

Estudo de caso do desempenho e das patologias da argamassa industrializada com aplicação projetada

Victor Kalebe Nascimento Pereira⁽¹⁾; Paulo Roberto Cabana Guterres⁽²⁾.

(1) Graduando, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil

(2) Professor Doutor, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil.

Resumo

A argamassa industrializada com aplicação projetada traz grandes avanços tecnológicos para o campo da construção civil, proporcionando maior otimização ao processo aliada a um menor desperdício de material e tempo de trabalho. Porém, seu uso ainda é pouco disseminado na região de Uberlândia, em que se observa maior utilização de métodos convencionais, como o reboco com aplicação manual. Dessa forma, o artigo em questão é um estudo de caso que objetiva analisar o desempenho dessa inovação utilizada na execução de um edifício residencial situado na cidade de Uberlândia, Minas Gerais. Para isso, foram realizados ensaios para a determinação da resistência de aderência à tração e de permeabilidade, com base na pesquisa bibliográfica e normativa presentes no artigo. Além disso, foram observadas as patologias geradas, assim como, as perdas ocasionadas durante a realização do processo. Podendo assim concluir que o a utilização da aplicação projetada associada a argamassa industrializada apresenta indícios suficientes de aprimoramento, obtendo uma qualidade final do revestimento melhor do que a utilizada no método convencional, mostrando também que os desperdícios foram menores e as patologias minimizadas.

Palavras-chave: Argamassa industrializada, projeção da argamassa, patologias, inovação, construção civil.

Abstract

The industrialized mortar with projected application brings great technological advances to the field of civil construction, providing greater optimization to the process combined with less waste of

material and working time. However, its use is still not widespread in the region of Uberlândia, where there is greater use of conventional methods. Thus, this article is a case study that aims to analyze the performance of this innovation used in the execution of a residential building located in the city of Uberlândia, Minas Gerais. For this, tests were carried out to determine the tensile strength and permeability, based on the bibliographic and legislative research present in the article. Also, the pathologies generated were observed, as well as the losses caused during the process. In conclusion, the method presents sufficient evidence of improvement, obtaining a final quality of the coating better than that used in the conventional method, also showing that the wastes were smaller and the pathologies minimized.

Keywords: Industrialized mortar, mortar projecting, pathologies, innovation, civil construction.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é possível observar um crescente aumento da industrialização nas obras de construção civil, de forma que muitos processos ocorrem de forma otimizada, chegando ao canteiro de obras produtos prontos ou que precisam de poucas etapas na sua preparação à utilização final. Porém, umas das atividades que, para a sua realização, ainda é muito utilizado o processo manual é a produção e uso de argamassa (RECENA, 2012).

Coutinho, Pretti e Tristão (2013) afirmam que, visando maior rapidez e produtividade, além da diminuição de perdas nas construções civis, a partir dos anos 90, no Brasil, houve investimentos no desenvolvimento das argamassas industrializadas, uma nova tecnologia que possibilitaria o ganho desses benefícios.

Porém, a argamassa convencional ainda é a mais utilizada no território nacional.

Por meio do desenvolvimento da argamassa industrializada surgiu também o interesse na evolução do processo construtivo de revestimentos argamassados ocasionado pela falta de mão de obra no mercado. Além disso, visando a redução de perdas e ganho na produtividade iniciou-se o estudo do sistema de revestimento com argamassa projetada (ABPC, 2012).

Segundo Sena, Nascimento e Neto (2020), as patologias são geradas pela falta de controle na execução em acabamentos, dessa forma, vários problemas encontrados na parte final do acabamento podem ser ocasionados pelo revestimento argamassado. Portanto, a execução deve ser controlada e planejada pelos responsáveis do canteiro de obras. Carasek (2010) diz que as patologias são geradas por alguns

fatores principais, os quais são a qualidade do material, composição do traço da argamassa, processo executivo e fatores externos. Ainda segundo Sena, Nascimento e Neto, apesar dos muitos problemas já encontrados nos revestimentos argamassados, quer internos ou externos, aqueles que são mais frequentes em obras do sistema construtivo brasileiro, e as principais são: Fissuras, manchas, descolamento do revestimento, eflorescências, desagregação pulverulenta e percolação de água. Dessa forma, foi utilizado no presente estudo os ensaios de arrancamento que permite encontrar o valor da resistência ao descolamento e o ensaio de percolação que permite visualizar o coeficiente de percolação de água no revestimento afim de saber se o meio permite percolação além do permitido em norma devido a porosidade do material, causando assim infiltração.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo a análise do desempenho e patologias da argamassa industrializada com aplicação projetada, com base nos parâmetros definidos pela Norma Brasileira NBR 13528 e a norma internacional RILEM 11.4. O estudo foi realizado durante o processo de execução de uma edificação multifamiliar contendo 13 pavimentos situada na cidade de Uberlândia, Minas Gerais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Argamassa

A NBR 13281 de 2005, define argamassa como sendo uma "Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)". Portanto, a argamassa consiste numa mescla de pequenos grãos com água agregada, gerando coesão entre as partes constituintes.

Para CARASEK as argamassas possuem diversas propriedades essenciais para um bom desempenho, entre elas trabalhabilidade, retração, aderência, permeabilidade a água, resistência mecânica e a capacidade de absorver deformações. Tais propriedades são divididas entre propriedades do estado fresco e propriedades do estado endurecido, para o estudo realizado no presente trabalho não se faz necessário discorrer sobre todas, somente as necessárias para o entendimento do estudo, que serão abordadas a seguir.

2.1.1 Propriedades da argamassa no estado fresco

2.1.1.1 Retração

Carasek (2010) diz que a retração está ligada a mudança de volume da argamassa, essa propriedade tem grande importância no desempenho da argamassa, ela está diretamente ligada com o desempenho do sistema, sendo importante para a durabilidade e a estanqueidade

2.1.1.2 Trabalhabilidade

Segundo Carasek (2010), a trabalhabilidade é uma propriedade da argamassa no estado fresco, essa propriedade determina a facilidade com que as mesmas podem ser transportadas, acabadas, misturadas entre outros manuseios pertinentes para o tipo de serviço executado.

2.1.2 Propriedades da argamassa no estado endurecido

2.1.2.1 Aderência

De acordo com Carasek (2010), a aderência deriva de três tipos de aderência importantes, sendo elas aderência a tração, aderência ao cisalhamento e a extensão de aderência. A aderência a tração permite que a argamassa não se desprenda do substrato, enquanto a aderência ao cisalhamento é responsável pela resistência ao rompimento com forças aplicadas em várias direções. Por fim, a extensão de aderência fornece a

razão entre a área de contato efetiva e a área total capaz de ser unida a superfície.

2.1.2.3 Resistência mecânica

Segundo Baia e Sabbatini (2008), a resistência mecânica está diretamente ligada aos aglomerantes presentes na argamassa. De forma que, esta deve ser capaz de suportar cargas de variadas origens que são aplicadas ao sistema de vedação em que a argamassa está sendo utilizada.

2.1.2.4 Permeabilidade

Maciel, Barros e Sabbatini (1998), afirmam que a permeabilidade é uma propriedade inerente do material poroso e consiste no processo de percolação da água por dentro das camadas da argamassa. Normalmente, o material possui certa permeabilidade, dado que a argamassa para revestimento é porosa, porém o excesso dessa propriedade juntamente com o aparecimento de fissuras pode causar patologias provenientes da perda de estanqueidade do sistema pois a água que percola chega até o substrato com maior facilidade.

2.1.2.5 Absorção de deformações

Segundo RECENA (2012), uma argamassa recobre diversos tipos de materiais com diferentes propriedades físicas, como coeficiente de dilatação térmica, deformação entre outras. Portanto, uma argamassa deve ter a capacidade de absorver de forma eficiente todas essas movimentações. Essa capacidade de absorver tais deformações está ligada com o seu módulo de elasticidade, que é, simplificada, a tensão necessária para que a argamassa se deforme.

2.1.3 Revestimento de argamassas

2.1.3.1 Funções do revestimento em argamassa

As principais funções do revestimento argamassado, internos ou externos, são: proteger a alvenaria e a estrutura contra ações das intempéries, fazer parte do sistema de vedação, com a função de auxiliar o isolamento termoacústico, estanqueidade, segurança em caso de incêndio, também confere resistência em caso de desgastes e abalos na superfície, além de fornecer a preparação para o acabamento.

2.1.3.2 Chapisco

Segundo a NBR 13529 de 2013, chapisco é definido como "Camada de

preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento."

2.1.3.3 Emboço

O emboço é definido na NBR 13529 de 2013, como uma "Camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final."

2.1.3.4 Emboço Paulista

Emboço paulista ou revestimento de camada única, como definido na NBR 13529 de 2013, é um "Revestimento de um único tipo de argamassa aplicado sobre a base de revestimento, em uma ou mais demãos."

2.1.3.5 Reboco

Na NBR 13529 de 2013, o reboco é definido como uma "Camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final."

2.2 Argamassa Industrializada

Para que uma argamassa seja considerada industrializada ela deve seguir algumas características definidas pela NBR 13529 de 2013, de forma que seja um "Produto proveniente da dosagem controlada, em instalação própria, de aglomerante(s) de origem mineral, agregado(s) miúdo(s) e, eventualmente, aditivo(s) e adição(ões) em estado seco e homogêneo, ao qual o usuário somente necessita adicionar a quantidade de água requerida."

2.2.1 Produção

Como definido na NBR 13259 de 2013, para o preparo da argamassa é necessário apenas que o responsável pela produção adicione a quantidade de água definida pelo fabricante na mistura. Para que essa mistura alcance uma maior eficiência na homogeneidade, são utilizados misturadores mecanizados próprios para argamassas, as argamassadeiras. Assim como a quantidade de água, o tempo de mistura é determinado pelo fabricante (OLIVEIRA, 2006).

Dessa forma, a qualidade da argamassa se mantém elevada, pois com o controle rigoroso da quantidade de água

(exposta na embalagem do produto individualmente) garante que o produto mantenha as suas características definidas pelo fabricante, sem sofrer grande interferência do usuário na obra. Ademais, há um aumento da produtividade, uma vez que, o tempo para a realização das etapas de confecção é reduzido.

2.2.2 Armazenamento

Visando manter a qualidade do produto, o fabricante disponibiliza orientações para o seu armazenamento. Por exemplo, como em manual disponibilizado pela empresa Votorantim Cimentos, a sua Massa de Projeção 2203 do sistema Matrix, deve ser armazenada sobre estrados de madeira, com afastamento de no mínimo 30 cm de paredes e com altura inferior a 10 sacos, em local coberto, seco e arejado.

2.2.3 Transporte

O transporte deve ser feito de forma a assegurar a integridade das embalagens do produto, sendo executada com carros plataforma com 4 rodas (figura 1), ou por carregadores. O transporte é feito até o local em que a argamassa será utilizada, sendo armazenada da mesma forma que o fabricante recomenda, e então por fim são aplicadas no misturador que entrega a

argamassa pronta no carrinho de mão que é levado pelo ajudante até mais próximo do profissional que está executando o serviço.

Figura 1 - Carro plataforma



Fonte: Manfrekar

Figura 2 - Misturador horizontal



Fonte: Engemac

2.2.4 Central misturadora

Segundo o fabricante não há necessidade da instalação de uma central

misturadora, a mistura da argamassa deve ser feita próxima à frente de trabalho, porém a mesma deve ser realizada em local onde se está abrigado do sol, chuva e ventos fortes. A água deve estar em temperatura ambiente, no máximo a 25 graus e ser adicionada à argamassadeira (figura 2) em recipiente limpo. O seu tempo de mistura está relacionado com o tipo de misturador (argamassadeira), sendo eles misturadores contínuos, máquinas projetoras e misturadores horizontais, é importante que o produtor da argamassa esteja ciente do tempo para que não seja incorporado ar excessivamente a massa causando assim possíveis patologias futuramente.

2.2.5 Sistema Matrix

2.2.5.1 Conceito

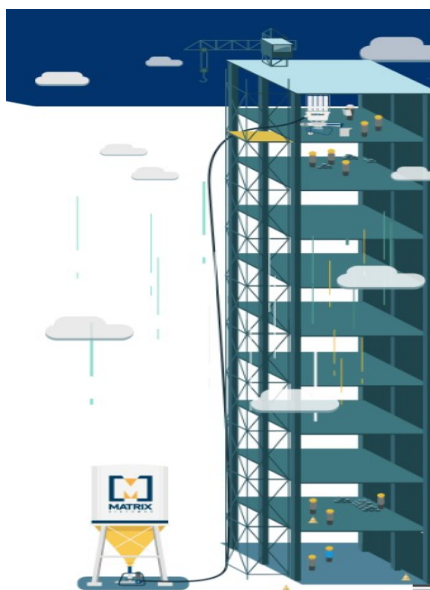
O sistema Matrix é um sistema projetado e executado pela Votorantim Cimentos, o sistema tem como objetivo aumentar a produtividade, economia e agilidade em serviços que utilizem argamassas na composição de um sistema construtivo. O principal uso hoje se encontra no revestimento interno e externo argamassado.

O sistema é constituído de alguns elementos, sendo eles, um silo com compressores acoplados, mangueira de alta resistência à pressão e misturadores contínuos automatizados.

2.2.5.2 Funcionamento

O funcionamento do sistema ocorre da seguinte maneira, o silo recebe uma quantidade de argamassa fornecida a granel pela Votorantim a qual é bombeada pelos compressores na base do silo até o misturador automatizado o qual incorpora a água na argamassa que foi bombeada por via seca até o misturador que se encontra próximo a frente de serviço. O misturador tem a capacidade de armazenar e solicitar massa ao silo automaticamente para que o sistema nunca fique desabastecido, dessa forma aumentando a produtividade. A água deve ser ajustada levando em consideração a quantidade de água apresentada nas embalagens do lote que está sendo utilizado.

Figura 3 - Esquema de funcionamento do Sistema Matrix



Fonte: Votorantim Cimentos

2.2.6 Argamassa Projetada

2.2.6.1 Equipamento

Os equipamentos utilizados na construção do edifício analisado para a aplicação da argamassa projetada são: argamassadeira projetora, misturadores e um recipiente para armazenamento e uso da água utilizada na mistura. A projetora tem um sistema de pressão com ar que faz um spray para a projeção da argamassa, o spray é gerado por um bico regulador que permite que o funcionário o regule. Sabendo que, o recipiente deve estar ligado ao misturador para que ocorra a mistura da massa que chega por via seca, seja ela ensacada ou bombeada pelo sistema do silo. Essa mistura será transferida para a projetora, que deve estar acoplada ao misturador durante todo o tempo da sua aplicação. Ademais, os equipamentos são os mesmos utilizados no método de revestimento argamassado convencional, régua, desempenadeira, colher de pedreiro, entre outros.

Figura 4: Argamassadeira depositando argamassa na projetora



Fonte: Autor

Figura 5: Aplicação de argamassa projetada



Fonte: Autor

Figura 6: Abastecimento com argamassa na argamassadeira



Fonte: Autor

Figura 7: Resultado do reboco projetado



Fonte: Autor

2.2.6.2 Ergonomia

A ergonomia no uso está diretamente ligada a hora da aplicação da argamassa no substrato. De forma que, ao utilizar a colher para projetar a argamassa, o operador do equipamento irá precisar de um maior tempo e esforço, e com o uso da máquina projetora o funcionário apenas direciona a mangueira com o jato na região desejada, sendo um processo mais rápido e com menos esforço. Porém, se utilizada a massa ensacada, o operário que está abastecendo o equipamento continua executando um serviço não otimizado, assim como no método convencional. Todavia, com a utilização do sistema Matrix ocorre essa otimização pois o silo consegue projetar a argamassa direto no misturador, não necessitando, assim, da colocação manual de sacos no equipamento. Dessa forma, a produtividade do sistema é aumentada.

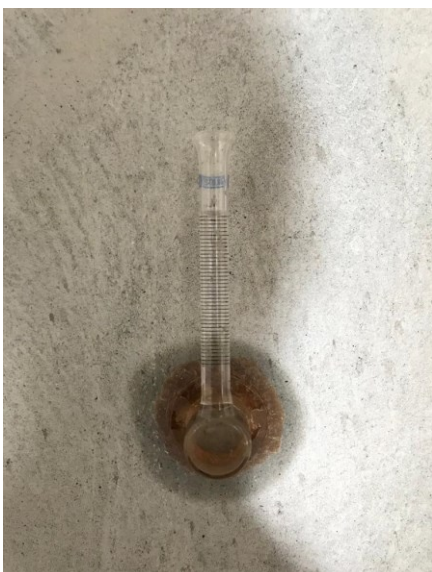
3. METODOLOGIA

Devido a recorrência de algumas patologias presentes no sistema construtivo de revestimento argamassado brasileiro, como, o descolamento por falta de aderência e a eflorescência e infiltração causada pela percolação de água no material poroso, justifica-se a utilização de 2 ensaios sendo eles estabelecidos pela NBR 13528

de 2019 e pela RILEM 11.4, sendo eles o ensaio de determinação da resistência de aderência à tração por teste de arrancamento e o ensaio de permeabilidade à água líquida pelo método do cachimbo.

O ensaio de permeabilidade segue a norma RILEM (União Internacional de Laboratórios e Especialistas em materiais de construção, Sistemas e Estruturas) N° II.4, que tem como objetivo determinar a capacidade de absorção de água pela argamassa em estudo durante um determinado tempo. Para a realização do ensaio foram seguidas as seguintes etapas: Primeiramente, ocorreu a aplicação da cera de abelha com óleo vegetal nas bordas do cachimbo para que o recipiente fosse posicionado no local de realização do teste evitando o vazamento da água.

Figura 8: Tubo Karsten



Fonte: Autor

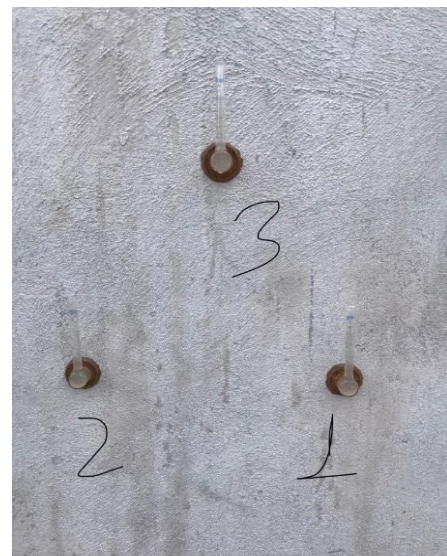
Após o posicionamento com distanciamento de cerca de 20 centímetros entre os três recipientes, eles são preenchidos até a marca de 4 cm³ com a utilização de um conta gotas, garantindo a precisão necessária.

Figura 9: Disposição tubos de Karsten para ensaio de revestimento interno



Fonte: Autor

Figura 10: Disposição tubos de Karsten para ensaio de revestimento externo.



Fonte: Autor

Logo após, inicia-se a contagem do tempo, as leituras foram feitas no período de 5, 10, 15, 30, 60, 120 e 180 minutos. Após cada leitura o recipiente era cheio novamente para que a pressão fosse a mesma no sistema. As duas baterias do ensaio de permeabilidade foram realizadas em um dia nublado com temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar em torno de $70 \pm 5\%$.

O ensaio para a determinação da resistência a aderência foi realizado após 28 dias da execução do revestimento, para o ensaio utilizou-se do método descrito na NBR 13528 de 2019. Além disso, utilizou-se um dinamômetro devidamente aferido capaz de proporcionar a aplicação de uma carga contínua centrada e ortogonal ao plano do revestimento. Os corpos de provas foram preparados um dia antes, fazendo o corte de 12 pastilhas de mesma característica distribuídas afim de contemplar diferentes locais da alvenaria com espaçamento mínimo de 50 mm entre elas.

Figura 11: Dinamômetro utilizado no ensaio



Fonte: Contenco

No dia do ensaio, o técnico da empresa contratada para realização do teste executou, primeiramente, o arrancamento de 3 corpos de prova para a determinação da umidade da amostra.

Figura 12: Teste de resistência a aderência



Fonte: Autor

Logo após, as demais pastilhas foram arrancadas coletando, assim, as informações necessárias. Sendo elas, as dimensões dos corpos de provas e a carga suportada pelo revestimento. Após a coleta dos dados foram realizados os cálculos para a determinação da resistência a aderência. Por fim, ocorreu a elaboração do laudo final devidamente revisado pelos engenheiros da empresa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Perda

Observando o sistema utilizado na obra sendo executado, constata-se que o desperdício da argamassa é bem menor,

pois, como o equipamento faz o lançamento com a energia de impacto necessária para aderência correta ao substrato, a quantidade de argamassa que se desprende é inferior a lançada com a colher de pedreiro, como pode ser observado nas imagens 13 e 14, dessa forma a massa não é perdida pela contaminação que ocorre quando entra em contato com a superfície horizontal abaixo do local de aplicação. Além disso, com a utilização do equipamento o operário possui um maior controle da espessura necessária para o cobrimento total da superfície, evitando assim, o desperdício na hora de desempenar a superfície. Tendo em vista, que os equipamentos já estão presentes no local de aplicação, o transporte tem menor extensão, gerando menos derramamento da argamassa. Ademais, uma vez que a massa está ensacada ou armazenada no silo, ao utilizar os equipamentos corretos para transporte do material antes de ser misturado, também ocorre uma baixa perda.

Figura 13: Aplicação projetada.



Fonte: Autor

Figura 14: Aplicação convencional



Fonte: Autor

4.2 Patologias

Como já citado anteriormente, dentre as patologias mais comuns no sistema estudado estão as causadas pela falta de aderência (descolamento), fissuração e na facilidade de percolação de água (infiltração e possíveis eflorescências/criptoflorescências).

Durante todo o processo de construção foi observado o surgimento de algumas patologias, entre elas foram identificadas fissurações. Segundo Sena, Nascimento e Neto (2020) as fissuras podem ocorrer por diversas causas, entre elas estão, a movimentação do conjunto edificado, determinada pelos esforços impostos à estrutura, recalques diferenciais, sobrecargas, alterações químicas e retração dos produtos à base de ligantes hidráulicos. No caso em estudo, há grande possibilidade de as fissuras terem sido ocasionadas pela

retração, pois os panos em que foram observadas ocorre grande incidência do vento ocasionando a rápida perda da água de amassamento da mescla, causando uma redução no tempo entre a aplicação das camadas. Porém, a primeira camada ainda estaria em processo de “secagem”, portanto, ocorre a retração, além disso depois de finalizado o revestimento ocorre perda de água rapidamente, dificultando a cura, dessa forma, a retração se mostra evidente nesses casos como nas figuras 15 e 16.

Figura 15: Fissuração em argamassa



Fonte: Autor

Figura 16: Fissuração devido a retração



Fonte: Autor

Além da fissuração, foi possível observar que houve deficiência na aderência da argamassa. Sena, Nascimento e Neto (2020) afirmam que ela pode ser causada por diversos fatores, porém o principal está na baixa aderência ao substrato, devido à falta de limpeza, baixa rugosidade e baixa absorção do substrato. Quando utilizada a aplicação convencional na estrutura do edifício estudado, a resistência a aderência não mostrou resultados satisfatórios, portanto, adotou-se a mudança para aplicação projetada com o uso de chapisco colante industrializado próprio para concreto, a sua aplicação foi executada após a superfície ser lavada com escova de aço e lavadora de alta pressão, sendo ela com o uso de desempenadeira dentada com dentes de até 8 mm cobrindo toda a superfície em que o concreto seria revestido, e assim o problema foi solucionado.

Portanto, devido a recorrência de casos relacionados, principalmente, a infiltração e eflorescência ligadas a percolação de água no revestimento argamassado, o estudo da percolação foi empregado no edifício em teste afim de identificar o índice de percolação do novo sistema e o comportamento nessas condições.

4.3 Ensaio de resistência e aderência

Foram executados por uma empresa idônea e especializada alguns testes no edifício. Sendo eles dois na estrutura, que obtiveram resultados não satisfatórios e dois na alvenaria, com resultado positivo. A partir daí desencadeou o uso do sistema com resultado positivo e um estudo para resolução do problema encontrado na estrutura.

estrutura lixada e a lavagem dela sendo executada com lavadora a pressão para a retirada de qualquer pó presente, o resultado melhorou, porém, ainda não foi positivo.

Dessa forma, o estudo foi realizado novamente, utilizando o chapisco em argamassa colante industrializada, sem lixamento, utilizando apenas da lavagem com escova de aço e lavadora de alta

Os testes foram executados, primeiramente, no revestimento com aplicação convencional e chapisco comum em substrato de concreto 35 MPa, com a estrutura sendo lixada para a aumento da porosidade, proporcionando aderência melhor do chapisco ao substrato, e o resultado foi negativo. Então após estudo com a equipe de engenheiros optou-se por executar um segundo teste sendo ele com

pressão associado a aplicação projetada, dessa forma os testes foram positivos para a estrutura. Já na alvenaria a avaliação com chapisco convencional já foi positiva sendo assim utilizada no edifício. Posteriormente, iniciou-se a aplicação de forma projetada também para a alvenaria.

Os testes foram realizados seguindo a norma NBR 13528 (2019) apresentando os seguintes resultados.

Figura 17: resultado do teste do revestimento interno com aplicação convencional

Ensaio IT02-01												
Corpo de prova	Leitura manômetro (kgf/cm ²)	Carga (kgf)	Seção (mm ²)	Ra (MPa)	forma de ruptura (%)							Espessura (mm)
					A	B	C	D	E	F	G	
1	0,9	29	1647	0,18					100			5
2	2,0	64	1647	0,39						100		2
3	1,5	48	1647	0,29					100			10
4	1,1	35	1647	0,21					100			10
5	1,0	32	1647	0,20						100		2
6	1,0	32	1647	0,20						100		2
7	1,3	42	1647	0,25					100			10
8	1,2	39	1647	0,23					100			15
9	2,5	80	1647	0,49					100			25
10	1,5	48	1647	0,29					100			15
11	1,8	58	1647	0,35					100			20
12	1,5	48	1647	0,29					100			30

Informações sobre o ensaio

01- EQUIPAMENTO UTILIZADO
Aderímetro marca "PAVITEST" modelo I-3003-H de fabricação da Contenco Ltda.

02- FORMAS DE RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA:
- REVESTIMENTO SEM CHAPISCO
A - Ruptura no substrato
B - Ruptura interface substrato/argamassa
C - Ruptura na argamassa
D - Ruptura na interface argamassa/cola
E - Ruptura na interface cola/pastilha
- REVESTIMENTO COM CHAPISCO
A - Ruptura no substrato
B - Ruptura interface substrato/chapisco
C - Ruptura no chapisco
D - Ruptura na interface chapisco / argamassa
E - Ruptura na argamassa
F - Ruptura na interface argamassa / cola
G - Ruptura na interface cola/ pastilha

03- ESPECIFICAÇÕES NBR 13749
Revestimento interno: Ra>0,20MPa;
Revestimento externo: Ra>0,30MPa.

Média = 0,28 MPa

Fonte: Autor

Figura 18: Resultado teste do revestimento interno com aplicação projetada

Ensaio IT02-01												
Corpo de prova	Leitura manômetro (kgf/cm ²)	Carga (kgf)	Seção (mm ²)	Ra (MPa)	forma de ruptura (%)							Espessura (mm)
					A	B	C	D	E	F	G	
1	2,2	71	1647	0,43		70	30					40
2	2,0	64	1647	0,39		80	20					38
3	3,1	100	1647	0,61				40	60			36
4	2,4	77	1647	0,47				50	50			30
5	1,8	58	1647	0,35		60			40			40
6	3,2	103	1647	0,63				70	30			35
7	3,0	97	1647	0,59		50	50					41
8	2,3	74	1647	0,45			60					35
9	3,0	97	1647	0,59		20	80					35
10	2,6	84	1647	0,51	20				80			16
11	2,0	64	1647	0,39						100		-
12	1,8	58	1647	0,35	30	70						34

Informações sobre o ensaio

01- EQUIPAMENTO UTILIZADO
Aderímetro marca "PAVITEST" modelo I-3003-H de fabricação da Contenco Ltda.

02- FORMAS DE RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA:
- REVESTIMENTO SEM CHAPISCO
A - Ruptura no substrato
B - Ruptura interface substrato/argamassa
C - Ruptura na argamassa
D - Ruptura na interface argamassa/cola
E - Ruptura na interface cola/pastilha
- REVESTIMENTO COM CHAPISCO
A - Ruptura no substrato
B - Ruptura interface substrato/chapisco
C - Ruptura no chapisco
D - Ruptura na interface chapisco / argamassa
E - Ruptura na argamassa
F - Ruptura na interface argamassa / cola
G - Ruptura na interface cola/ pastilha

03- ESPECIFICAÇÕES NBR 13749
Revestimento interno: Ra>0,20MPa;
Revestimento externo: Ra>0,30MPa.

Média = 0,48 MPa

Fonte: Autor

Como mostrado na Figura 17 o resultado apresentou um desempenho satisfatório para a aderência do revestimento na parede interna, a qual é constituída de bloco cerâmico vazado com chapisco executado na forma convencional, com a colher de pedreiro. Além disso, a argamassa utilizada foi rodada em obra sem a presença de aditivos, o resultado foi de 0,28 MPa, sabendo que, em norma o valor mínimo é de 0,20 MPa para paredes internas, o desempenho atendeu aos requisitos de resistência a aderência estabelecidos em norma podendo assim seguir com o uso.

Após os incidentes e testes citados anteriormente, foi executado novamente um teste de aderência na alvenaria afim de atestar a nova aplicação na forma projetada, o resultado mostrado na Figura 18 novamente foi positivo, o teste entregou um resultado de 0,48 Mpa, superando assim o permitido na NBR 13749 de 2013, sendo ele de 0,20 MPa para paredes internas.

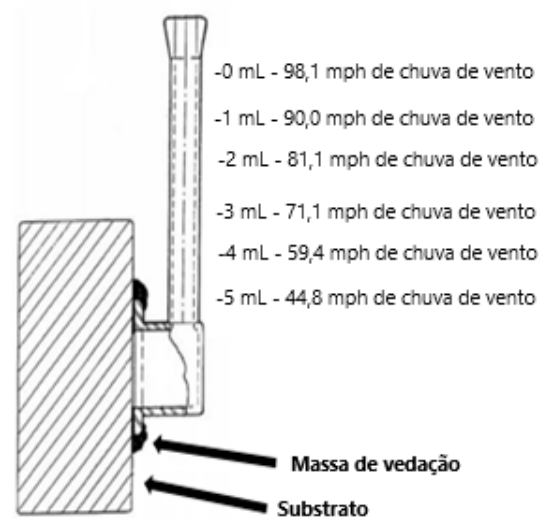
4.4 Ensaio de permeabilidade da argamassa industrializada

O ensaio de permeabilidade foi realizado em 2 locais diferentes, sendo um deles em um sistema de vedação na face interna e o outro na face externa, ambos foram executados em alvenaria com blocos

cerâmicos vazados com chapisco feitos em obra, o externo contendo a presença de aditivo colante e o interno não. Os testes foram executados como descrita na norma RILEM 11.4 com o tempo de estudo estendido para assim obter uma maior precisão do comportamento do revestimento estudado.

A norma apresenta os resultados do ensaio de duas formas, uma delas em forma de gráfico que mostra a percolação de água durante o tempo do estudo e a outra é baseada no comportamento do revestimento em uma chuva de vento com velocidade definida como na Figura 17.

Figura 19: Graduação do tubo do RILEM teste



Fonte: Prosoco (2020)

O teste então foi aplicado e os resultados são mostrados a seguir:

Tabela 1: Resultados do revestimento interno

Bateria 2 - Revestimento Interno

Tempo (h)	Volume (cm ³)			Cálculos	
	Cachimbo				
	1	2	3	Média	cm ³ /h
0,08	0,9	1	1	1	5,300
0,17	0,6	0,5	0,6	0,6	
0,25	0,5	0,9	0,5	0,5	
0,50	1,3	1,4	1,2	1,3	
1,00	2	1,9	1,8	1,9	
2,00	3	3,3	3	3	
3,00	2,2	2,6	2,4	2,4	

Fonte: Autor

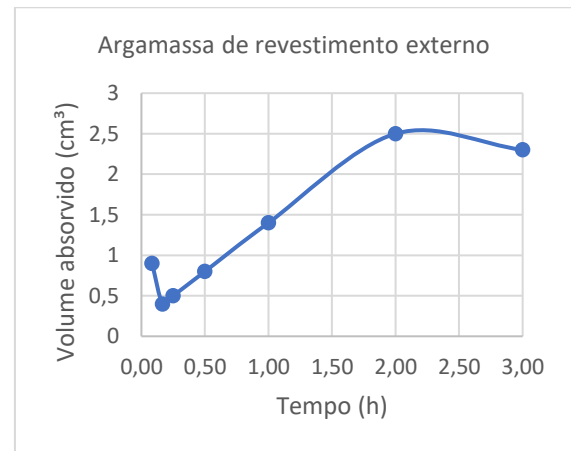
Tabela 2: Resultados do revestimento externo

Bateria 1 - Revestimento Externo					
Tempo (h)	Volume (cm ³)			Cálculos	
	Cachimbo				
	1	2	3	Média	cm ³ /h
0,08	1	0,6	0,9	0,9	4
0,17	0,4	0,3	0,4	0,4	
0,25	0,5	0,4	0,6	0,5	
0,50	0,8	0,6	1,3	0,8	
1,00	1,4	0,9	2,4	1,4	
2,00	2,5	1,3	3,6	2,5	
3,00	2,3	1,15	3,2	2,3	

Fonte: Autor

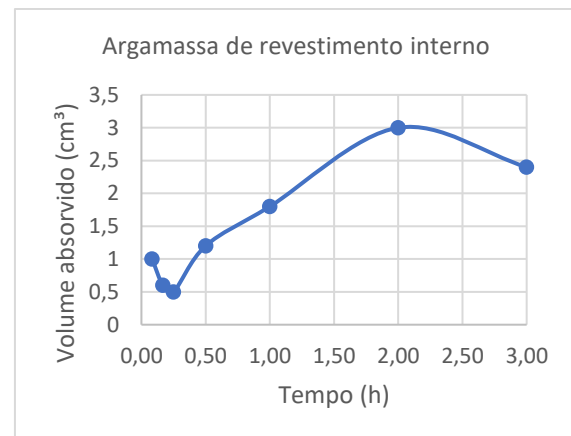
A partir das tabelas apresentadas foi possível plotar os seguintes gráficos: gráfico da figura 20 contendo o resultado da absorção para o revestimento externo, e o gráfico da figura 21 contendo o resultado da absorção de água para o revestimento interno, que são apresentados a seguir.

Figura 20: Resultado absorção de água x tempo para o revestimento externo



Fonte: Autor

Gráfico 21: Resultado absorção de água x tempo para o revestimento interno



Fonte: Autor

Através do ensaio pode-se encontrar os seguintes resultados, na tabela 1 observa-se que o revestimento interno obteve uma média de percolação de água de 5,3 cm³/h. Já no revestimento externo, a percolação foi menor, assim como mostrado na tabela 2, sendo ela de 4 cm³/h, isso ocorre devido a composição diferente das argamassas de acordo com a sua finalidade. O traço para argamassas externas possui diferenças

justamente para que as ações das intempéries sejam suportadas mais facilmente, sem que haja o aparecimento de grandes patologias.

Analisando os resultados baseando-se na pressão dinâmica do vento, determina-se que o revestimento interno suportaria uma pressão dinâmica de uma chuva de vento de aproximadamente 76 mph, ou 123 km/h, baseado em 3 horas de ensaio. Já o revestimento externo suportaria algo em torno de 78 mph ou 125 km/h de pressões dinâmicas exercidas por uma chuva de vento.

Fazendo a leitura dos gráficos é possível observar no início uma alta absorção de água pela argamassa, logo após caindo essa absorção e a partir de 15 minutos a absorção aumenta até chegar ao seu pico, por volta de 2 horas, a argamassa então inicia um processo da diminuição de absorção, o que nos permite constatar que acima desse período a argamassa absorve menos umidade do meio externo se a pressão for mantida constante durante o período.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o sistema com uso de argamassa industrializada projetada gerou uma pequena quantidade de patologias. As patologias encontradas tiveram as suas

causas identificadas para que nas próximas execuções seja aprimorado o seu desempenho, minimizando ainda mais os seus efeitos negativos. Portanto, em relação as patologias analisadas o sistema se mostrou eficiente frente ao convencional.

Considerando a aderência ao substrato, o sistema apresentou uma excelente melhora no resultado quando aplicado com o sistema de projeção. Portanto, o sistema de projeção permite a diminuição dos erros relacionados a aplicação da argamassa, além disso, pelo fato do misturador conseguir manter a quantidade de água constante e o uso da argamassa industrializada determina uma uniformidade nos traços que muitas vezes no sistema convencional não é possível devido ao erro humano.

Se tratando do teste de percolação pode-se notar que a argamassa industrializada para uso interno tem o seu traço modificado quando utilizado para áreas externas, apresentando um revestimento argamassado com percolação de 1,3 cm³/h menos poroso que o utilizado internamente. Além disso, pode-se concluir que o revestimento interno tem uma percolação de 2,4 cm³ para a pressão dinâmica de ventos de 122 km/h em chuvas de vento com 3 horas de duração. Já o revestimento externo, também para chuvas de 3 horas de duração apresenta uma

percolação de 2,3 cm³ para a pressão dinâmica em chuvas de vento com 125 km/h. Sabendo que em Uberlândia no último ano as rajadas de vento máxima não passaram de 75 km/h então observando os resultados apresentados conclui-se que o revestimento pode oferecer um bom desempenho quando a percolação, pois a estrutura ainda será revestida com pintura ou textura o que confere uma certa resistência a mais a água do meio externo.

Portanto com base nos fatores citados anteriormente pode-se concluir que o método empregado confere um bom desempenho, pois apresenta um ritmo de produção com tempo reduzido, uma maior ergonomia ao trabalhador, menor perda de material, baixa incidência de patologias, desempenho satisfatório em relação a percolação e alta aderência ao substrato devido a melhor aplicação do material no substrato.

6. AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela vida, as infindáveis bênçãos e a oportunidade de concluir mais uma etapa importante da minha vida. Logo depois gostaria de agradecer a minha família, Erisvaldo Alves Pereira, meu pai, Janicleide Ribeiro Nascimento Pereira, minha mãe, Emilly Nascimento Pereira, minha irmã e

Maria Eduarda André Nascimento, minha companheira, que foram de grande importância para mim durante a graduação, sempre buscando me apoiar, incentivar, cuidar e ajudar em todas as etapas do processo. Agradecer também ao meu professor orientador e amigo, Paulo Roberto Cabana Guterres que tanto me ensinou durante as disciplinas que ministra e o presente estudo. Ao Engenheiro responsável pela obra em que aconteceu o estudo e toda a equipe de engenharia da empresa que foram de grande importância durante o processo do estudo. Gostaria também de mencionar a importância dos meus amigos e colegas companheiros de graduação ou não que estiveram comigo me auxiliando de alguma forma durante a jornada.

7. REFERÊNCIAS

FERNANDA, Barazzetti. **Argamassa – Tipos, Traços e Normas**. 14 nov. 2022. Disponível em: <https://carluc.com.br/materiais-de-construcao/argamassa/>. Acesso em: 22 dez. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para Assentamento e**

Revestimento de Paredes e Teto – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276 – Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Teto – Determinação do Teor de Água para Obtenção do Índice de Consistência- Padrão – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277 – Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Teto – Determinação da Retenção de Água – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278 – Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Teto – Determinação da Densidade de Massa e do Teor de Ar Incorporado – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279 – Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Teto –**

Determinação da Resistência à Compressão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081 – Argamassa Colante Industrializada para Assentamento de Placas Cerâmicas.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia.** Rio de Janeiro, 2004.

MATRIX SISTEMAS. **Ficha técnica de produto: ARGAMASSA MATRIX 2203 MASSA DE PROJEÇÃO.** 2019. Disponível em: <<https://mapa-da-obra-producao.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2015/12/2021-08-26-matrix-massa-de-projecao.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2023.

CARASEK, Helena. **Capítulo 26: Argamassas.** 2010. Apresentação de slide. Disponível em: <http://www.ime.eb.br/~moniz/matconst2/argamassa_ibracon_cap26_apresentacao.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2023.

MANFRECAR. **Carrinho plataforma 4 rodas**. Disponível em: <<https://www.manfrecar.com.br/carrinho-plataforma-4-rodas>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

ENGEMAC. **Misturador Horizontal para argamassa CSM MC-45**. Disponível em: <<http://engemac.com.br/produto/argamassa-deira-misturador-horizontal-para-argamassa-csm-mc-45/136138>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

PEREIRA, Rafael Merçoni. **Análise de desempenho entre argamassas de revestimento industrializada e produzidas em obra**. Ijuí, 2019. Disponível em: <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/6804>>. Acesso em: 08 jan. 2023.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo argamassa**. 2º ed. Porto Alegre: EDIPURS, 2015. 188p.

COUTINHO, Sandra Moscon; PRETTI, Soraya Mattos; TRISTÃO, Fernando Avancini. **Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação:**

Análise do uso em Vitória-ES. P. 41-48, 2013. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art4_N21.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2023.

SENA, Gildeon Oliveira de; NASCIMENTO, Matheus Leone Martins; NETO, Abdala Carim Nabut; LIMA, Natália Maria. **Patologia das construções**. Salvador, 2020.

ABPC. **Argamassa projeto aumenta a produtividade da obra**. São Paula, 2012. Disponível em: <<https://abcp.org.br/argamassa-projetada-aumenta-a-produtividade-da-obra/>>. Acesso em: 07 jan. 2023.

PROSOCO, Frances Gale. **Measurement of water absorption under low pressure RILEM test method – test no. 11.4**. Lawrence, 2020. Disponível em: <<https://prosoco.com/app/uploads/2021/06/Tech-Note-103-Measurement-of-Water-Absorption-Under-Low-Pressure.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CONTENCO. **Aderímetro, aparelho para medição de arrancamento de aderência, hidráulico manual I-3003-H**. Disponível

em:

<<https://contenco.com.br/produto/aderimetro-aparelho-para-medicao-de-arrancamento-de-aderencia-hidraulico-manual-i-3003-h/>>. Acesso em: 09 jan. 2023.

METEORED. Histórico da previsão do tempo para Uberlândia – MG. Disponível em: <[https://www.tempo.com/uberlandia-sactual.htm#:~:text=Velocidade%20do%20vento%20\(Máx\)%2018.5%20km%2Fh](https://www.tempo.com/uberlandia-sactual.htm#:~:text=Velocidade%20do%20vento%20(Máx)%2018.5%20km%2Fh)>. Acesso em: 10 jan. 2023.