%	nd
Granulometria #30 (0,60mm)	%	0,0
Granulometria #200 (0,75mm)	%	11,4

Ensaios Terceirizados	Laboratório	Laudo nº	Valor
Dioxinas e Furanos	nd	nd	nd
Chumbo	nd	nd	nd
Ferro	nd	nd	nd
Arsênio	nd	nd	nd
Cádmio	nd	nd	nd
Cobre	nd	nd	nd
Mercurio	nd	nd	nd

Considerações gerais:			
Legenda:	nd = não determinado	al d = abaixo do limite de detecção	na = não se aplica
Validade do material: 1 ano a partir da data de fabricação			
Classificação do material: ND			

Versão 10 de 01/01/2014

Data de emissão: 28/07/2016 16:49

Fabiola A. Schramm Ferraz
Técnica Química
CRQ 09401604 – 9ª Rg. / PR

Rua João Toniolo, 550 - Ribeirão das Onças - CEP 83415-190 - Colombo - PR
Fone/Fax (41) 3656-3031 Site: www.pinocal.com.br e-mail: pinocal@pinocal.com.br

Figura 10. Ficha Técnica da Cal CH3.

3.2.1.4. Areia Média

A areia utilizada na composição do chapisco e da massa única foi a areia média ensacada (sacos de 20kg) da marca Briforte, produzida em agosto/2016.

A curva granulométrica da areia, conforme fabricante é a que consta nas Figuras 11 e 12 abaixo:

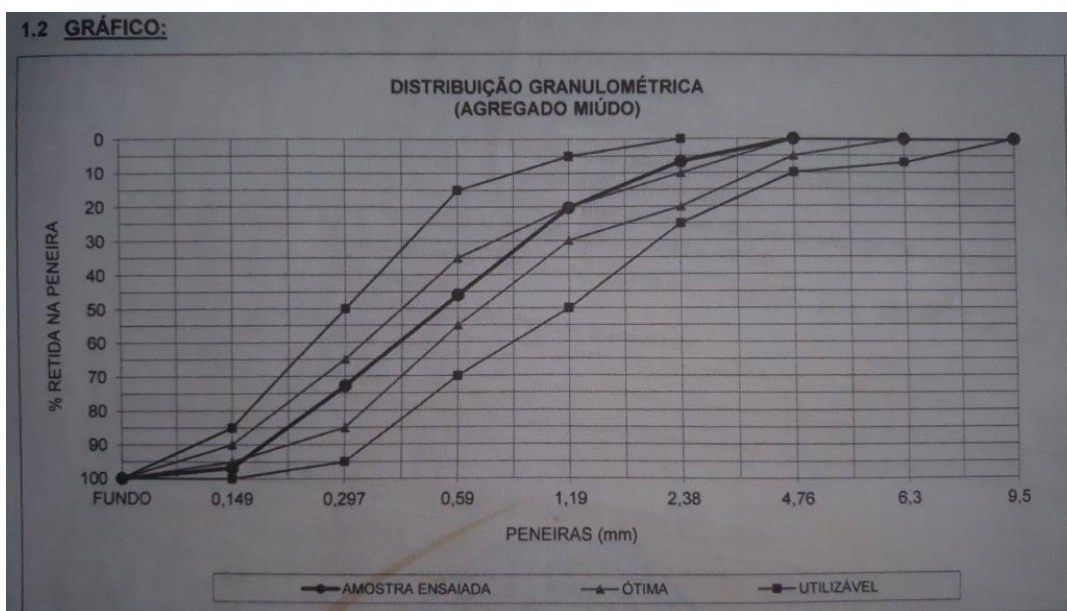


Figura 11. Curva Granulométrica da Areia.

1. RESULTADOS:

1.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (NM-248):

PENEIRAS		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	MÉDIA	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	MÉDIA	MÉDIA
ASTM	mm	RETIDA (g)	RETIDA (g)	RETIDA (g)	% RETIDA	% RETIDA	% RETIDA	% ACUM.
3/8	9,5	0	0	0	0	0	0	0
1/4	6,3	0	0	0	0	0	0	0
4	4,76	0	0	0	0	0	0	0
8	2,38	28	38	33	6	8	7	7
16	1,19	58	78	68	12	16	14	20
30	0,59	120	138	129	24	28	26	46
50	0,297	142	126	134	28	25	27	73
100	0,149	134	106	120	27	21	24	97
FUNDO		18	14	16	4	3	3	100
TOTAL		500	500	500	100	100	100	242

MÓDULO FINURA= 2,42
DIÂM. MÁXIMO= 4,76mm

Figura 12. Composição Granulométrica da Areia.

3.2.1.5. Hidrofugante Silicone Acquilla

Hidrofugante para fachadas à base de silicone, que tem por característica tornar as superfícies impermeáveis por hidrofugação impedindo assim a penetração de água e umidade.

Este produto trata-se de um silano siloxano, e o escolhido para ensaio foi o Acquilla da marca Vedacit.

3.2.1.6. Hidrofugante Protege Acqua

Este hidrofugante trata-se de um produto à base de siliconatos e puro silano (nanotecnologia) em base aquosa destinado à proteção das superfícies porosas contra a umidade.

De acordo com o Performance Econano, o Protege Acqua tem como características:

- Limitar a absorção da água pelos materiais sem impedir que esses respirem (continuam permeáveis ao ar e ao vapor de água).
- Não altera o aspecto nem a natureza do material tratado.
- Resistente aos raios UV, não permitindo que os materiais fiquem amarelados ao longo do tempo.
- Evita a deterioração ocorrida por conta dos ciclos de dilatação e retração da superfície.
- Impede o surgimento de eflorescências e preserva a aparência dos materiais por mais tempo.

Na próxima seção será descrita a aplicação desses materiais.

3.2.2. Aplicação dos Materiais

O chapisco aplicado foi indicado pela Revista Comunidade da Construção, no traço em volume 1:3 (Cimento Portland CP II- F: areia média) aditivado com adesivo Bianco amolentado em 1:2, conforme Figura 13, com espessura média de 5 mm

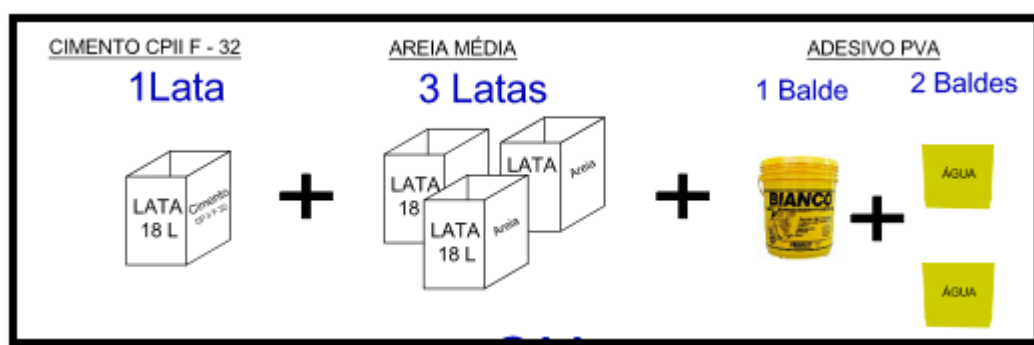


Figura 13. Composição chapisco

O traço da massa única foi indicado pela Revista Comunidade da Construção e foi executada em obra no traço 1:½:6, sendo:

1 = Cimento CP II-F;

½ = Cal Hidratada – CH;

6 = Areia Média Lavada.

3.2.3. Desenvolvimento do painel – Chapisco

Na execução do painel protótipo, todas as etapas envolvidas no processo foram acompanhadas e fotografadas. Neste item, as etapas de chapisco serão descritas e apresentadas por meio de fotografias numeradas entre Figuras 14 e 32.

O chapisco foi aplicado em 23/08/2016 sobre parede de alvenaria existente e foram respeitadas as seguintes etapas:

a) Escolha do local

A escolha do local foi feita segundo a necessidade de desenvolvimento de um painel em local de exposição constante às intempéries e, o local escolhido foi a gráfica Fotolaser, localizada na Rua João Chede, nº 1835 – bairro Cidade Industrial, Curitiba/PR, de acordo com Figura 14 a seguir.

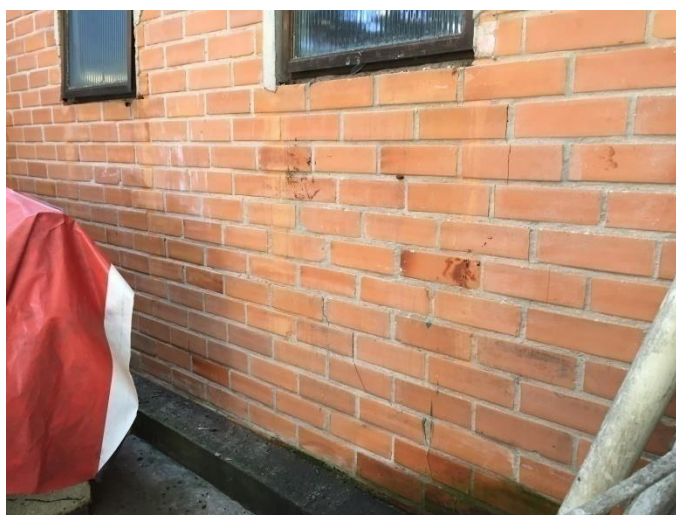


Figura 14 - Localização do Painel de testes

b) Limpeza e Saturação da Base

Previamente à aplicação do chapisco foram executadas a limpeza e a saturação (umedecimento) da base com o uso de vassoura (remoção de pó) e trincha úmida, conforme mostra a Figura 15 a seguir.



Figura 15. Limpeza e saturação de base

c) Preparo do Chapisco

O chapisco aplicado sobre alvenaria foi desenvolvido no traço em volume 1:3 (Cimento Portland CP II- F: areia média) aditivado com adesivo Bianco amolentado em 1:2.

A seguir seguem Figuras 16 e 17 do processo de execução do painel:



Figura 16. Chapisco em processo de mistura



Figura 17. Aplicação de chapisco com colher

Na próxima seção será descrito o procedimento de revestimento em argamassa do painel em estudo.

3.2.4. Desenvolvimento do Painel – Revestimento Argamassado

Na execução do painel protótipo todas as etapas envolvidas no processo foram acompanhadas e fotografadas. Neste item, as etapas de emboço (massa única) serão descritas e apresentadas por meio de fotografias, apresentadas como Figuras 18 a 21.

O revestimento argamassado (massa única) foi aplicado em 26/08/2016 sobre parede de alvenaria existente e foram respeitadas as seguintes etapas:

a) Teste de Resistência Superficial do Chapisco

A resistência superficial do chapisco foi testada a fim de verificar a qualidade do material e a mão de obra utilizada no processo.

O teste apresentou bom resultado, não ocorrendo descolamento do chapisco da base com o uso de espátula e havendo boa resistência ao riscamento, conforme mostra Figura 18.



Figura 18. Teste no chapisco com uso de espátula

b) Umedecimento / Saturação da Base

Previamente à aplicação da massa única foi realizada a saturação (umedecimento) do chapisco com o uso de trinchá úmida, como mostra a Figura 19.



Figura 19. Saturação/Umedecimento da Base

c) Preparo da Massa Única

O preparo da massa única foi desenvolvido em obra utilizando traço 1:½:6, sendo:

1 = Cimento CP II-F;

½ = Cal Hidratada;

6 = Areia Média Lavada.

Nas argamassas aplicadas sobre os painéis 1.2 e 2.2 (Figuras 19 a 21) foi adicionado à argamassa (traço acima) os materiais Acquella (painel 1.2) e Protege Acqua (painel 2.2) amolentando a argamassa em composição 1:2.



Figura 20. Aplicação da Massa Única nos painéis



Figura 21. Aplicação da Massa Única nos painéis

d) Tratamento Superficial dos Painéis 1.1 e 2.1

Nos painéis 1.1.e 2.1 a argamassa aplicada é a de traço 1:½:6 sem adições, e a superfície recebeu tratamento superficial hidrofugante em 02 demãos na data de 29/08/2016.



Figura 22. Aplicação de hidrofugante para tratamento superficial

Na sequência será descrito o procedimento de execução das pastilhas cerâmicas na fachada do painel.

3.3. EXECUÇÃO DE PASTILHAS CERÂMICAS SOBRE O PAINEL

As pastilhas cerâmicas aplicadas são teladas e tem dimensão 15x5 cm, são de fabricação da Strufaldi Cerâmicas e foram aplicadas com uso de argamassa AC III da Votorantim Cimentos e receberam acabamento final com rejunte marca Quartzolit, cor Pinheiro, após 72h da aplicação cerâmica.

3.3.1. Materiais aplicados nesta etapa

Nesta etapa foram realizadas as aplicações das cerâmicas e o rejuntamento dos painéis. Os materiais que foram compostos serão descritos a seguir.

3.3.1.1. Pastilha Strufaldi Cerâmicas

A pastilha escolhida para aplicação no painel foi a Telada Drop System Modelo Rhodes, Linha Mediterrâneo, conforme mostram Figuras 23 a 25 a seguir.

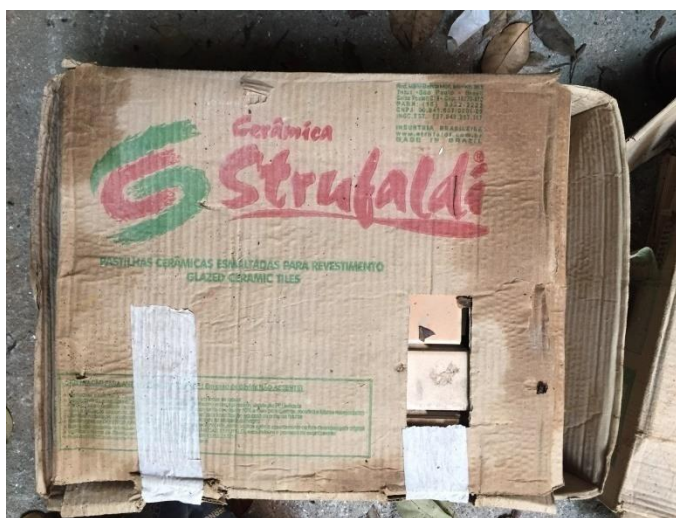


Figura 23. Pastilha cerâmica aplicada sobre os Painéis – Cerâmica Strufaldi: Telada Drop System Modelo Rhodes, Linha Mediterrâneo



Figura 24. Modelo de Cerâmica telada aplicada

As características da cerâmica Rhodes seguem listadas na Figura 25:

	Peça solta tradicional	Telado Drop System
Junta Mínima Recomendada	3 mm	5 mm
Espessura	6,80 ± 0,3 mm	6,80 ± 0,3 mm
Peso Líquido	18,0 Kg	18,0 Kg
Peso Bruto	18,2 kg	18,6 kg
Área de Cob. Assentada	1,27 m ²	1,42 m ²
Quantidade por Caixa	192 pçs	16 Placas (com 12 peças cada)
Tamanho Caixa	35 x 20,5 x 15,4 cm	39,0 x 32,0 x 12,5 cm
PEI	2	2

Figura 25. Características da cerâmica Rhodes

3.3.1.2. Argamassa Colante AC III

A argamassa adesiva colante é um produto industrializado composto de uma mistura pré-dosada pulverulenta no estado seco, fornecida em sacos.

A norma brasileira NBR 14.081 (ABNT, 1998a) denomina as argamassas adesivas de colantes, definindo-as como:

Produtos industrializados, no estado seco, compostos de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturados com a água, formam uma pasta viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento.

A Norma Brasileira de Argamassas Colantes (NBR 14081) classifica as argamassas colantes em AC I, AC II e AC III.

As argamassas colantes do tipo AC I são descritas como resistentes à solicitações típicas de revestimentos cerâmicos internos.

Já as argamassas do tipo AC II podem ser utilizadas no assentamento de revestimentos cerâmicos de pisos e paredes internos e externos.

As argamassas colantes do tipo AC III são desenvolvidas para resistir aos esforços de revestimentos cerâmicos e porcelanatos aplicados externamente.

Vale ressaltar que, para cada argamassa (AC I ou AC II ou AC III) há uma limitação de dimensão de peça e local de aplicação, sendo importante a consulta às fichas técnicas do fabricante escolhido.

A colagem com argamassa adesiva ocorre de duas formas principais:

- Ancoragem mecânica: depende da penetração da mistura nos poros e nos interstícios da placa cerâmica e do substrato;
- Ancoragem química: ocorre quando existem aditivos químicos (resinas) na argamassa.

No Brasil, as argamassas adesivas são classificadas em quatro tipos pela norma brasileira NBR 14081. A diferenciação básica considera o tempo em aberto e a capacidade de aderência como forma de classificação, conforme mostra a Figura 26 a seguir.

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

¹⁾ O ensaio de deslizamento não é necessário para argamassa utilizada em aplicações com revestimento horizontal.

Figura 26. Requisitos das Argamassas Colantes (NBR 14081)

Para a concepção do painel protótipo deste estudo foi utilizada a argamassa AC III cinza da Votorantim Cimentos.

Seguem abaixo resultados dos ensaios normativos:

VotoMassa Colante - AC III

Unidade Fabril:

Votorantim Cimentos S.A. - Rio Branco do Sul/PR

Laudo do Produto	
• Mês de referência	março/2017
• Classificação - ABNT/NBR 14081-4	AC III - Exterior
• Teor de água de Mistura	21,0 %
• Tempo em aberto aos 28 dias - 20 minutos / NBR 14081 - 3	1,6 MPa
• Resistência de aderência à tração aos 28 dias - NBR 14081 - 4	
- Cura ao Ar	1,86 MPa
- Cura submersa em água	1,17 MPa
- Cura em estufa	1,68 MPa
• Deslizamento - NBR 14081 - 5	0,58 mm


 Ana Cristina Cardoso
 Técnica de Controle de Qualidade - CQ


 Abilio Esteves Gatti Junior
 Gerente da Qualidade - CQ

Figura 27. Ficha Técnica Argamassa Colante AC III – Votorantim Cimentos.

3.3.1.3. Rejunte

O rejunte pode ser caracterizado como uma argamassa presente nas juntas do sistema / revestimento cerâmico, que possui a função de preenchimento das juntas resultantes de assentamento de peças cerâmicas.

Para cada tipo e finalidade de junta existe um tipo de argamassa recomendada, em função de quais características são desejáveis para o revestimento, tais

como: maior ou menor flexibilidade, retenção de água, uniformidade de textura, dureza, resistência a manchas, baixa absorção de água, aspecto visual e facilidade de limpeza.

As argamassas de rejuntamento podem ser à base de cimento Portland ou de produtos orgânicos, como silicone, poliuretano ou resinas.

O rejunte utilizado na execução do painel protótipo deste experimento é de base cimentícia, da Marca Quartzolit, conforme Figura 28 a seguir.



Figura 28. Rejunte aplicado

Na seção seguinte será descrito o procedimento de colagem das pastilhas cerâmicas nos painéis de estudo.

3.3.2. Desenvolvimento do Painel – Colagem de Cerâmica / Pastilhas

Na execução do painel protótipo todas as etapas envolvidas no processo foram acompanhadas e fotografadas. Neste item, as etapas de colagem das pastilhas cerâmicas serão descritas e apresentadas por meio das Figuras 29 a 32.

O revestimento cerâmico foi aplicado em 20/03/2017 sobre painel com revestimento argamassado executado e foram respeitadas as seguintes etapas:

a) Limpeza e remoção de impurezas da base

Foi realizada a limpeza da base com uso de vassoura seca.



Figura 29. Limpeza de revestimento argamassado

b) Preparo da argamassa colante AC III

Foi preparada a argamassa colante AC III respeitando o tempo de descanso dela antes da aplicação.



Figura 30. Argamassa colante ACIII

c) Aplicação de Argamassa Colante e Cerâmica sobre painéis

Foi feita a aplicação de cerâmica sobre o painel de revestimento argamassado com uso de argamassa colante AC III.



Figura 31. Aplicação de cerâmica



Figura 32. Aplicação de cerâmica

Na próxima seção será descrito o procedimento de rejuntamento das pastilhas cerâmicas aplicadas sobre o painel.

3.3.1. Desenvolvimento do Painel – Rejuntamento das Pastilhas

Na execução do painel protótipo todas as etapas envolvidas no processo foram acompanhadas e fotografadas. Neste item as etapas de rejuntamento das pastilhas cerâmicas serão descritas e apresentada na Figura 33.

O rejuntamento foi executado em 23/03/2017 sobre revestimento cerâmico e foram respeitadas as seguintes etapas:

a) Preparo e aplicação do rejunte

Foi realizado o preparo conforme especificado na embalagem e a aplicação do rejunte com aplicador plástico.



Figura 33. Aplicação de rejunte

b) Limpeza do painel

Foi executada a limpeza do revestimento cerâmico fazendo uso de esponja úmida.

3.3.2. Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

O ensaio de Resistência de Aderência à Tração foi realizado em 23/06/2017, utilizando-se o equipamento Proceq Dyna Z16, devidamente calibrado, conforme apresentado no ANEXO B.

Por tratar-se de ensaio sobre revestimento cerâmico os procedimentos adotados foram:

- Recorte com o uso de serra do tipo Makita nas dimensões 50x50mm;
- Limpeza a seco da base para remoção da poeira do corte;
- Colagem da pastilha quadrada utilizando-se a cola Epóxi Orbi-Pox;
- Após colagem, as pastilhas permaneceram 3h sem movimentação alguma até o momento do ensaio;
- Ensaio foi realizado extraindo-se 06 pastilhas de cada painel, totalizando 30 pastilhas.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

No capítulo anterior descreveu-se a forma de realização do programa experimental. Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos.

Os resultados dos ensaios serão comparativos, fornecendo os valores dos ensaios de aderência à tração e os meios de ruptura.

Os resultados obtidos foram compilados na Tabela 1 abaixo, mostrando os resultados dos ensaios de arrancamento (em MPa), bem como as médias dos resultados, seu desvio padrão e seu coeficiente de variação:

CPs	SUBSTRATO	LARGURA (mm)	ÁREA (MM ²)	P 0.0 LEITURA FINAL (MPa)	P 1.1 LEITURA FINAL (MPa)	P 1.2 LEITURA FINAL (MPa)	P 2.1 LEITURA FINAL (MPa)	P 2.2 LEITURA FINAL (MPa)
1	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,64	0,84	1,05	1,45	1,41
2	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,79	0,82	0,88	0,89	1,17
3	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,57	1,26	1,18	0,78	0,74
4	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,12	0,74	0,68	0,86	1,33
5	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,70	0,66	0,82	0,42	0,80
6	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,57	0,71	1,15	1,17	0,79
MÉDIA				0,73	0,84	0,96	0,93	1,04
<i>em relação a 0.0 acrécimo de resistência</i>				100%	115%	131%	127%	142%
					15%	31%	27%	42%
<i>em relação a n.1</i>				-	100%	114%	100%	112%
						14%		12%
DESVIO PADRÃO				0,1914	0,2004	0,1821	0,3184	0,2733
COEF. DE VARIAÇÃO				0,2616	0,2389	0,1900	0,3431	0,2626

**** ref.
Normativa
0,3MPa**

Tabela 1. Resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração.

O Gráfico 1 a seguir apresenta os resultados médios obtidos nos 05 (cinco) painéis em relação à referência normativa da NBR 13755.

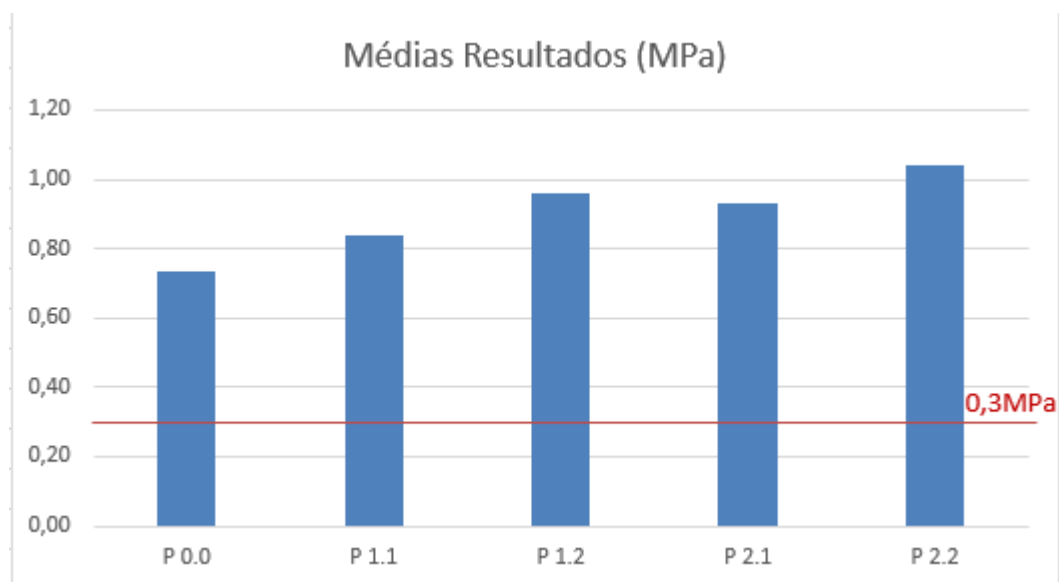


Gráfico 1 – Média dos resultados e comparativo Norma.

De acordo com o Gráfico 1, o painel 2.1 foi o que apresentou a amostra com maior resultado no ensaio (1,45MPa), porém, o painel 2.2 foi o que obteve a maior média de resultados (1,04MPa).

A Figura 34 a seguir apresenta o limite das resistências previstos em Norma.

Ensaio	Amostragem	Resultado do ensaio (MPa)	Comentários
Resistência superficial	12 CP's a cada 500m ²	Pelo menos 8 CP's $\geq 0,5$	Aprovado
		$0,3 \leq 8 \text{ CP's} < 0,5$	Consultar projetista
		Menos de 8 CP's $\geq 0,3$	Reprovado
Aderência das placas ao emboço	6 CP's a cada 500 m ²	Pelo menos 4 CP's $\geq 0,3$	Aprovado
		Menos de 4 CP's $\geq 0,3$	Reprovado

Figura 34. Limites de Resistência de Aderência à Tração (Ra) (NBR 13755)

O resultado completo com todos os resultados obtidos nas 30 (trinta) está apresentado no Apêndice 1.

O Apêndice 1, além de apresentar o resultado numérico do ensaio de resistência de aderência à tração, mostra as formas de ruptura de cada corpo de prova.

Após análise de todos os resultados, foi extraído o desvio padrão das amostras e comparados os resultados entre painéis, conforme Tabela 1. Os resultados dos desvios padrão são apresentados também no Gráfico 2 abaixo:



Gráfico 2 – Resultado desvio padrão dos ensaios realizados nos painéis.

Após análise numérica dos resultados obtidos nos ensaios ressalta-se que as argamassas desenvolvidas são ultra rígidas e, apesar de os resultados serem superiores aos previstos em Norma vale a atenção, dado que argamassas ultra rígidas possuem menor trabalhabilidade, ou seja, maior tendência ao rompimento.

Para cada painel seguem abaixo as formas de ruptura apresentadas nos ensaios de resistência de aderência à tração, apresentados por completo no Apêndice 1.

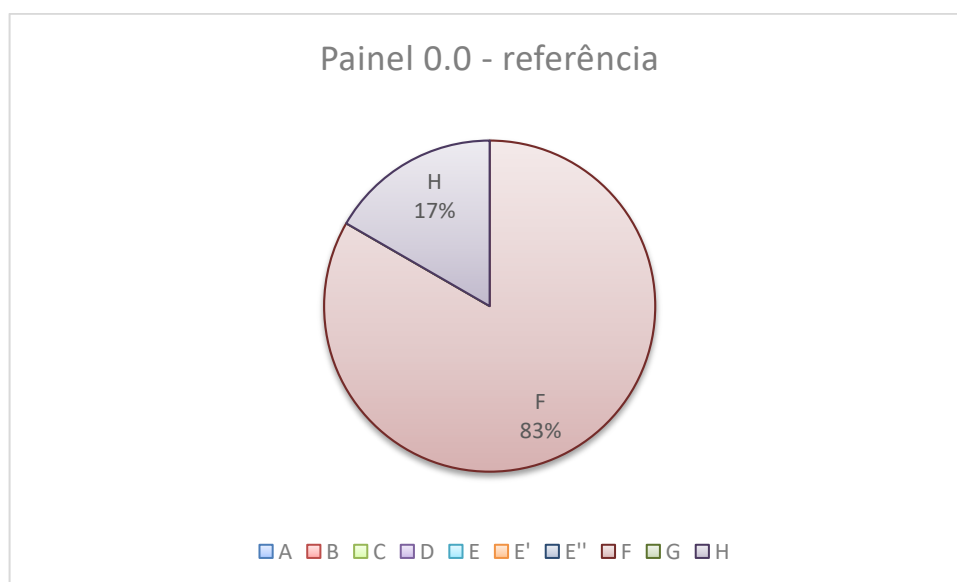


Gráfico 3 – Formas de Ruptura Painel 0.0.

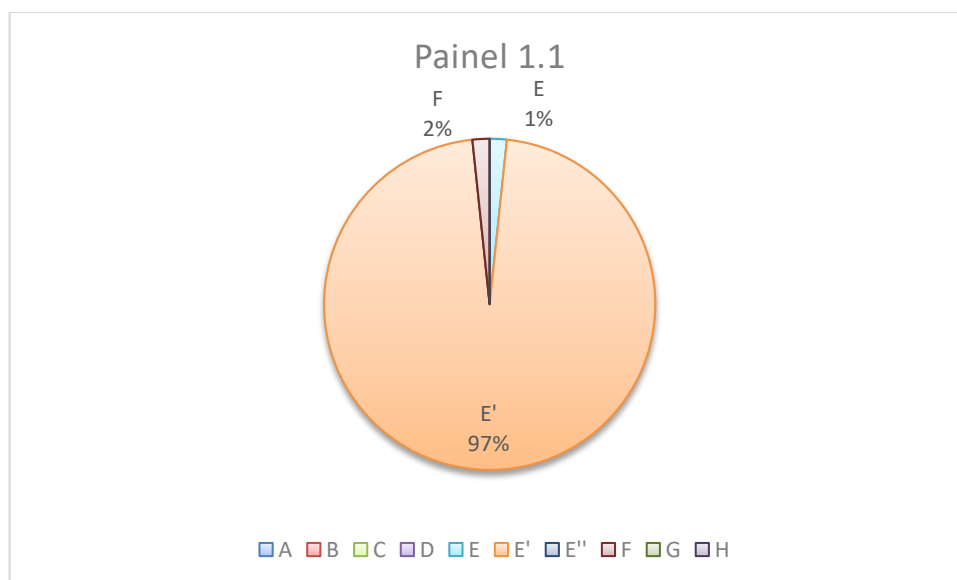


Gráfico 4 – Formas de Ruptura Painel 1.1.

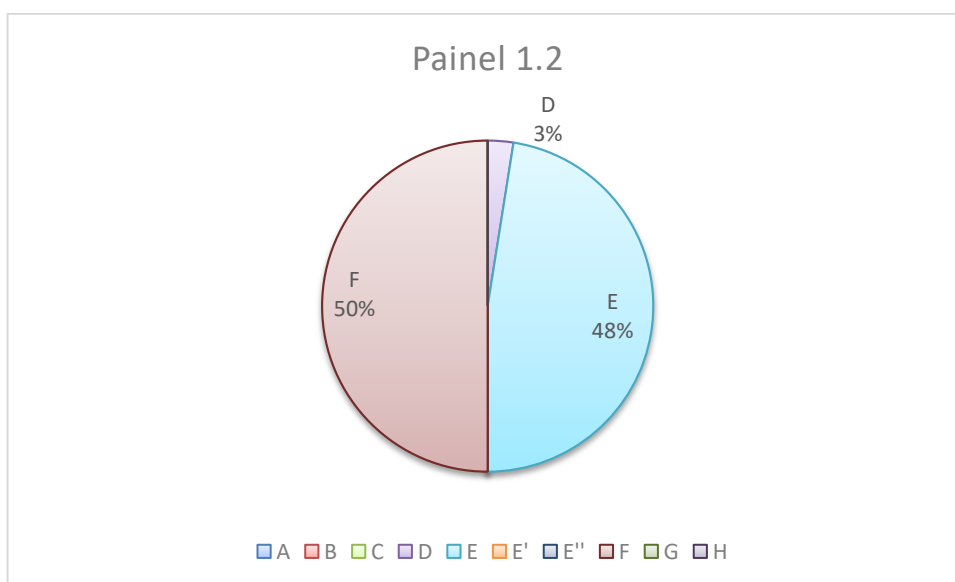


Gráfico 5 – Formas de Ruptura Painel 1.2.

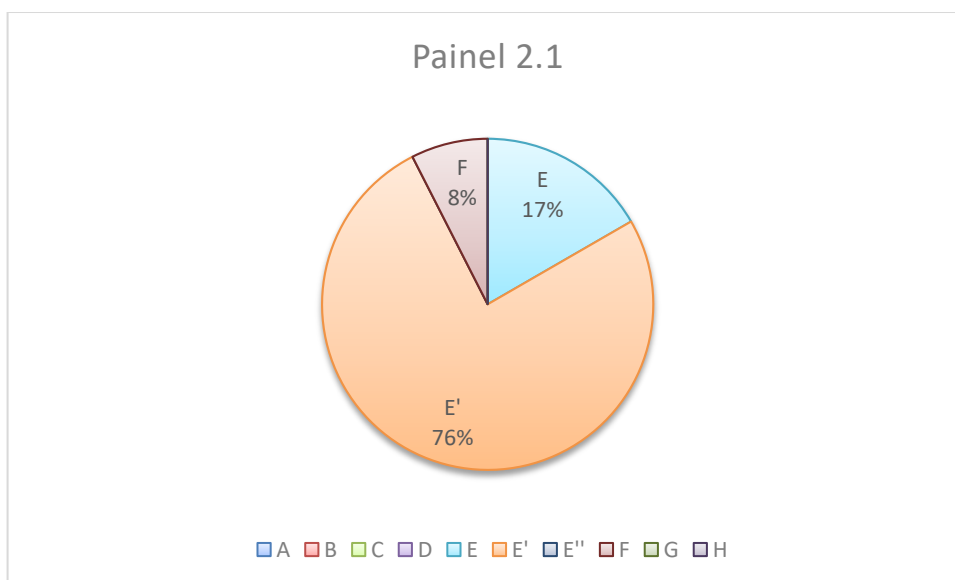


Gráfico 6 – Formas de Ruptura Painel 2.1.

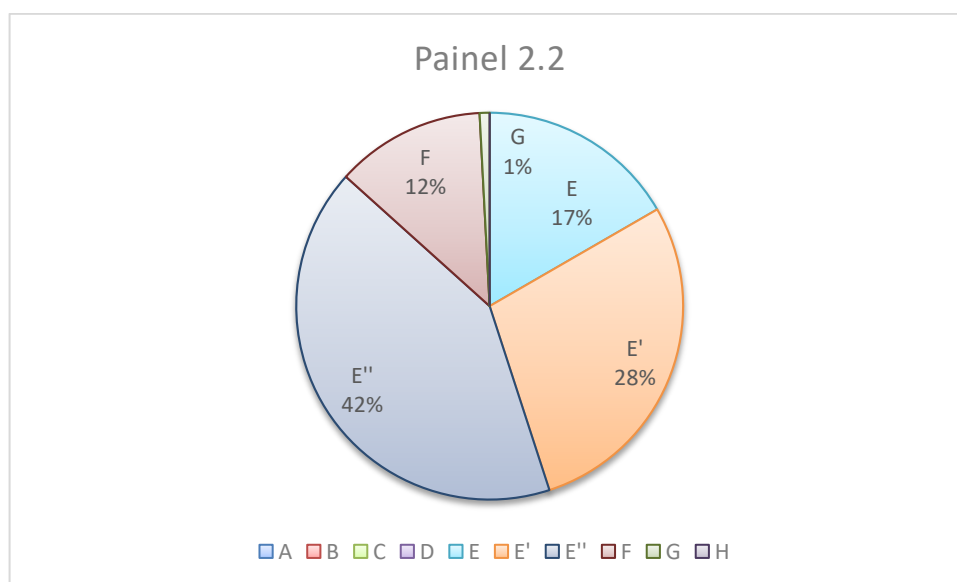


Gráfico 7 – Formas de Ruptura Painel 2.2.

Como resultado qualitativo deste trabalho foi visualizado nos painéis 1.2, 2.1 e 2.2 a incidência de algumas fissuras.

Apesar de este não ser o foco do estudo em questão, acredita-se ser uma importante observação, pois um quadro intenso de fissuração pode prejudicar a estanqueidade do sistema, característica buscada neste estudo.

O resultado extraído do painel é apenas qualitativo e é apresentado no esquema a seguir, Figura 35, que destaca as fissuras em vermelho:

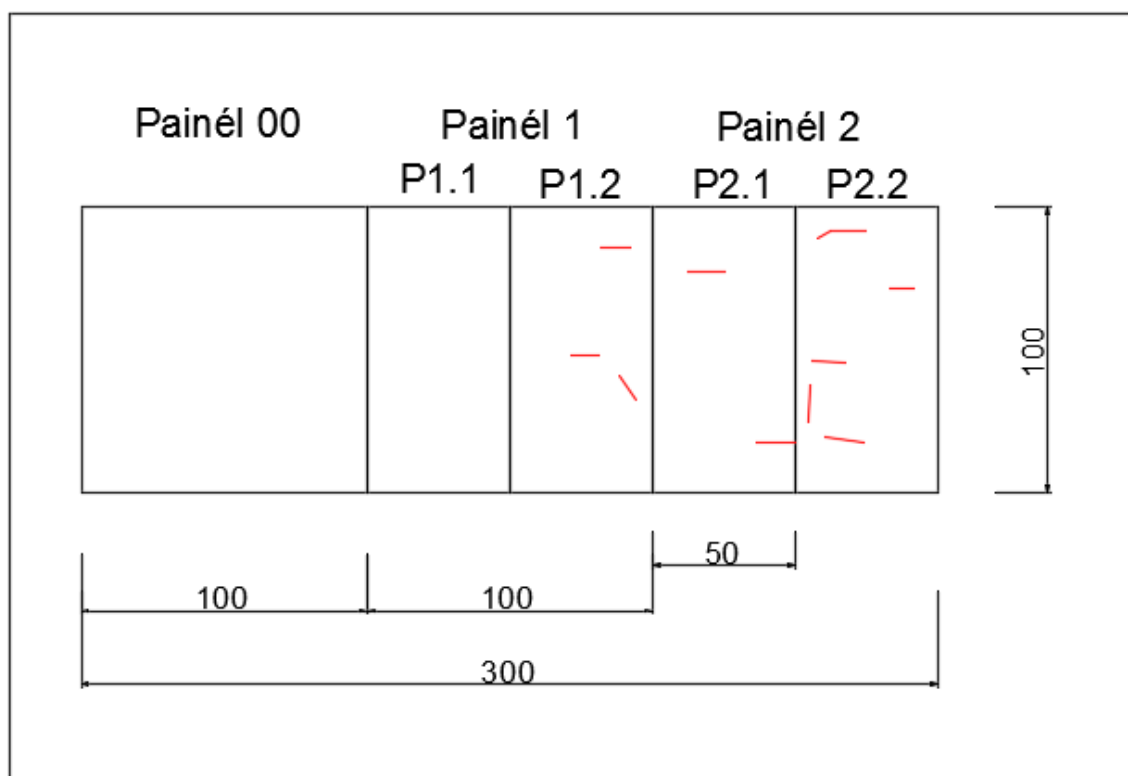


Figura 35. Fissuras no revestimento argamassado do painel

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No capítulo anterior foram apresentados e analisados os resultados obtidos no programa experimental. Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais, bem como as sugestões para novos estudos na área.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de verificação da influência da adição de hidrofugante à argamassa de emboço, na resistência de aderência à tração do revestimento, foi viabilizada por meio da execução de um painel protótipo e do teste de arrancamento segundo a NBR 13755.

O painel executado possuiu 30 amostras de arrancamento para análise e, todas foram aprovadas de acordo com os parâmetros da norma. Além das amostras aprovadas, pode-se constatar que a utilização do hidrofugante, seja na forma de pintura ou mistura, contribuiu para um incremento da resistência à tração do revestimento. Essa contribuição na dosagem executada foi positiva em todas as alternativas apresentadas no painel protótipo.

Ressalta-se que o emprego do hidrofugante na forma de mistura teve maior incremento de resistência se comparado à aplicação na forma de pintura. Além disso, na forma de pintura o hidrofugante alterou as formas de ruptura, prevalecendo a ruptura entre a argamassa de emboço e a argamassa colante, sugerindo desenvolvimento de película que fragilizou a ligação.

Dos resultados obtidos dos ensaios, pode-se observar que:

- i. A adição de hidrofugante à argamassa de emboço influencia na resistência de aderência à tração do revestimento, cumprindo-se, portanto, o objetivo geral do presente trabalho;
- ii. A adição de hidrofugante à argamassa de emboço interferiu positivamente, aumentando a resistência de aderência à tração de revestimento, contrariando a

- hipótese inicialmente aplicada, podendo-se afirmar ainda que a adição de hidrofugante resultou em incremento na resistência de aderência à tração;
- iii. A aplicação do hidrofugante na forma de pintura na argamassa de emboço também interferiu positivamente na resistência de aderência à tração de revestimento, confirmando a hipótese inicialmente aplicada;
 - iv. Apesar do incremento de resistência, pode-se observar que quando o hidrofugante é aplicado na forma de pintura superficial, a ruptura tende a ocorrer na interface emboço/pastilha, caracterizando a formação de uma película sobre o revestimento argamassado devido a sua tensão superficial;
 - v. Como objetivo específico, as duas formas de utilização dos hidrofugantes, isto é, misturados na argamassa ou aplicados na superfície, influenciam na resistência de aderência à tração do revestimento.
 - vi. Os painéis com hidrofugante adicionados à mistura da argamassa apresentaram maiores resistências se comparados aos painéis com tratamento superficial com hidrofugante;
 - vii. Relacionado a um dos Objetivos Específicos que previa a comparação entre distintos produtos, o Protege Acqua aplicado nos painéis 2.1 e 2.2 foi o que apresentou maior incremento na resistência, destacando-se no painel 2.2, onde foi utilizado hidrofugante na mistura da argamassa;
 - viii. A adição do hidrofugante à mistura teve um aumento na resistência à tração de até 42%, já na aplicação superficial o incremento foi de apenas 27%;
 - ix. Em média, os painéis com hidrofugante pertencentes à mistura tiveram incremento de 13% em relação aos painéis com tratamento superficial;
 - x. Nas amostras em que o hidrofugante foi aplicado misturado à argamassa as formas de ruptura foram variadas, demonstrando que a colocação do hidrofugante não fragilizou a argamassa nem criou película, ao contrário dos resultados quando o produto foi aplicado superficialmente;
 - xi. Nota-se que o hidrofugante do painel 2 teve um aumento de resistência à tração superior ao hidrofugante do painel 1;

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para futuros trabalhos recomenda-se o emprego de hidrofugantes diferentes dos utilizados neste trabalho, bem como a variação da dosagem do hidrofugante na mistura da argamassa. Essa recomendação visa verificar qual a dosagem com maior incremento de resistência e, averiguar a partir de que momento a adição do hidrofugante começa a diminuir ou não mais afetar a resistência à tração do revestimento.

Sugere-se também que outros ensaios e observações sejam realizados em trabalhos futuros, como uma análise detalhada do quadro de fissurações dos painéis, uma análise da evolução da resistência ao longo do tempo (acelerar o processo em laboratório), e ainda que seja realizado o teste de absorção (Ensaio do Caximbo) nos painéis, investigando a diferença de absorção dos mesmos pela interferência da presença do hidrofugante ao longo do tempo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13755. **Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818. **Placas cerâmicas para revestimento.** Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas.** Rio de Janeiro, 1998.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA M. N. B. **Estimativa da Degradação de Fachadas com Revestimento Cerâmico: estudo de caso dos edifícios de Brasília.** Universidade Nacional de Brasília. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00151.pdf>. Acesso em 10/11/2017 às 15:00.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO – Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). **Revestimento de Argamassas.** Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/caracteristicas/o-sistema/61/caracteristicas.html>. Acesso em 01/06/2016 às 18:30h.

DRANSFIELD, J. **Admixtures for concrete, mortar and grout.** Constituent Materials. 1º ed. Burlington, 2003.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1992.

LONGO, E. Anais da 56ª Reunião Anual da SBPC. **Nanotecnologia**. Cuiabá, MT - Julho/2004.

MARANHÃO, F. L.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A.; PILEGGI, R. J. Congresso de Argamassas de Portugal, 2007. **Influência do Tipo de Cimento nas Propriedades do Estado Fresco e Endurecido das Argamassas Hidrofugadas com Produtos à Base de Silicose. Disponível em:**
http://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2077_07.pdf. Acesso em 06/08/2017 às 9:00.

SOARES, A. **A nanotecnologia aplicada às argamassas de revestimento**. Instituto Superior Técnico de Lisboa. Lisboa (Portugal), 2003. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/280878532_A_Nanotecnologia_Aplicada_as_Argamassas_de_Revestimento. Acesso em 05/02/2018 às 21:30h.

7. ANEXOS

ANEXO A - FOTOS



Foto 1. Corte da cerâmica.



Foto 2. Fixação da base para o ensaio de arrancamento.



Foto 3. Painei 0.0: ponto 2.



Foto 4. Painei 0.0: ponto 3.



Foto 5. Painel 1.1: ponto 1.



Foto 6. Painel 1.1: ponto 2.



Foto 7. Painele 1.2: ponto 1.



Foto 8. Painele 1.2: ponto 2.

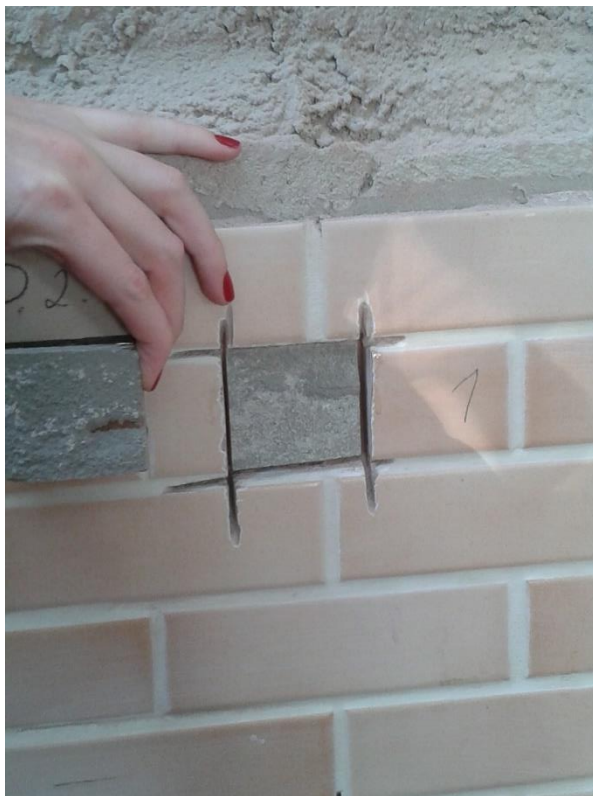


Foto 9. Painei 2.1: ponto 1.



Foto 10. Painei 2.1: ponto 6.



Foto 11. Paineel 2.2: ponto 1.



Foto 12. Paineel 2.2: ponto 4.



Foto 13. Painel geral final do ensaio: 36 pontos.

ANEXO B - FICHA DE CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO



DINATESTE INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
ASSISTÊNCIA TÉCNICA EM MÁQUINAS DE ENSAIOS DE COMPRESSÃO, TRAÇÃO
E INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE FORÇA DE USO GERAL (DINAMÔMETROS)

**CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DNTT/ 088c/17.**

1/1.

A
Votorantim Cimentos S/A. - Curitiba.
Rod. Curitiba / Rio Branco do Sul - PR-092, n°. 1303
82130-570 - Curitiba - PR.

Aparelho Portátil para Ensaio de Arrancamento,
Marca Proceq, modelo Z16,
N°. 1-0729, n°. pat. n/c, ano n/c,
Cap. Máx.: 3 MPa,
Faixa(s) nominal(is) de 3 MPa (para CP com diâmetro de 50 mm),
Identif.: QM-DNM-0004.

RESULTADOS

Faixa nominal de 3 MPa, resolução 0,01 MPa.							
Indicação no Dinamômetro	Valores Médios Indicados pelo Padrão		Erros Relativos de Indicação		Incerteza Expandida U (%)	k	v _{ef}
	(kN)	(MPa)	(%)	(%)			
0,00	0,000	0,000	-	0,06	0,74	2,00	-
1,00	1,932	0,984	1,64	0,05	0,55	2,00	-
1,20	2,322	1,183	1,46	0,02	0,55	2,00	-
1,40	2,711	1,381	1,40	0,08	0,54	2,00	-
1,60	3,100	1,579	1,35	0,13	0,51	2,00	-
1,80	3,493	1,779	1,17	0,11	0,48	2,00	-
2,00	3,891	1,982	0,92	0,17	0,47	2,00	-
2,20	4,273	2,176	1,08	0,22	0,47	2,01	300
2,40	4,661	2,374	1,09	0,19	0,45	2,00	-
2,60	5,048	2,571	1,14	0,22	0,43	2,01	300
3,00	5,817	2,963	1,26				

Informações gerais:

Ambiente com ar condicionado.

Temperatura ambiente durante a calibração: 22,3 °C; (Incerteza das indicações: $\pm 0,8$ °C)

Data da última calibração: 15/06/2015.

Calibração efetuada conforme IT-004, baseada na norma ABNT NBR 8197-abr12.

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, o qual para uma distribuição t com v_{ef} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Obs.: A calibração foi efetuada sem a realização de ajuste no equipamento.

Data desta calibração: 26/01/2017.

Padrão(ões) utilizado(s):

MQ Identif.: ME 07, n°. 0888 (10 kN - CC n°. FL02952), Cert. RBC (Dinateste - CAL 0187) n°. DNTT/369c/16 de 18/04/16 - calib. válida até 18/08/17.

São Paulo, 27 de Janeiro de 2017.

Dinateste Indústria e Comércio Ltda.

Ricardo Luiz Zanetti

Assessor Técnico

ANEXO C – FICHA DE RESULTADOS DE ENSAIO DO CIMENTO CP II F

Boletim de Ensaios de Cimento



Atualizado em: 02/06/2016 Produto: CPBF-40 Obras Estruturais Norma: NBR 11578
 Mês e ano de referência: jul/16 Marca: Votoran Unidade: Rio Branco

Ensaios	Químicos				Físicos e mecânicos											
	Teores (%)				Finura(%)		Baixa	Água de	Tempo Fogo		Expansão a	Resistência Comprimido (MPa)				
	PF	MgO	SO3	Ri	#200	#325	(resíduo)	consolida(%)	Início (min)	Fim (min)	quente (mm)	1 Dia	3 Dias	7 Dias	28 Dias	
Limites da Norma	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 2,5	≤ 10,0	N/A	≥ 2800	N/A	≥ 60	≤ 600	≤ 5,0	N/A	≥ 15,0	≥ 25,0	≥ 40	
01/07/2016	4,7	6,0	3,3	0,8	0,0	0,3	4480	31,4	200	290	0,0	24,3	36,6	43,2	46,6	
02/07/2016																
03/07/2016																
04/07/2016	4,8	5,8	3,4	0,8	0,0	0,2	4740	32,0	230	290	0,0	25,2	36,3	43,9	46,2	
05/07/2016	4,7	5,9	3,2	0,9	0,0	0,2	4700	31,8	230	290	0,0	23,4	37,5	43,6	47,9	
06/07/2016	5,2	5,9	3,3	0,8	0,0	0,3	4520	31,8	240	310	0,5	23,4	36,9	44,1	51,5	
07/07/2016	4,9	6,1	3,4	0,7	0,0	0,4	4500	31,9	230	300	0,5	23,2	37,4	42,1	46,9	
08/07/2016	4,9	5,9	3,4	1,3	0,0	0,3	4550	31,6	225	285	0,5	25,2	37,0	42,6	49,1	
09/07/2016																
10/07/2016																
11/07/2016	4,9	5,9	3,2	1,2	0,0	0,2	4740	31,8	220	290	0,0	26,9	36,3	42,2	51,8	
12/07/2016	4,9	6,0	3,2	0,7	0,0	0,2	4610	31,6	230	290	1,0	24,6	37,5	41,2	50,5	
13/07/2016	4,8	6,2	3,1	0,7	0,0	0,2	4660	31,6	235	295	0,0	24,1	37,3	43,1	49,2	
14/07/2016	4,8	5,9	3,3	0,9	0,0	0,2	4780	31,6	210	280	0,0	24,8	38,4	41,2	49,1	
15/07/2016	4,7	5,9	3,4	1,0	0,0	0,3	4520	31,9	235	300	1,0	25,4	36,7	42,3	50,2	
16/07/2016																
17/07/2016																
18/07/2016	5,0	6,0	3,3	1,0	0,0	0,2	4650	31,9	240	300	1,0	25,4	37,2	42,6	50,0	
19/07/2016	4,8	6,1	3,1	0,7	0,0	0,2	4500	31,7	240	310	0,5	26,0	37,8	41,8	50,6	
20/07/2016	5,0	6,1	3,2	0,8	0,0	0,2	4610	31,5	220	280	0,0	23,4	35,3	41,7	49,2	
21/07/2016	4,7	6,0	3,3	0,8	0,0	0,3	4500	31,8	225	285	0,0	23,4	38,1	42,0	50,8	
22/07/2016	5,3	5,9	3,2	0,9	0,0	0,2	4740	31,6	240	310	0,0	25,5	37,4	41,6	50,0	
23/07/2016																
24/07/2016																
25/07/2016	5,1	5,9	3,2	1,1	0,0	0,3	4780	31,8	240	310	0,0	24,5	35,6	41,8	52,2	
26/07/2016	5,2	5,8	3,4	1,5	0,0	0,3	4760	31,2	220	280	1,0	24,4	34,9	41,4	48,6	
27/07/2016	4,7	6,0	3,2	1,2	0,0	0,0	4720	32,2	220	280	0,5	25,6	34,6	43,1	50,6	
28/07/2016	5,1	5,9	3,3	1,1	0,0	0,2	4610	32,0	230	295	0,5	24,3	35,2	42,9	49,7	
29/07/2016	5,3	5,9	3,2	1,2	0,0	0,3	4550	31,8	225	290	0,5	23,6	35,7	40,9	49,9	
30/07/2016																
31/07/2016																
Média	4,92	5,94	3,27	0,95	0,00	0,24	4639,05	31,74	227,66	291,43	0,36	24,60	36,90	42,35	49,85	
Desvio Padrão	0,22	0,12	0,10	0,23	0,00	0,06	116,23	0,22	10,56	12,96	0,39	1,01	1,27	0,92	1,16	
Mínimo	4,54	5,55	3,11	0,70	0,00	0,00	4490,00	31,20	200,00	280,00	0,00	23,20	34,60	40,90	47,90	
Máximo	5,34	6,15	3,42	1,55	0,00	0,40	4850,00	32,20	240,00	310,00	1,00	26,90	38,60	44,10	52,20	

Observações:

ME = 3,09 g/cm³

Abílio Terevêlli Galli Junior

Nome
Responsável Controle de Qualidade
Votorantim Cimentos S/A

Mário L. Franceschi Fontoura

Nome
Gerente da Fábrica
Votorantim Cimentos S/A

APÊNDICE 1 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

A	Ruptura no substrato	D	Ruptura na interface chapisco / argamassa revestimento	E"	Ruptura na argamassa colante	H	Ruptura na interface pastilha / cola
B	Ruptura na interface substrato / chapisco	E	Ruptura na argamassa	F	Ruptura na interface argamassa colante / pastilha		
C	Ruptura do chapisco	E'	Ruptura na interface argamassa revestimento / argamassa colante	G	Ruptura na pastilha		

ENSAIO PAINÉL 0.0																			
								FORMA DE RUPTURA											
CPs	SUBSTRATO	LARGURA (mm)	ÁREA (MM²)	LEITURA NO APARELHO (N)	FATOR DE CONVERSÃO (circular - quadrado)	LEITURA FINAL (MPa)	VALOR REAL SISTEMA	A	B	C	D	E	E'	E''	F	G	H	ESPESSURA (MM)	STATUS
1	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,81	0,7854	0,64	Maior que										100	0	APROVADO
2	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,01	0,7854	0,79	Maior que								100			0	APROVADO
3	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,72	0,7854	0,57	Maior que								100			0	APROVADO
4	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,43	0,7854	1,12	Maior que								100			0	APROVADO
5	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,89	0,7854	0,70	Maior que								100			0	APROVADO
6	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,73	0,7854	0,57	Maior que								100			0	APROVADO

ENSAIO PAINÉL 1.1																			
								FORMA DE RUPTURA											
CPs	SUBSTRATO	LARGURA (mm)	ÁREA (MM²)	LEITURA NO APARELHO (N)	FATOR DE CONVERSÃO (circular - quadrado)	LEITURA FINAL (MPa)	VALOR REAL SISTEMA	A	B	C	D	E	E'	E''	F	G	H	ESPESSURA (MM)	STATUS
1	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,07	0,7854	0,84	Maior que						100					0	APROVADO
2	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,05	0,7854	0,82	Maior que					5	95					0	APROVADO
3	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,61	0,7854	1,26	Maior que						100					0	APROVADO
4	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,94	0,7854	0,74	Maior que						100					0	APROVADO
5	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,84	0,7854	0,66	Maior que					5	95					0	APROVADO
6	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,90	0,7854	0,71	Maior que						90		10			0	APROVADO

ENSAIO PAINÉL 1.2																			
								FORMA DE RUPTURA											
CPs	SUBSTRATO	LARGURA (mm)	ÁREA (MM²)	LEITURA NO APARELHO (N)	FATOR DE CONVERSÃO (circular - quadrado)	LEITURA FINAL (MPa)	VALOR REAL SISTEMA	A	B	C	D	E	E'	E''	F	G	H	ESPESSURA (MM)	STATUS
1	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,34	0,7854	1,05	Maior que								100			0	APROVADO
2	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,12	0,7854	0,88	Igual				10	90						25	APROVADO
3	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,5	0,7854	1,18	Igual					100						20	APROVADO
4	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,86	0,7854	0,68	Maior que								100			0	APROVADO
5	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,04	0,7854	0,82	Maior que								100			0	APROVADO
6	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,46	0,7854	1,15	Igual				5	95						28	APROVADO

ENSAIO PAINÉL 2.1																			
								FORMA DE RUPTURA											
CPs	SUBSTRATO	LARGURA (mm)	ÁREA (MM²)	LEITURA NO APARELHO (N)	FATOR DE CONVERSÃO (circular - quadrado)	LEITURA FINAL (MPa)	VALOR REAL SISTEMA	A	B	C	D	E	E'	E''	F	G	H	ESPESSURA (MM)	STATUS
1	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,84	0,7854	1,45	Maior que						95		5			0	APROVADO
2	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,13	0,7854	0,89	Maior que						80		20			0	APROVADO
3	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,99	0,7854	0,78	Maior que						100					0	APROVADO
4	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,1	0,7854	0,86	Maior que						90		10			0	APROVADO
5	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,54	0,7854	0,42	Maior que						90		10			0	APROVADO
6	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,49	0,7854	1,17	Igual					100						23	APROVADO

ENSAIO PAINÉL 2.2																			
								FORMA DE RUPTURA											
CPs	SUBSTRATO	LARGURA (mm)	ÁREA (MM²)	LEITURA NO APARELHO (N)	FATOR DE CONVERSÃO (circular - quadrado)	LEITURA FINAL (MPa)	VALOR REAL SISTEMA	A	B	C	D	E	E'	E''	F	G	H	ESPESSURA (MM)	STATUS
1	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,8	0,7854	1,41	Maior que							80	20			0	APROVADO
2	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,49	0,7854	1,17	Maior que							90	10			0	APROVADO
3	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	0,94	0,7854	0,74	Maior que							80	20			0	APROVADO
4	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,69	0,7854	1,33	Igual					100						26	APROVADO
5	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,02	0,7854	0,80	Maior que						90		5	5		0	APROVADO
6	PAINÉL PROT. ALVENARIA	50	2500	1,01	0,7854	0,79	Maior que						80		20			0	APROVADO