

Silva, J. F. ¹;

Graduanda, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Jucá, T. R. P. ²

Professora, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ jordannafreitasj@gmail.com; ² centraldedesempenho@gmail.com

RESUMO: As manifestações patológicas encontradas em fachadas estão relacionadas principalmente com a aderência dos revestimentos argamassados externos ao substrato. Nesse sentido é cada vez mais comum que empresas realizem o ensaio de resistência de aderência à tração, regulamentado pela NBR 13528 (ABNT, 2019). Vários fatores influenciam nessa propriedade, como o tipo e preparação da base, execução de cura, posição da fachada, método de execução. A fim de caracterizar esses fatores foram analisados os ensaios realizados em 8 fachadas de um empreendimento residencial multipavimentos em Goiânia-GO levando em consideração os valores de resistência médios e as suas formas de rupturas. A maioria (80%) dos ensaios foram aprovados de acordo com os limites estabelecidos pela NBR 13479 (ABNT, 2013). As fachadas reprovadas se encontravam na mesma orientação solar, norte, correlacionando a aderência a temperatura e insolação. Através do tipo de ruptura ficou evidenciado a falta de cura do chapisco e do emboço. São discutidas falhas na realização dos ensaios que podem ter comprometido os resultados.

Palavras-chaves: Revestimento Argamassado, Aderência, Fachada, chapisco.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil.

1 INTRODUÇÃO

A definição do sistema construtivo a ser adotado na execução da edificação é uma das decisões primordiais a serem tomadas pelo profissional da área de construção civil pois influi diretamente no processo de construção, desempenho, custo final da obra, qualidade e durabilidade.

O mais recente estudo realizado, em março de 2019, pela Worldsteel juntamente com o Instituto Aço Brasil e o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) concluiu que no Brasil o uso de sistemas construtivos moldados no local é predominante, sendo majoritário o uso do concreto armado moldado nas estruturas -

pilares, vigas e laje - e adoção da alvenaria de vedação nas paredes internas e externas, em cerca de 84% das obras.

O maior propósito da parede externa é separar o ambiente interior da edificação do exterior, de modo que as condições ambientais do interior possam ser mantidas em níveis adequados ao uso pretendido (ALLEN, 2013).

A aderência ao substrato é considerada a principal propriedade mecânica da argamassa, uma vez que é necessário garantir a durabilidade do revestimento e o seu desempenho quanto a segurança, evitando um possível deslocamento de fachada. Vários fatores podem afetar na aderência, como “propriedades da

argamassa no estado fresco, as características da base de aplicação - porosidade, rugosidade, condições de limpeza -, a superfície de contato efetivo entre a argamassa e a base” (MACIEL, et al; 1998) além da forma de aplicação, manual ou projetada.

Principalmente no caso das fachadas, as patologias dos revestimentos comprometem a imagem da Engenharia e Arquitetura do país, sendo uma agressão às vistas da população, à integridade das edificações e ferindo o conceito de habitabilidade, direito básico dos proprietários das unidades imobiliárias. Além da desvalorização natural do imóvel devido aos aspectos visuais, a base dos revestimentos (alvenaria ou concreto), sem o adequado acabamento final, torna-se vulnerável às infiltrações de água e gases, o que consequentemente conduz a sérias deteriorações no interior dos edifícios, podendo ser as mesmas de ordem estética ou até mesmo estrutural (CARVALHO JR. et al., 1999).

Devido ao grande número de edifícios multipavimentos e os riscos que são revestimentos mal aderidos nos diferentes substratos, concreto e bloco cerâmico, é de extrema relevância conhecer as variáveis que influenciam os resultados do desempenho dessas argamassas, sendo preponderante para se estabelecer projetos e execução mais adequados e visando a durabilidade do empreendimento.

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a aderência de um revestimento argamassado por meio de 08 ensaios determinados na NBR 13528 (ABNT, 2019) em uma edificação residencial de múltiplos pavimentos. De maneira específica pretende-se avaliar a influência de tipos e preparação do substrato, tipo de ruptura, orientação solar e existência de cura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A argamassa de revestimento, definida pela NBR 13529 (ABNT, 2013) como: “o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final”, que externamente além da parte estética da fachada, desempenha papel fundamental na regularização da superfície dos elementos de vedação e estruturais, auxilia diretamente na proteção desses elementos contra os agentes

agressivos e no cumprimento das suas funções como o isolamento termoacústico e estanqueidade à água.

Carasek (2007) define o revestimento argamassado de parede como tendo três principais funções. Primeiramente, no caso dos revestimentos externos, proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo. Além disso, devem integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como, isolamento térmico (~30%), isolamento acústico (~50%), estanqueidade à água (~70 a 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais. Por fim, o revestimento permite regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

Ainda segundo a mesma autora as propriedades essenciais da argamassa para que sejam satisfeitas suas funções são:

- trabalhabilidade, especialmente consistência, plasticidade e adesão inicial;
- retração;
- permeabilidade à água;
- resistência mecânica, principalmente a superficial,
- capacidade de absorver deformações;
- aderência.

A aderência é uma propriedade relevante na interação das argamassas de revestimento com o suporte, sendo determinante para o seu comportamento mecânico e durabilidade, a qual será tanto mais elevada quanto maior for a compatibilidade do revestimento ao suporte. Esta propriedade está associada à capacidade da argamassa em absorver tensões normais ou tangenciais na superfície de interface com o suporte, isto é, a capacidade para resistir a deslocamentos por tração e por cisalhamento, sem causar danos, tais como destacamentos (AGOSTINHO, 2008).

Para Carvalho Jr. (2005) é importante a aderência tanto da argamassa fresca como da argamassa endurecida. A aderência é significativamente influenciada pelas condições da base, como a porosidade e absorção de água, resistência mecânica, textura superficial e pelas próprias condições de execução do assentamento de componentes da base. A capacidade de aderência da interface base-argamassa depende, ainda, da

capacidade de retenção de água, da consistência e do teor de ar incorporado da argamassa.

A variabilidade dos resultados num ensaio de aderência à tração é elevada, pois as variáveis são em grande número dentre as quais pode-se citar: tipo de substrato, tipo de tratamento de base, composição da argamassa, energia de lançamento, altura e distância de lançamento, espessura do revestimento, tipo de pastilha (circular ou quadrada), local do ensaio (juntas ou centro do bloco), condições ambientais, entre outros (SILVA, 2006).

2.1 Fatores que influenciam a aderência

2.1.1 Tipo e preparação da base

Segundo Silva (2008) o substrato ou base é a camada que recebe o revestimento de argamassa, e pode ser classificado como de vedação ou estrutural, dependendo de sua função na estrutura. Tem muita importância no desempenho do revestimento principalmente no que tange às suas propriedades físico-mecânicas. Essas propriedades se refletem diretamente no revestimento de argamassa e influencia nos ensaios de aderência à tração, resistência ao cisalhamento e formação de fissuras.

O processo de aderência da argamassa inicia-se imediatamente após o contato da argamassa com o substrato e é devido ao movimento da água (contendo os produtos do cimento e da cal) em direção à base, que exerce sucção capilar. Assim, no que diz respeito à aderência do revestimento, tão importante quanto as características adesivas da argamassa são as propriedades e características do substrato, podendo-se destacar a matéria-prima, a porosidade (estrutura e distribuição dos tamanhos dos poros), a capacidade de absorção de água e a textura superficial como sendo as de maior importância (CARASEK et al., 2001).

A base do revestimento, através de sua capacidade de absorção de água é, normalmente, a maior responsável pela perda de água da argamassa após aplicação. Dentre os diferentes tipos de bases sobre os quais são aplicados os revestimentos, destacam-se as paredes de alvenaria e os elementos estruturais (vigas, lajes e paredes). Com relação às alvenarias empregadas que compõem as vedações verticais, tem-se uma diversidade grande de materiais, sendo os mais correntemente empregados os

blocos cerâmicos, os de concreto, os sílico-calcário, os de concreto celular e outros. Cada um destes tem características distintas e peculiares que serão fundamentais para promover uma aderência satisfatória entre a base e o revestimento em argamassa. (PAES, BAUER E CARASEK, 2005).

Paes et al. (2005) analisaram em sua pesquisa os resultados das avaliações da estrutura de poros de duas argamassas mistas de revestimento, com diferentes granulometrias, aplicadas sobre blocos cerâmicos e concreto, por meio da técnica de porosimetria por intrusão de mercúrio. As argamassas foram obtidas com cimento Portland II-F-32, cal CH I e areia natural, aplicadas sobre blocos cerâmicos e de concreto nas proporções de argamassa A (1:1,24:6,82, em volume) e argamassa B (1:1,80:6,82, em volume). A conclusão deste estudo está apresentada a seguir:

- o diâmetro, estrutura, volume e distribuição dos poros do substrato, aliados às suas características superficiais influem na quantidade e velocidade de água transportada para seu interior e, conseqüentemente, na alteração das propriedades da argamassa em contato com a base absorvente;
- a resistência de aderência reflete a interação entre a argamassa e o bloco e, portanto, depende das características associadas a esses dois materiais. A natureza dos blocos foi extremamente significativa nos valores desta propriedade. Blocos de concreto proporcionaram uma resistência de aderência muito superior (76 e 130% maiores) aos valores produzidos pelos blocos cerâmicos;
- o bloco cerâmico apresenta uma superfície mais compacta e lisa, o que pode dificultar o transporte de água da argamassa, uma vez que esta água se encontra mais restringida em um sistema de poros saturados. Este fator pode ocasionar na argamassa uma região, próxima da interface, mais porosa conduzindo a valores mais baixos de resistência de aderência, Figura 1 (a);
- o bloco de concreto apresenta maior rugosidade superficial, o que proporciona um aumento da área de contato entre este e a argamassa, permite uma melhor penetração da pasta aglomerante no interior do bloco, contribuindo

para a melhoria da resistência de aderência, micrografia indicada na Figura 1 (b).

Figura 1 - Vista da superfície dos blocos (a) cerâmico (b) concreto através de lupa estereoscópica – Aumento de 50 vezes.



Fonte: Scartezini (2002)

Paes (2004) destaca que com o intuito de melhorar e adaptar o substrato, emprega-se rotineiramente o pré umedecimento da base (com utilização de broxa) ou o chapisco. Este último visa fornecer ao substrato uma textura adequadamente rugosa e com porosidade apropriada ao desenvolvimento da aderência. Além da textura, o chapisco tem função de regular a capacidade de sucção por parte do substrato. Assim, substratos de elevada sucção (alvenarias de concreto celular e de concreto) têm no chapisco um elemento que diminui a intensidade do transporte de água das argamassas para o substrato. Em contrapartida, substratos de baixa sucção (elementos estruturais em concreto, bloco cerâmico – Figura 2, necessitam do chapisco como elemento incrementador da sucção de água da argamassa, com o intuito do desenvolvimento adequado da aderência do revestimento.

Figura 2 - Vista geral da amostra de bloco cerâmico chapiscado após a fratura do revestimento. Imagem obtida na lupa estereoscópica com ampliação de 51,2 vezes.



Fonte: Scartezini (2002)

2.1.2 Posição da fachada

As fachadas estão expostas às ações externas de origem climática e, dependendo da sua orientação, sofrem influências de diferentes intensidades (Zanoni, 2015). A temperatura superficial da fachada é resultado da interação entre temperatura do ar, radiação solar, nebulosidade, ventos, precipitação e as características higrotérmicas e mecânicas dos constituintes da fachada, conforme a sua orientação e localização geográfica. As variações das temperaturas superficiais da fachada possuem comportamento sazonal (verão e inverno) e cíclico (ZANONI, 2015).

Parte do conteúdo de água é perdida por evaporação superficial para o ambiente, dependendo das condições climáticas as quais irão regular os parâmetros do equilíbrio higrotérmico. A perda de água para o ambiente por evaporação é menor do que a parcela absorvida pela base, mas dependendo das condições ambientais pode afetar a integridade física do revestimento pela retração e fissuração excessiva no momento da secagem. Quando a capacidade de absorção de água do substrato cessar, a evaporação para o ambiente será o único processo de dessecação atuante no sistema (DETRICHE E MASO, 1986).

De acordo com Pombo Fernandes (1983), Goiânia tem como coordenadas geográficas, 16° 41' Sul e 49° 17' Oeste, estando localizada numa zona entre a tropical e a subtropical. Posteriormente, Pombo Fernandes (2007) realizou um estudo que define a fachada Norte como bastante sacrificada no solstício de inverno – com insolação o dia inteiro, agravado por céu quase sempre limpo (43% de nebulosidade), estação seca –. A fachada Sul é privilegiada quanto à insolação, que é mínima, tendo sol somente no solstício de verão.

2.1.3 Cura

A cura das argamassas – mediante proteção contra a secagem precoce por ação do vento ou do sol e eventual umedecimento – constitui uma peça chave para a prevenção da fissuração por retração hidráulica, uma vez que, apesar de não diminuir o valor final da retração, esta ocorre num período em que as argamassas já têm resistência mecânica suficiente (SILVA e ABRANTES, 2007).

A manutenção do revestimento umedecido por qualquer procedimento de cura úmida, até que os

espaços reservados à pasta de cimento, inicialmente preenchidos com água, sejam preenchidos pelos produtos de hidratação do cimento é fator determinante na redução da retração, na redução da porosidade e consequente permeabilidade e capacidade de absorção do revestimento (PEREIRA, P. C; CARASEK, H; FRANCINETE JR, P, 2005).

Scartezini (2002) realizou ensaios de aderência à tração para painéis de blocos de concreto e cerâmicos e os resultados das análises de variâncias mostram que a o fator cura foi significativo e possui dependência com o tipo de preparo do substrato.

O autor ainda conclui que a aderência para as situações submetidas apenas à cura úmida foi superior aos painéis submetidos apenas à cura ao ambiente ao longo do tempo, não apresentando a queda na resistência de aderência conforme verificado nas demais situações, Figura 3.

Figura 3 - Representação esquemática do comportamento típico entre as resistências de aderência ao longo do tempo para as situações de cura úmida e cura ao ambiente.



Fonte: Scartezini (2002)

O acréscimo na resistência de aderência proporcionada pela cura úmida do revestimento verificada por Scartezini (2002) foi de 14 a 41% para bloco cerâmico e 23 a 19% para blocos de concreto dependendo do tipo de preparo da base. Corroborando com este estudo Pereira et al. (2005) concluíram que em média os revestimentos aos 4 meses de idade, apresentaram resistências de aderência superiores a 10% e 25%, respectivamente para cura úmida aos 3 dias e 7 dias, em relação à cura ao ar.

De acordo com as recomendações da NBR 7200 (ABNT,1998) em regiões de clima muito seco e quente, o chapisco deve ser protegido da ação direta do sol e do vento através de processos que mantenham a umidade da superfície. Sugere-se que ele seja curado duas vezes ao dia durante 3 dias.

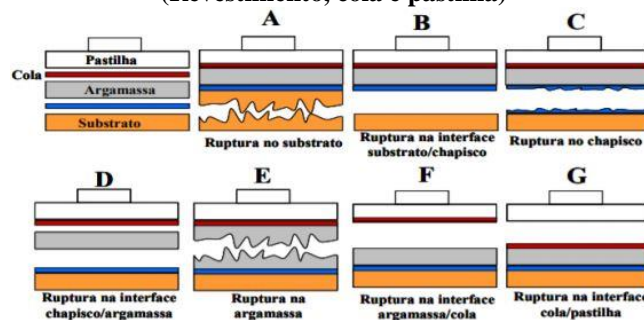
3 METODOLOGIA

Este estudo de caso foi realizado em 8 fachadas de um edifício residencial com 28 pavimentos localizado na cidade de Goiânia-GO. O sistema construtivo é composto por estrutura de concreto armado, alvenaria de vedação em blocos cerâmicos e de concreto (vergas). O substrato foi preparado com aplicação de chapisco comum (1:3) e a argamassa usinada de reboco foi aplicada manualmente, para acabamento em textura.

A resistência de aderência de cada corpo de prova é determinada pela razão entre a força de ruptura (N) e a área da seção do corpo de prova (mm²), portanto, com o auxílio de uma serra-copo diamantada foram feitos cortes no revestimento e a limpeza da superfície sobre a qual foram coladas as pastilhas metálicas de sessão circular (50 ± 1) mm de diâmetro acoplada a um dinamômetro que aplica uma taxa de carregamento constante até a ruptura dos 12 corpos-de-prova retirados de forma aleatória por fachada para a avaliação da resistência.

Após a ruptura dos corpos-de-prova efetuou-se a análise da forma de rompimento e anotações. A NBR 13528 (2019) descreve as formas em que podem ocorrer as rupturas dos corpos-de-prova durante o ensaio para argamassas sem ou com chapisco, esta última conforme a Figura 4.

Figura 4 - Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco e esquema do conjunto de camadas (Revestimento, cola e pastilha)

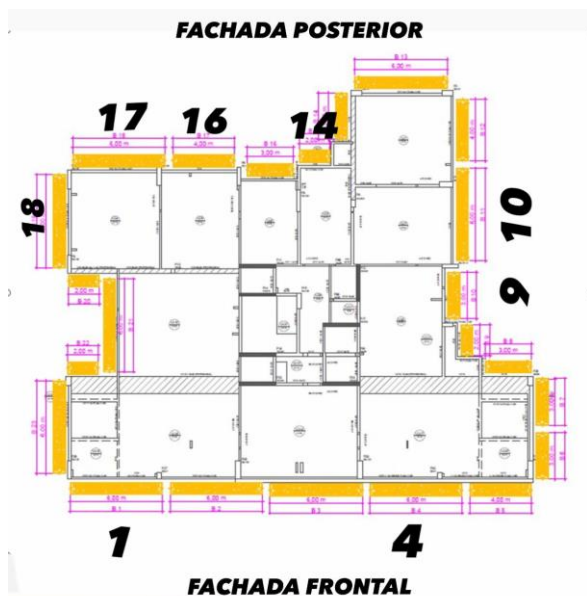


Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2019, p. 9)

Uma empresa terceirizada foi contratada pela construtora para realizar uma simulação do cenário de locação do empreendimento. Utilizando-se do software DIALUX para reproduzir o dia 24/04 às 9:30h conforme método descrito na NBR 15575 (ABNT, 2013).

As fachadas do empreendimento selecionadas para serem ensaiadas estão dispostas e enumeradas conforme Figura 5.

Figura 5 – Mapa de fachadas



Fonte: O autor.

As coletas dos corpos-de-prova foram divididas em duas etapas:

Data: 18/06/2020

Altura: 6º Pavimento

Fachada frontal: 1 e 4 (a)

Fachada lateral esquerda: 9 e 10 (b)

Data: 03/09/2020

Altura: 10º Pavimento

Fachada posterior: 14, 16, 17 (c)

Fachada lateral direita: 18 (d)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao iniciar este projeto o objetivo era avaliar os resultados de ensaios realizados no revestimento argamassado externo de uma edificação multipavimentos analisando o tipo e preparação da base, propriedades reológicas da argamassa, cura e disposição da fachada através do estudo de ensaios complementares aos de aderência. Por se tratar de empresas terceirizadas houve uma omissão por parte dos mesmos e não disponibilização do material para ser analisado e compor o presente trabalho.

Tendo posse dos ensaios de aderência iniciou-se então uma nova linha de trabalho, visando analisar os valores de resistência obtidos, bem como tipos de rupturas, cura e a influência de erros durante a execução deles.

Esta análise se apresenta no capítulo a seguir.

4.1 Resistência de aderência média

Os ensaios de resistência de aderência à tração de que se trata este trabalho foram realizados por uma empresa terceirizada contratada pela construtora para fins de controle tecnológico dos revestimentos argamassados de fachada.

Os resultados obtidos pelos 12 corpos de prova de 8 fachadas estão apresentados conforme tabela da Figura 6.

Figura 6 – Tensão de tração para ruptura dos corpos de prova, em MPa.

Nº CP	Fachada 1	Fachada 4	Fachada 9	Fachada 10	Fachada 14	Fachada 16	Fachada 17	Fachada 18
CP-1	0,68	0,44	0,52	0,25	0,37	0,40	0,38	0,70
CP-2	0,53	0,50	0,38	0,38	0,15	0,72	0,44	0,11
CP-3	0,40	0,40	0,18	0,33	0,45	0,62	0,42	0,40
CP-4	0,34	0,34	0,33	0,35	0,35	0,52	0,41	0,31
CP-5	0,39	0,35	0,42	0,41	0,55	0,29	0,49	0,12
CP-6	0,32	0,26	0,22	0,21	0,18	0,23	0,51	0,56
CP-7	0,67	0,45	0,24	0,22	0,36	0,33	0,17	0,25
CP-8	0,45	0,54	0,11	0,30	0,05	0,60	0,61	0,33
CP-9	0,34	0,40	0,41	0,50	0,37	0,43	0,40	0,24
CP-10	0,21	0,29	0,28	0,36	0,30	0,52	0,12	0,26
CP-11	0,67	0,33	0,35	0,07	0,31	0,21	0,33	0,31
CP-12	0,43	0,28	0,08	0,27	0,29	0,15	0,52	0,31

Fonte: O autor.

De acordo com a Figura 6, nos valores apresentados chama-se a atenção a discrepância de valores de resistência encontrados nos ensaios para uma mesma fachada.

A NBR 13749 (ABNT, 2013) estabelece que no mínimo oito desses corpos-de-prova extraídos devem apresentar resistência de aderência à tração iguais ou superiores a 0,30 MPa para que o revestimento argamassado externo seja aprovado pela referida Norma, tabela Figura 7.

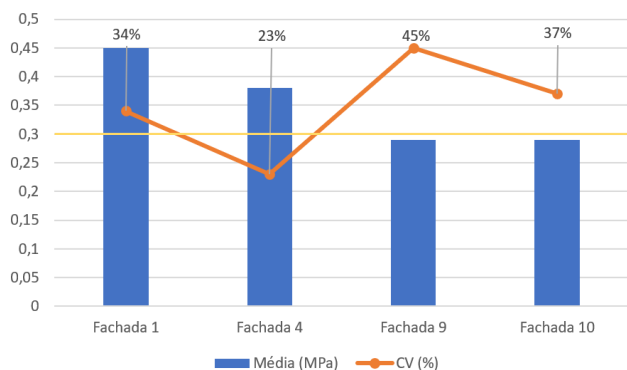
Tabela 7 – Limite de resistência de aderência à tração para emboço e camada única

Local	Acabamento	Ra (Mpa)	
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥0,20
		Cerâmica ou laminado	≥0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥0,30
		Cerâmica	≥0,30
Teto		≥0,20	

Fonte: ABNT NBR 13749 (2013)

Para a análise da resistência média os ensaios foram divididos por fachadas e datas de realização. As fachadas frontal e lateral esquerda apresentaram resultados conforme gráfico da figura 8.

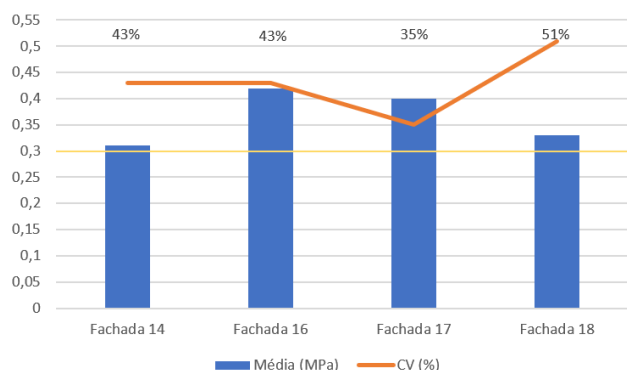
Figura 8 – Gráfico de resistência média por fachada em ensaio realizado na data de 18/06/2020.



Fonte: O autor.

Já os resultados obtidos pelos ensaios das fachadas posterior e lateral direita estão apresentados no gráfico da Figura 9.

Figura 9 – Gráfico de resistência média e coeficiente de variação por fachada em ensaio realizado na data de 03/09/2020.



Fonte: O autor.

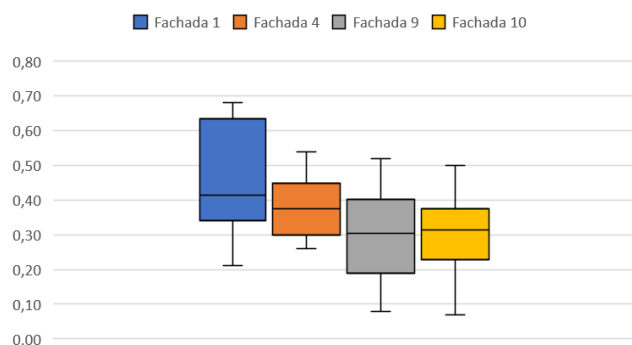
Com relação aos critérios estabelecidos pela NBR 13749 (ABNT, 2013), 80% das amostras analisadas foram aprovadas e 25% foram reprovadas.

Segundo Carasek (2011), o coeficiente de variação fornece a variabilidade dos dados obtidos em relação à média, ou seja, quanto menor o seu valor, mais homogêneos são os dados.

Corroborando com a análise feita por Carasek (2011) de que os resultados de aderência à tração apresentam

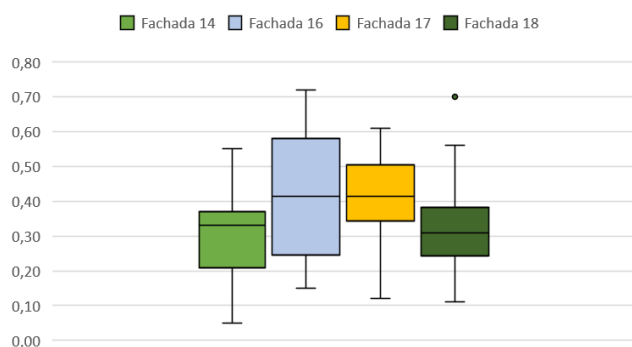
alta dispersão, resultando em coeficientes de variação da ordem de 10% a 35%, mas chegam muitas vezes a 50% e 60%, o coeficiente de variação médio encontrado nessa pesquisa, para estes ensaios, é da ordem de 38%, conforme se apresenta nas figuras 10 e 11.

Figura 10– Gráfico da média, intervalo de confiança e desvio padrão – 18/06/2020.



Fonte: O autor.

Figura 11 – Gráfico da média, intervalo de confiança e desvio padrão – 18/06/2020.



Fonte: O autor.

4.2 Tipos de ruptura

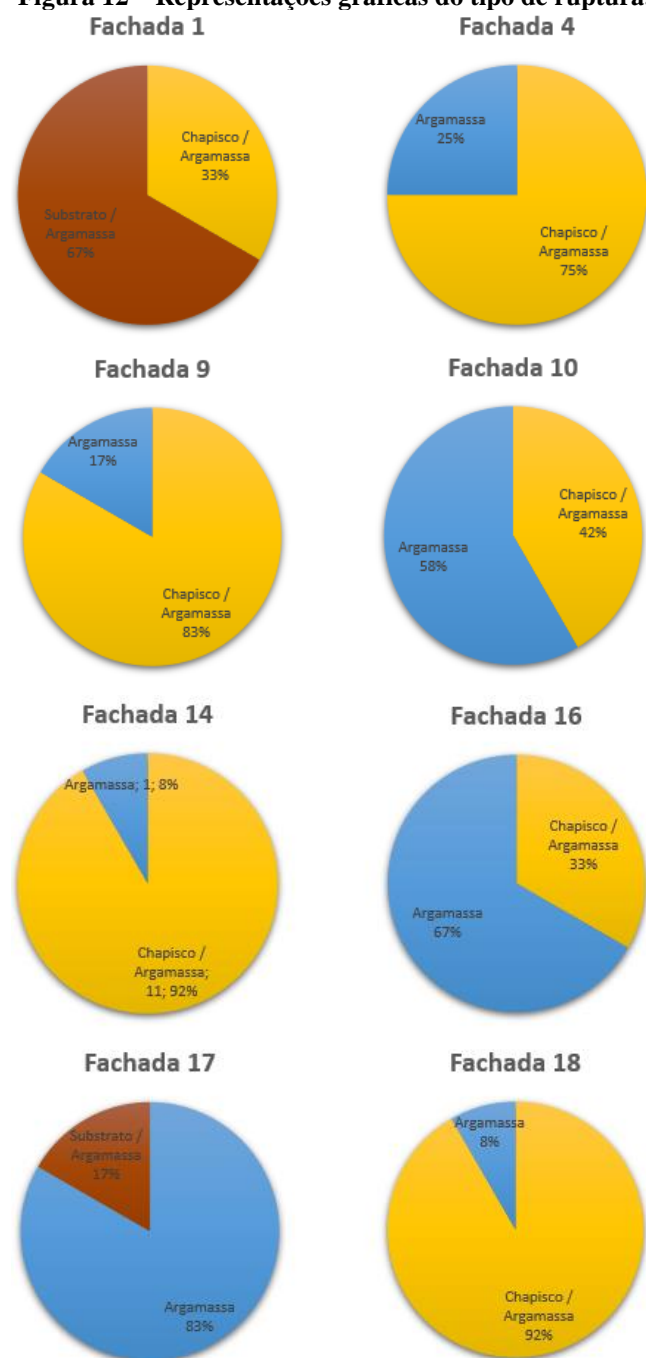
Além do valor obtido para a resistência de aderência à tração, outro aspecto que deve ser levado em consideração é a forma de ruptura. Para os revestimentos com chapisco, são passíveis de ocorrer em sete diferentes localizações: substrato, substrato/chapisco, chapisco, chapisco/argamassa, argamassa, argamassa/cola e cola/pastilha.

As rupturas na cola e cola/pastilha são consideradas falhas na execução e não ocorreram neste ensaio. Além disso, foi necessário adicionar a forma de ruptura substrato/argamassa, mesmo se tratando de um sistema de revestimento com chapisco, pois os resultados apontaram que em alguns pontos não foram observadas a sua aplicação.

A classificação compôs-se em rupturas adesivas e coesivas. As rupturas são denominadas coesivas quando ocorrem nas regiões internas de algum material constituinte, enquanto as adesivas são aquelas que ocorrem nas interfaces, ou seja, nas regiões de contato de dois materiais. Quando a ruptura se dá na camada superficial da argamassa, indica que este elemento é o mais fraco do revestimento. Quando ocorre na pastilha e a cola, indica falha na execução (BARRETO e BRANDÃO, 2014).

Apresentam-se os gráficos referentes aos tipos de ruptura na Figura 12.

Figura 12 – Representações gráficas do tipo de ruptura.



Fonte: O autor.

De acordo com a Figura 12 é possível definir que a maioria das rupturas (67%) foram do tipo adesivas, sendo 56% na interface chapisco/argamassa e 11% na interface substrato/argamassa. Enquanto 33% das rupturas foram do tipo coesivas, ocorrendo na argamassa.

4.3 Cura e temperatura

A cura da argamassa também é um fator interveniente nos resultados de resistência de aderência. Carasek (1996) cita o estudo realizado por Lamana *et al.* (1970) para comprovar a influência desse processo. Os referidos autores constataram que, dentre os diversos fatores influentes, a condição de cura foi o que exerceu maior influência na resistência de aderência. Eles obtiveram acréscimos de até 230% em relação aos corpos de prova curados ao ambiente.

Durante a etapa de resultados deste trabalho foi realizado um questionário com os responsáveis técnicos pela obra ensaiada, os quais informaram uma falha da administração quanto ao controle sobre a execução da cura das fachadas pelos funcionários, já que inicialmente não estavam sendo feitas. Tema que inclusive foi abordado em treinamentos para equipe de pedreiros, porém o resultado obtido não ocorreu como esperado.

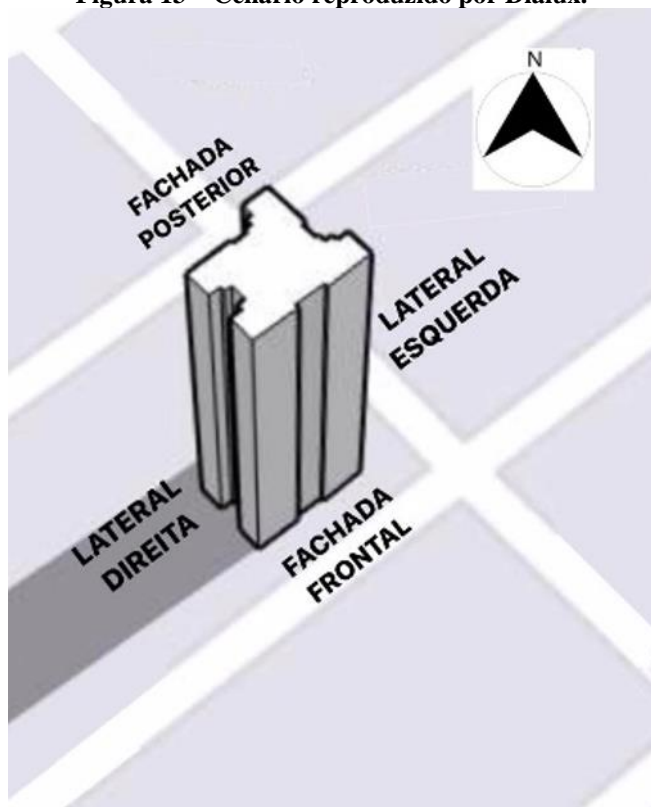
É possível observar a influência da falta da cura úmida no chapisco das fachadas através da forma de ruptura predominante no ensaio de aderência à tração ocorrer na interface chapisco/argamassa, indicando que tanto a camada do chapisco quanto à interface entre ela e a argamassa se tornaram zonas frágeis do sistema de revestimento por falta de água transportada.

A condição de temperatura é um fator que pode ser citado durante o processo de cura na aderência dos revestimentos externos. Moura (2007) estudou esse fator em argamassas aplicadas sobre blocos de concreto e comprovou, através de análises estatísticas de variância, que tanto a ação de ventos quanto elevadas temperaturas reduzem de forma significativa os resultados de resistência de aderência. A ação da temperatura elevada na cura da argamassa de chapisco, se mostrou significativamente influente na resistência de aderência do sistema, contribuindo com uma queda de resistência, quando da ação do calor, de aproximadamente 0,08 MPa. Este efeito mais pronunciado é resultado da secagem do material ocorrer

juntamente com a hidratação acelerada, que é responsável pela formação de produtos mais frágeis.

A representação gráfica contratada pela empresa para retratar a posição do empreendimento em relação ao sol, reproduzindo o dia 24/04 às 9:30h está representada na Figura 13.

Figura 13 – Cenário reproduzido por Dialux.



Fonte: Construtora.

É possível identificar que a fachada lateral esquerda e a posterior são as mais afetadas pela insolação e consequentemente sofrem com as maiores temperaturas superficiais. Podendo esse ser um dos fatores que justificaria o resultado dos ensaios das fachadas 9 e 10 (lateral esquerda) serem as únicas a não atingirem a resistência de 0,3MPa preconizada na Norma.

4.4 *Variações de ensaio*

Variações introduzem erros ou incertezas que influenciam nos resultados de ensaios, tornando estes apenas uma aproximação do valor verdadeiro do mensurado. Parte desta incerteza é oriunda do próprio instrumento de medição.

Os equipamentos empregados para a realização deste ensaio não apresentam complexidade técnica, quase todos baseiam-se em sistemas hidráulicos. Entretanto, representam um custo elevado, principalmente quando

importados e dos percalços existentes na manutenção, reparo e calibração (OLIVEIRA E ALFONSO, 2005).

Uma forma de reduzir a variabilidade intrínseca do equipamento é calibrá-lo antes da execução dos ensaios e verificar a técnica correta de utilização.

Ao analisar os resultados dos ensaios entregues pela empresa terceirizada foi possível constatar que na execução da primeira etapa do ensaio, realizada em junho/2020, a calibração do equipamento estava dentro do prazo de validade. Já na segunda etapa o equipamento se encontrava com a calibração vencida, reportando ao descuido da contratada com a precisão dos ensaios que por si só já apresenta alta discrepância de resultados.

De acordo com Austin, Robin e Pan (1995) a excentricidade da carga também é um fator que afeta os resultados do ensaio de arrancamento, dependendo basicamente da ortogonalidade do corte e do posicionamento correto da pastilha sob o corpo-de-prova. Se a ortogonalidade do corte não for garantida, a excentricidade do carregamento aumentará com a profundidade do mesmo.

Cargas aplicadas com excentricidade reduzem em 27% os valores de resistência de aderência à tração quando comparadas com cargas aplicadas sem excentricidade. Isto pode ser explicado pelo efeito de flexão, que surge devido à excentricidade, e aumentam o nível de tensões em uma determinada área do corpo-de-prova, reduzindo desta maneira os resultados de aderência (COSTA, 2007).

Para a coleta das amostras do revestimento do estudo de caso um fator observado foi que durante a realização do ensaio o operador do equipamento não atendeu as condições ergonômicas necessárias visto que fazia o ensaio de dentro dos ambientes projetando parte do corpo para fora juntamente com o equipamento. Por ser realizado após o período de 28 dias todos os balancins já haviam sido desinstalados. Sendo necessário que, utilizando os equipamentos de proteção individual necessários, ele se projetasse para a parte externa do prédio através dos vãos de janelas para ter acesso às fachadas. Sendo a forma de aplicação da carga outro fator que possa influenciar significativamente na resistência.

5 CONCLUSÕES

As fachadas que estão voltadas para a orientação norte e que sofrem com as maiores incidências de insolação não atingiram o valor mínimo de resistência prescrito na norma.

As fachadas 1 e 17 não evidenciaram a presença de chapisco através de sua forma de ruptura que ocorreu na interface argamassa/substrato, porém apresentaram os maiores valores de resistência média, levando a consideração da necessidade ou não da aplicação do chapisco nesse caso.

Este trabalho aponta sobre a importância do controle e acompanhamento de obras para que todos os procedimentos de execução sejam cumpridos, uma vez que não foram realizadas as curas do chapisco, o que levou ao alto índice de rupturas dos corpos-de-prova na interface chapisco/argamassa, sendo essa a região mais frágil do sistema, se tratando de uma ruptura coesiva com mais suscetibilidade a patologias e deslocamentos. Além de estimular a discussão sobre a dificuldade de se realizar corretamente a cura úmida em fachadas de prédios cada vez mais altos, sendo uma saída a utilização de cura química, por exemplo.

Por fim, é notória o despreparo de empresas envolvidas, tanto as de fornecimento de materiais, que não realizam e não apresentam para as contratantes os ensaios tecnológicos, quanto às responsáveis pela execução dos ensaios, que se utilizam de equipamentos com calibração vencida, executando os procedimentos de maneira divergente da preconizada em norma, o que acaba influenciando e mascarando os resultados apresentados. Assim, se destaca a importância do monitoramento pelo construtor dos ensaios que são realizados durante a realização da construção e para isso, é necessário conhecimento técnico normativo.

6 REFERÊNCIAS

- ABRANTES, V; SILVA, J.M. **Patologia em paredes de alvenaria: causas e soluções**. In: Seminário sobre Paredes de Alvenaria – Inovação e possibilidades atuais. OERN – Ordem dos Engenheiros da Região Norte. Porto. 2007.
- AGOSTINHO, Claudia. **Estudo da evolução do desempenho no tempo de argamassas de cal aérea**. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de

Lisboa - Dissertação Grau de Mestre em Engenharia Civil - Abril 2008

- ALLEN, E; IANO, J. **Fundamentos da Engenharia de Edificações: Materiais e Métodos**. 5ª edição. xii, 996 p. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528-2:2019** - Revestimento de paredes e tetos em argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração - Método de Ensaio, Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749** - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação, Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23** - Cimento portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 7200**: Revestimentos de paredes e tetos com argamassas: materiais, preparo e manutenção. Rio de Janeiro, 1998.
- BARRETO, M.F.O & BRANDÃO, P. R. G. **Avaliação da resistência de aderência à tração de argamassas de cimento portland novas e envelhecidas**. 2014. 10. Artigo – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, 2014.
- CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, IV, 2001, Brasília. Anais... Brasília: PECC / ANTAC, 2001.p43-67.
- CARASEK, H. **Guia de avaliação e interpretação de ensaios de sistemas de revestimento de argamassa**. Comunidade da construção de Belo Horizonte. Belo Horizonte. 2011. 21 p. 4º Ciclo.
- CARASEK, H.. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, IBRACON, 2007.
- CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos – Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 285 p. São Paulo. 1996.
- CARVALHO JR., A. N., **Avaliação da aderência dos revestimentos argamassados: uma contribuição à identificação do sistema de aderência mecânico**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2005.

- 331p. (Tese, Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas).
- CARVALHO, JR., A. N., SILVA, A. P., NETO, F. M. **Perícias em patologias de revestimentos de fachadas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, X COBREAP, 1999, Porto Alegre. Anais em disquete (artigo nº 20)... Porto Alegre: IBAPE, 1999.
- CBCA – **Centro Brasileiro da Construção em Aço. Estudo de sistemas construtivos nas obras brasileiras.** 2019. Disponível em: < <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias/cbca-divulga-pesquisa-sobre-o-uso-de-sistemas-construtivos-nas-obras-brasileiras> >. Acesso em: 22/11/2020.
- COSTA, Pedro Laranja d’Araujo. **Patologias do Processo Executivo de Revestimentos de Fachada de edifícios.** 2013. 81f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.)
- DÉTRICHÉ, C.H.; MASO, J.C. **Differential hydration in rendering mortars.** *Cement and Concrete Research*, v.16, 1986.
- PAES, I. N. L. (2004). **Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-Aplicação.** Tese de Doutorado, Publicação E.TD 008A/04, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 242p.
- PEREIRA, A.P.C; CARASEK, H.; FRANCINETE, P. **Influência da cura no desempenho de revestimentos com argamassas inorgânicas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE 174 TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis: CETA / ANTAC, 2005.
- POMBO FERNANDES, A. M. **Insolação de edifícios e o projeto de suas proteções.** Goiânia; 1983. Notas de aula. Universidade Católica de Goiás-UCG.
- POMBO FERNANDES, A. M. **Arquitetura e sombreamento: parâmetros para a região climática de Goiânia.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- MOURA, C. **Aderência dos revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: análise da influência das condições de temperatura e ventilação na cura da camada de preparo com argamassa de chapisco.** 239 p. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2007.
- SCARTEZINI, L M. B. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa.** xxiv, 262f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Goiás, 2002.
- ZANONI, V.A.G. (2015). **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento**

higrotérmico de fachadas em Brasília. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 293 p.