



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

ALAERÇO CLEMENTE DOS SANTOS JÚNIOR

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM
SUBSTRATO DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DO TIPO DE CHAPISCO, DA
RUGOSIDADE DO SUBSTRATO E DA CURA ÚMIDA**

Palmas

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

ALAERÇO CLEMENTE DOS SANTOS JÚNIOR

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM
SUBSTRATO DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DO TIPO DE CHAPISCO, DA
RUGOSIDADE DO SUBSTRATO E DA CURA ÚMIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia civil do Curso Superior de
Engenharia civil do Instituto Federal do Tocantins,
Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto

Palmas

2018

Junior, Alaerço Clemente dos Santos

Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: influência do tipo de chapisco, da rugosidade do substrato e da cura úmida.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, *Campus* Palmas, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto

1. Resistencia de aderência à tração. 2. Chapiscos. 3. substrato de concreto I. Título

ALAERÇO CLEMENTE DOS SANTOS JUNIOR

**ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM
SUBSTRATO DE CONCRETO: INFLUÊNCIA DO TIPO DE CHAPISCO, DA
RUGOSIDADE DO SUBSTRATO E DA CURA ÚMIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia civil do Curso Superior de
Engenharia civil do Instituto Federal do
Tocantins, *Campus Palmas*.

Aprovado em ____ / ____ / ____.

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto (Orientador)
IFTO – *Campus Palmas*

Prof. Me. Adriano dos Guimarães de Carvalho
IFTO – *Campus Palmas*

Prof. Dr. Thiago Dias Araujo
IFTO – *Campus Palmas*

A minha família: meus pais, Alaerço e Flávia,
minha irmã Gabriela e a minha namorada
Kamylla, que me acompanharam durante
toda essa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, me dando saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Alaerço e Flávia, pelo amor e incentivo em todos os momentos de minha vida, que sempre lutaram e me deram todas as condições para que eu realizasse este sonho.

As minhas irmãs Gabriela e Raissa, em nome de suas famílias em especial meus sobrinhos e afilhados João Pedro, João Gabriel, Ana Clara e Maria Luiza, que sempre me apoiaram e me ajudaram durante essa trajetória.

A minha namorada Kamylla por todo o companheirismo ao longo dessa jornada, estando sempre ao meu lado me amparando e compartilhando o dia a dia desse período acadêmico.

Aos familiares e amigos que caminharam e torceram por mim durante essa jornada.

A empresa JP Arquitetura, em especial ao Engenheiro Jose Pessoa Neto, que foi o responsável pela escolha do tema deste trabalho e me apadrinhou me ajudando em todos os momentos para a execução deste.

Aos amigos de faculdade Wesley, Arthur, Joao Adriano, Hizada, Dafne, Poliana e tantos outros, pelas parcerias de estudo e pelas amizades criadas e pelos dias de luta vencidos dentro da instituição.

Ao professor Moacyr Salles, pela orientação, apoio e confiança.

A todos outros que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Revestimentos argamassados são amplamente empregados na indústria da construção civil e é uma área de bastante interesse de estudo no meio técnico, devido à grande ocorrência de manifestações patológicas associadas à falha de aderência a substratos, desvalorizando esteticamente edifícios, além de representar insegurança e comprometer o conforto dos usuários. Abordando o problema, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da rugosidade gerada por lixamento nos substratos de concreto, o tipo de chapisco e a influência da cura úmida no desempenho destes na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto. Para atender os objetivos propostos, além da revisão bibliográfica, foi realizada pesquisa de caráter experimental onde foram realizadas análises em cima de dados de ensaios de resistência de aderência de revestimentos de argamassa, de acordo com procedimentos descritos na NBR 13528 (ABNT, 2010), realizados na obra Diamante do lago da empresa JP Arquitetura, na cidade de Palmas-TO. Foram analisados 3 tipos de chapiscos, sendo eles convencional, aditivado, e com argamassa ACIII, aplicados sob 2 condições de tratamento do substrato de concreto, sendo uma lixada e outra não lixada e ainda foi avaliado a influência do processo de cura úmida dos chapiscos. Afim de isolar o efeito do chapisco, nesta pesquisa, o substrato de concreto e a argamassa de revestimento foram mantidos fixos. Ao todo foram realizados pelo menos 144 testes de arrancamento, e análise da viabilidade financeira da execução de cada sistema de revestimento, onde foi observado que o chapisco aditivado com aditivo colante à base de resina estireno-butadieno (SBR), foi o que apresentou, no geral, os melhores resultados de aderência nas superfícies ensaiadas, bem como foi o tipo de chapisco mais viável economicamente, além disso o chapisco convencional foi avaliado como inviável para revestimentos de fachadas. Verificou-se também que o lixamento do substrato proporcionou melhora nos valores de aderência, porém se mostrou com viabilidade inferior ao processo de cura úmida dos chapiscos.

Palavras-chave: Resistencia de aderência à tração. Chapiscos. Substrato de concreto.

ABSTRACT

Mortar coatings are largely used in the civil construction industry and is an area of great interest of study for technical means, seen the big occurrence of pathological manifestations associated to the lack of adhesion to substrates, devaluing edifications esthetically, furthermore representing insecurity and compromising the users' comfort. Approaching the issue, the present paper had as objective evaluate the influence of the roughness produced by the sanding of the concrete substrates, the type of adhesion promoters and the influence of humid healing in the performance of these in the tensile strength of the mortar coatings applied to concrete substrates. To comply with the proposed objectives, as much as literature review, there were made experimental research that fulfilled analyses of data on adhesion strength of mortar coating, based on the procedures described in the NBR 13528 (ABNT, 2010), issued at the job site Diamante do Lago (Lake's Diamond) of the JP Arquitetura (JP Architecture) company, located at Palmas-TO. Were analyzed 3 types of adhesion promoters, being them conventional, additive, e with ACIII mortar, applied under two conditions of concrete substrate treatment, being one sanding and the other without sanding and still was evaluated the influence of the process of humid healing of the adhesion promoters. To isolate the adhesion promoters' effect, in this paper, the concrete substrate and the mortar coating did not change. In total were used at least 144 tear tests, and financial viability analysis of the execution of each coating system, where it was observed that the adhesion promoter with gluing additive based on Styrene-Butadiene Resin (SBR) presented, in general, the best results of adhesion strength on the studied surfaces, as well as the most economically viable adhesion promoter, beyond that the conventional adhesion promoter was evaluated as unviable for facade cladding. It was verified also that the substrate sanding provided an improvement to the adhesion results but showed itself with less viability than the adhesion promoters' humid healing process.

Key-words: Tensile Strength. Adhesion Promoter. Concrete Substrate.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.2	Problema de pesquisa.....	13
1.3	Justificativa	13
1.4	Objetivos	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Sistema de revestimento e argamassa	15
2.1.1	Argamassa de chapisco	16
2.1.1.1	Tipos de Chapisco	17
2.2	Desmoldantes.....	20
2.3	Aderência das argamassas aos substratos.....	22
2.3.1	Influência da Rugosidade do Substrato	23
2.4	Tratamentos superficiais	24
2.4.1	Tipos de Tratamentos Superficiais.....	25
2.5	Influência da cura úmida do chapisco na aderência das argamassas.....	30
2.5.1	Efeito da umidade relativa do ar	31
2.5.2	Efeito da Temperatura	32
2.6	Manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa.....	32
2.7	Principais propriedades mecânicas do revestimento argamassado no estado endurecido	35
2.8	Resistência de Aderência à Tração.....	35
3	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	37
3.1	Variáveis utilizadas.....	38
3.2	Substrato de concreto estrutural.....	41
3.2.1	Tratamento Superficial.....	42
3.3	Camada de chapisco.....	44
3.3.1	Chapisco convencional	45
3.3.2	Chapisco aditivado com aditivo colante	45
3.3.3	Chapisco industrializado	46
3.4	Condições de cura dos chapiscos.....	48
3.5	Revestimento de argamassa.....	49
3.6	Ensaio de Resistência de Aderência à Tração	50

4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	56
4.1	Influência das Variáveis de Estudo nas Resistências de Aderência do Subsistema de Revestimento	57
4.1.1	Tipo de Chapisco	59
4.1.2	Tipo de Tratamento Superficial	59
4.1.3	Tipo de cura dos chapiscos	60
4.2	Forma de ruptura.....	61
4.3	Viabilidade econômica.....	66
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	7069
7	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO A – resultados dos ensaios de determinação da resistência de aderência à tração.....	72

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TEXTURA DO CHAPISCO CONVENCIONAL	18
FIGURA 2 - TEXTURA DO CHAPISCO INDUSTRIALIZADO APLICADO COM DESEMPENADEIRA... 20	
FIGURA 3 - MECANISMO DE ADESÃO MECÂNICA	23
FIGURA 4 - ESCOVAÇÃO MANUAL	26
FIGURA 5 – ESCOVAÇÃO MECÂNICA	27
FIGURA 6 - LIXAMENTO MECÂNICO	28
FIGURA 7– APICOAMENTO MANUAL	29
FIGURA 8 – APICOAMENTO MECÂNICO	30
FIGURA 9 – DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO NAS REGIÕES DE CONCRETO ARMADO ... 33	
FIGURA 10 – DETALHE DE DESPLACAMENTO SOMENTE NA REGIÃO DE CONCRETO..... 34	
FIGURA 11– FORMAS DE RUPTURA NO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A ADERÊNCIA À TRAÇÃO... 37	
FIGURA 12 - PLANTA DOS PILARES DO TÉRREO, NO DETALHE PILARES ONDE FOI DESENVOLVIDA A PESQUISA	38
FIGURA 13 - COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES ANALISADAS NO EXPERIMENTO	39
FIGURA 14 – DISPOSIÇÃO DOS FUROS EM CADA ÁREA.....	40
FIGURA 15 - REGIÕES DE ENSAIO NO PILAR 1 ONDE HOVE CURA ÚMIDA DO CHAPISCO	40
FIGURA 16 - REGIÕES DE ENSAIO NO PILAR 2 ONDE NÃO HOVE CURA DO CHAPISCO	41
FIGURA 17 - COMBINAÇÕES DAS VARIÁVEIS ANALISADAS NO EXPERIMENTO EM CADA PILAR	41
FIGURA 18 – EXECUÇÃO DO LIXAMENTO, NO DETALHE, O DISCO.....	43
FIGURA 19 - CONTRASTE ENTRE SUPERFÍCIE NÃO LIXADA (A CIMA) E LIXADA (A BAIXO).....	44
FIGURA 20 - APLICAÇÃO DE CHAPISCO COM ADITIVO COLANTE COM COLHER DE PEDREIRO, MESMA FORMA DE APLICAÇÃO DO CHAPISCO CONVENCIONAL	46
FIGURA 21 - APLICAÇÃO DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA, UTILIZADA COMO CHAPISCO ...	47
FIGURA 22 - ACABAMENTO DO CHAPISCO COM ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA.....	48
FIGURA 23 - ACABAMENTO DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO NO PILAR 1 (CHAPISCO CURADO).....	49
FIGURA 24 - EXECUÇÃO DOS FUROS, UTILIZANDO APOIO DE MADEIRA PARA O SERRA COPO	51
FIGURA 25 - DISPOSIÇÃO DOS FUROS EM CADA UMA DAS REGIÕES DE ENSAIO NO PILAR 2 (CHAPISCO NÃO CURADO)	52

FIGURA 26 - COLAGEM DAS PASTILHAS METÁLICAS	53
FIGURA 27 - PASTILHAS COLADAS PRONTAS PARA O ENSAIO DE ADERÊNCIA.....	53
FIGURA 28 – DINAMÔMETRO UTILIZADO PARA ARRANCAMENTO DOS CORPOS DE PROVA ...	54
FIGURA 29 - PASTILHAS ARRANCADAS	55
FIGURA 30 - DETALHE DA RUPTURA DE ALGUNS CORPOS DE PROVA	55
FIGURA 31 - MÉDIAS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA PARA ÁREAS COM CHAPISCOS CURADOS E NÃO CURADO COM SUBSTRATO NÃO LIXADO.....	57
FIGURA 32 - MÉDIAS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA PARA ÁREAS COM CHAPISCOS CURADOS E NÃO CURADO COM SUBSTRATO LIXADO.....	58
FIGURA 33 - % DOS LOCAIS DE RUPTURA DAS AMOSTRAS PARA O CHAPISCO CONVENCIONAL / NÃO LIXADO	63
FIGURA 34 - % DOS LOCAIS DE RUPTURA DAS AMOSTRAS PARA O CHAPISCO CONVENCIONAL / LIXADO	63
FIGURA 35 - % DOS LOCAIS DE RUPTURA DAS AMOSTRAS PARA O CHAPISCO ADITIVADO / NÃO LIXADO	64
FIGURA 36 - % DOS LOCAIS DE RUPTURA DAS AMOSTRAS PARA O CHAPISCO ADITIVADO / LIXADO	64
FIGURA 37 - % DOS LOCAIS DE RUPTURA DAS AMOSTRAS PARA O CHAPISCO AC III / NÃO LIXADO	65
FIGURA 38 - % DOS LOCAIS DE RUPTURA DAS AMOSTRAS PARA O CHAPISCO AC III / LIXADO	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1– TABELA DE LIMITES DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (ABNT NBR 13749, 1995)	36
TABELA 2 - CARACTERIZAÇÃO DA AREIA.....	45
TABELA 3 - MÉDIAS, DESVIOS-PADRÃO E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	57
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO MÉDIAS, DOS CHAPISCOS ADITIVADOS E AC III.....	59
TABELA 5 - COMPARAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO MÉDIAS, EM RELAÇÃO AO LIXAMENTO DO SUBSTRATO.....	60
TABELA 6 - COMPARAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO MÉDIAS, EM RELAÇÃO A PRESENÇA DA CURA ÚMIDA	61
TABELA 7 - REGIÕES E TIPOS DE RUPTURA OCORRIDAS NOS ENSAIOS.....	62
TABELA 8 - CUSTOS PARA EXECUÇÃO DE 1(UM) M ² DE CADA COMBINAÇÃO EXPERIMENTADA	67
TABELA 9 - NÃO LIXADO / ADITIVADO / CURADO	73
TABELA 10 - LIXADO / ADITIVADO / CURADO	74
TABELA 11 - NÃO LIXADO /ACIII / CURADO	75
TABELA 12 - LIXADO / AC3 / CURADO.....	76
TABELA 13 - NÃO LIXADO / CONVENCIONAL / NÃO CURADO.....	77
TABELA 14 - LIXADO / CONVENCIONAL / NÃO CURADO.....	78
TABELA 15 - NÃO LIXADO / ADITIVADO / NÃO CURADO	79
TABELA 16 - LIXADO / ADITIVADO / NÃO CURADO	80
TABELA 17 - NÃO LIXADO /AC3 / NÃO CURADO.....	81
TABELA 18 - LIXADO / AC3 / NÃO CURADO	82

1 INTRODUÇÃO

Revestimentos de argamassa são amplamente empregados na indústria da construção civil e são utilizados há muito tempo, porém ainda é uma área de bastante interesse de estudo, seja na busca de novas tecnologias, seja na necessidade de melhorar as já existentes devido ao grande número de manifestações patológicas ocorridas neste tipo de revestimento. Dentre as manifestações mais comuns estão os descolamentos, as fissuras, retração, manchas de umidade entre outras. Quando presentes em fachadas de edificações, estas manifestações patológicas além de desvalorizarem esteticamente o edifício, podem representar insegurança e comprometer o conforto dos usuários.

O revestimento de argamassa é aplicado basicamente em dois tipos de substrato, alvenaria e sobre concreto de peças estruturais. A alvenaria, seja ela de blocos cerâmicos ou de concreto apresenta algumas características que proporcionam melhores condições para a aderência do revestimento, como as ranhuras em alguns tipos de blocos, a porosidade e a relativamente alta absorção de umidade além de imperfeições originadas pelas juntas de assentamento. Já as peças de concreto armado apresentam no geral, baixa porosidade e superfície mais lisa, tornando essas áreas mais propícias a falhas de aderência de revestimentos.

Tais problemas relacionados a aderência de revestimentos de argamassa em substratos de concreto, vem sendo estudados a algum tempo em trabalhos como de Pretto (2007) que estudou a influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto, Gasperin (2011) que estudou a influência da forma de aplicação e composição do chapisco, Silva (2009) que estudou a influência do processo de cura no desempenho das argamassas de chapisco ou com Ruduit (2009) em seu trabalho “contribuição ao estudo da aderência de revestimentos de argamassa e chapiscos em substrato de concreto”, comprovando o interesse que tem se dado no meio técnico a estudos de manifestações patológicas nesta área.

Neste sentido o presente trabalho se propõe a realização de pesquisas e experimentos objetivando avaliar parâmetros ligados diretamente ao desempenho de revestimento de argamassa em substrato de concreto, sejam eles: A influência da

rugosidade gerada por lixamento com disco diamantado nos substratos de concreto, o melhor tipo de chapisco, em relação a aderência de revestimento, entre chapisco convencional, chapisco aditivado com aditivo colante ou chapisco industrializado e a influência da cura úmida na resistência a aderência, .

Os resultados deste trabalho visam dar ao meio técnico soluções, orientações, esclarecimentos e alternativas quanto ao melhor tipo de chapisco, dentre os estudados, e a melhor forma de tratamento da superfície de concreto para a execução de revestimentos de argamassa, em relação a custo e desempenho de aderência, buscando a melhora na qualidade e minimizando os riscos de patologias.

1.2 Problema de pesquisa

Procurando-se evitar problemas com o aparecimento de manifestações patológicas relacionados a revestimentos argamassados e tendo conhecimento da importância da camada de chapisco como preparo do substrato de concreto busca-se através de experimentos e ensaios saber o seguinte problema de pesquisa: “Qual a melhor solução entre chapisco convencional, aditivado ou industrializado e qual o real ganho de desempenho de aderência de revestimentos de argamassa quando a superfície de concreto esta lixada e o chapisco é curado?”

1.3 Justificativa

Uma patologia cada vez mais frequente em revestimentos de argamassa, sejam elas convencionais, preparadas em obra, ou industrializadas é o descolamento do revestimento aplicado sobre as estruturas de concreto armado, principalmente em fachadas de edifícios. As inovações na área da construção civil, o advento de estruturas mais altas e esbeltas, conseqüentemente o maior uso de concreto de alta resistência, que apresentam baixas absorção e permeabilidade, além do uso de desmoldante e/ou o emprego de fôrmas plastificadas, são fatores que cada vez mais contribuem para a superfície do concreto tornar-se lisa e de baixa porosidade superficial. Dessa forma fica prejudicada a penetração e a ancoragem da argamassa

de revestimento no interior do substrato, que garantiria a ancoragem mecânica, causando assim a ocorrência de manifestações patológicas associadas à falha de aderência.

Devido a tais fatores, para melhorar a aderência dos revestimentos, se faz necessário a realização de tratamento superficial específico e de maior agressividade no substrato de concreto, e além disso é recomendado a aplicação de uma camada de preparo da base, chapisco, que atua como ligação entre o substrato e a argamassa de revestimento.

De acordo com a NBR 8214 (ABNT, 1983) as superfícies lisas, pouco absorventes ou com absorção heterogênea de água, como as superfícies de concreto, devem ser preparadas previamente à execução da camada de regularização, mediante a aplicação uniforme de chapisco no traço 1:3 ou 1:4 (cimento e areia) em volume.

Ruduit (2009) Constatou que a aderência dos revestimentos aplicados sobre substratos de concreto estrutural é inferior aos substratos de alvenaria, que apresentaram média de aderência 60 % superior, e a maior ocorrência e menor valor médio de resistência das rupturas na interface concreto/chapisco nos ensaios realizados em revestimentos sobre concreto, mostrando a importância de se estudar a camada de preparo do substrato, o chapisco.

Neste sentido o estudo de métodos e procedimentos que visam melhorar a aderência de revestimentos em substratos de concreto, através de experimentações e ensaios, é de suma importância para o meio técnico da construção civil, pois buscam-se soluções e prevenções contra problemas relacionados a esta falta de aderência, como deslocamentos, que podem gerar prejuízos financeiros e representar riscos aos usuários da edificação, pedestres e veículos.

1.4 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral:

Avaliar a influência da rugosidade gerada por lixamento nos substratos de concreto, o tipo de chapisco e a influência da cura úmida no desempenho destes na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto.

Podem ser listados como objetivos específicos:

- Comparar o desempenho dos três tipos de chapisco estudados (convencional, aditivado e industrializado), quanto a resistência a aderência do revestimento.
- Verificar a influência da rugosidade proporcionada pelo tratamento superficial (lixamento) na resistência de aderência à tração dos revestimentos do substrato de concreto;
- Comparar o desempenho do revestimento em relação ao tipo de cura do chapisco (úmida ou não).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema de revestimento e argamassa

Argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais, (Carasek, 2005).

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995) sistema de revestimento de argamassa é o “Conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento

final e desempenho, previstos em projeto”. Ainda, segundo a norma, revestimento de argamassa é definido como sendo o “cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo, ou constituir-se em acabamento final”.

O conceito de argamassa como é conhecida hoje, somente surgiu depois do surgimento do cimento Portland, a partir de onde o cimento começou a ser utilizado como elemento ligante, unindo-se a cal que já era utilizada desde as primeiras civilizações, havendo uma evolução nas argamassas garantindo a elas aumento na resistência e melhorias na aderência às bases já nas idades iniciais, (Ruduit, 2009).

Os revestimentos de argamassa são bastante utilizados por serem de baixo custo, pela ampla disponibilidade dos elementos que os compõe e por sua simplicidade, sendo bem aceita por usuários e ter vasto conhecimento por parte da mão de obra além de ser moldável e permitir a execução de diversos tipos de detalhes.

Baseado nos conceitos de revestimentos de argamassa, estes devem exercer funções de acabamento, garantindo uma aparência estética agradável, absorver deformações naturais da estrutura de uma edificação além de proteção da estrutura e dos elementos de vedação das construções contra intemperismos, quando estes forem revestimento externos. Segundo Alves (2002, p.7 apud PERES 1985) “[...] um revestimento comum pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e 70 a 100% responsável pela estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum”.

2.1.1 Argamassa de chapisco

Chapiscos são utilizados como camada de preparo do substrato com o objetivo de melhorar e o adaptar para receber a argamassa de revestimento. De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995) 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.”

Os substratos de concreto estrutural possuem superfícies lisas e baixa porosidade, o que acaba prejudicando a aderência dos revestimentos por dificultar a micro ancoragem proporcionada pelo transporte da água e produtos de hidratação aos poros do substrato, e a macro ancoragem proporcionada por uma maior superfície de contato conseguida através do aumento da rugosidade (MOURA, 2007). Neste caso a utilização de chapisco proporciona uma melhoria nas condições do substrato e, por consequência, a melhoria na aderência do sistema de revestimento.

Dentre as características da camada de chapisco estão a melhor resistência mecânica, o alto teor de cimento dos traços e a granulometria mais elevada do agregado miúdo. Pretto (2007, p.58) citando Dubaj (2000), diz que o alto teor de cimento, além de conferir resistência, favorece a penetração das partículas finas nos poros da base, aumentando a ancoragem. Diz ainda que a alta granulometria da areia, que deve ser média ou grossa, é a grande responsável pela aspereza da camada de chapisco.

2.1.1.1 Tipos de Chapisco

Os tipos de chapiscos podem ser diferenciados pela forma de produção, de aplicação e composição e com isso proporcionam diferentes tipos de texturas superficiais. Dentre os tipos de chapiscos indicados para substratos de concreto pode-se citar: chapisco convencional (cimento, agregado e água), chapisco modificado com aditivos colantes, ambos aplicados com colher de pedreiro e chapisco industrializado, aplicado com desempenadeira.

2.1.1.2 Chapisco Convencional

Este é o tipo de chapisco mais simples e comum, ele consiste em uma mistura de cimento (aglomerante), água e areia (agregado) de granulometria média ou grossa. Segundo Pretto (2007) é feito geralmente com o traço de 1:2 a 1:4 (em volume, areia úmida), de consistência fluida, lançada energeticamente com colher de pedreiro contra a superfície a ser revestida, figura 1. O autor diz que deve-se permitir

a cura do chapisco durante, pelo menos, três dias antes da aplicação da camada de revestimento.

Figura 1 - textura do chapisco convencional



Fonte: CEOTTO et al., (2005 apud Pretto, 2007)

São características do chapisco convencional a sua consistência fluida e a alta granulometria de seu agregado, a respeito disso Ruduit (2009, p.30 apud PAES 2004) diz que:

“A consistência do chapisco convencional e a granulometria do seu agregado propiciam ao chapisco a capacidade de aderir mais facilmente à base a ser revestida, bem como facilitar o transporte de pasta de cimento aos poros e capilares do substrato, adquirir rapidamente resistência mecânica e formar uma película rugosa para a ancoragem da posterior camada de argamassa (emboço), influenciando no desempenho de todo o conjunto do revestimento.”

Apesar de ser o tipo de chapisco mais comum, ele tem a desvantagem de ter uma alta variabilidade, sendo sua qualidade dependente da técnica de aplicação do operário que pode variar a espessura do chapisco, além disso o fato de ser geralmente rodado em obra e sem controle da quantidade de água, pode gerar muitas variações na sua qualidade.

2.1.1.3 Chapisco Aditivado

Chapisco aditivado possui em geral o mesmo traço do chapisco convencional, rodado em obra, e textura idêntica, quando aplicado com colher de pedreiro, com a diferença de que ao traço são adicionadas porções, em quantidades indicadas por fabricantes, de aditivos adesivos à base de resinas PVA (Poliacetato de vinila), ou à base de resina estireno-butadieno (SBR) por exemplo. Tais resinas garantem aos chapiscos algumas características como:

- Aumento da aderência nos substratos de concreto e alvenaria;
- Evita a segregação e exsudação;
- Melhora a trabalhabilidade;
- Redução do potencial de retração e a formação de fissuras;
- Aumento das resistências ao desgaste e impacto;
- Redução da permeabilidade.

Os chapiscos aditivados são comumente empregados nas obras correntes sendo aplicados com rolo de textura alta, devido a praticidade e ganho de produção durante a aplicação, porém esta forma de aplicação não é recomendada para aplicação de chapisco em fachadas onde os trabalhos são realizados geralmente em andaimes suspensos que possuem pouco espaço para movimentação do operário em seu interior, inviabilizando a aplicação do chapisco com rolo.

2.1.1.4 Chapisco industrializado

A modalidade de argamassa industrializada mais desenvolvida atualmente e mais utilizada no Brasil desde a década de 80 é argamassa semipronta. Neste tipo, todos os sólidos e aditivos em estado seco são fornecidos em sacos, sendo apenas necessário adicionar a água de amassamento no momento de utilização na quantidade indicada pelo fabricante e homogeneizar para ter um material com a

consistência adequada (MULLER & BUNCHER, 1993 apud NASCIMENTO, 2005, p.46).

Conforme Ruduit (2009), o chapisco industrializado, desempenado é indicado para aplicação em substratos como elementos estruturais de concreto, que apresentam baixa porosidade, devido à sua alta adesão (quando fresco) e resistência de aderência (quando endurecido) a estes substratos.

A forma de aplicação deste tipo de chapisco é com desempenadeira metálica dentada sendo criados cordões que auxiliam na macro ancoragem do revestimento, figura 2. De acordo com Pretto (2007) uma vantagem é a diminuição de perdas quando comparado com a aplicação de chapiscos convencionais, lançados com colher. Em contrapartida, segundo o autor uma desvantagem deste chapisco está no elevado consumo do produto que acaba por elevar o custo.

Figura 2 - textura do chapisco industrializado aplicado com desempenadeira



Fonte: Cava (2011)

2.2 Desmoldantes

Durante a confecção de peças estruturais, a fim de que seja facilitado o processo de desforma são utilizados produtos conhecidos como desmoldantes que propiciem através de suas características esta facilidade. De acordo com Abbate (2003), desmoldantes facilitam o processo de desforma de estruturas de concreto.

Seu uso cria uma fina camada oleosa entre o concreto e as fôrmas, impedindo a aderência entre ambos e facilitando a desforma. O uso dos desmoldantes proporciona uma melhor aparência final ao concreto e o reaproveitamento das fôrmas.

O autor divide os desmoldantes em dois tipos:

- Óleos puros, de bases mineral, vegetal ou animal
- Óleos (mineral, vegetal ou animal) emulsionados com água.

Quanto mais impermeável e lisa for a fôrma menos desmoldante é necessário, desta forma Abbate (2003) diz que os puramente oleosos são indicados para fôrmas de madeira e de metal, por produzirem um filme homogêneo e contínuo. Já as emulsões, são mais adequadas para a utilização em fôrmas de madeira.

O Autor faz um alerta à aplicação do produto puro que pode formar uma camada muito grossa de gordura ou óleo. O excesso de desmoldante apesar de permitir uma desforma rápida, pode formar uma película que dificulta a hidratação do concreto, além de penetrar por seus poros deixando-os impregnados e com pouca aderência, o que pode ser prejudicial à posterior aplicação de revestimentos. Em seus estudos Pretto (2007), concluiu que o uso do desmoldante prejudica a sucção capilar de substratos de concreto de f_{c28} igual ou inferior a 35 Mpa.

Em relação a aplicação de desmoldantes diluídos em fôrmas plastificadas e impermeáveis Abbate (2003) diz que devem ser corretamente diluídos de forma a evitar a formação de uma grossa película que pode contaminar o concreto. Chama atenção ainda para a aplicação em dias quentes pois pode ocorrer o escorrimento do produto nas laterais da fôrma, acumulando no fundo.

Previamente à aplicação do revestimento é necessário remover totalmente os resíduos de desmoldante que ficam aderidos ao concreto. De acordo com Abbate (2003) essa remoção pode ser feita de maneira mecânica com jato de areia seca ou úmida, jato de água quente em alta pressão, química com escovamento com água e detergente, ou com o próprio apicoamento do concreto. Outras sugestões eficazes são a remoção escovando a superfície com escova de cerdas de aço ou lavagens com água pressurizada.

2.3 Aderência das argamassas aos substratos

De acordo com Stolz *et al.* (2011) o mecanismo de aderência de um revestimento se dá em duas etapas distintas, consecutivas e intrinsecamente relacionadas: a adesão inicial e a aderência. A primeira ocorre no momento em que a argamassa no estado fresco é lançada sobre o substrato poroso; a segunda é a aderência propriamente dita, que se desenvolve ao longo do processo de hidratação dos aglomerantes da argamassa. A adesão depende de vários fenômenos presentes na zona interfacial, entre eles a geometria da superfície do substrato.

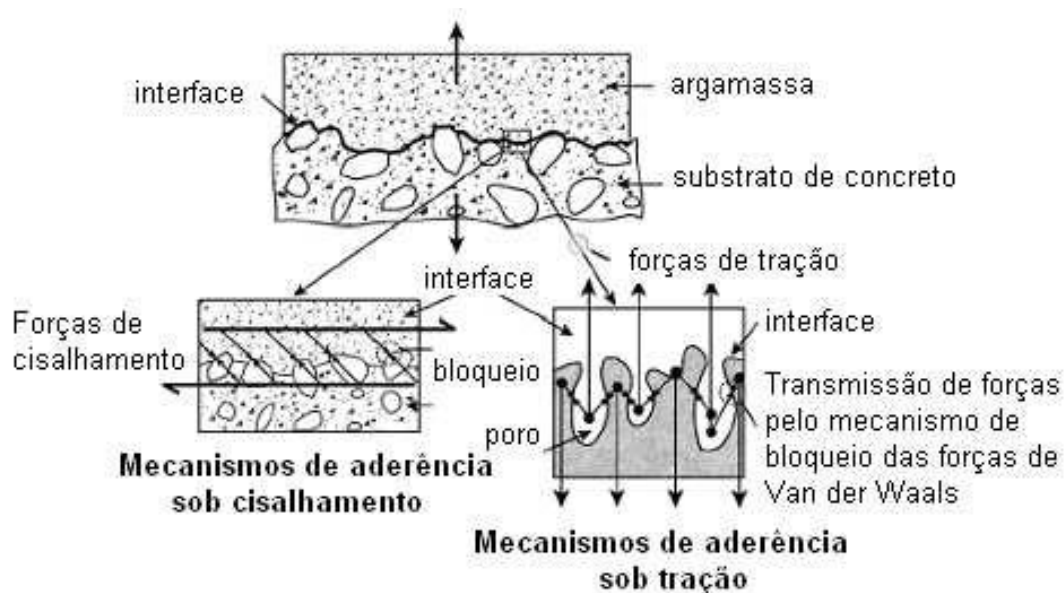
Segundo Carasek (2001) “o termo aderência é usado para descrever a resistência e a extensão do contato entre a argamassa e uma base porosa”, o substrato, que pode ser de alvenarias ou de estruturas de concreto.

Moura (2007) citando (SABATINI, 1984 apud CANDIA, 1998; SCARTEZINI, 2002; SELMO 1989 apud SILVA, 2004; GONÇALVES, 2004) diz que a aderência entre argamassa e substrato pode ser definida como o resultado da união das propriedades de resistência de aderência à tração da camada de revestimento, de resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência entre as superfícies.

“No caso de revestimentos de argamassa, a aderência aos substratos depende de diversos fatores relacionados a características físicas, mecânicas e composição das argamassas e substratos”, Ruduit (2009). O autor ainda cita como fatores determinantes para a aderência do revestimento detalhes relacionados à aplicação, condições ambientais e tratamentos realizados na execução dos mesmos.

Pretto (2007 apud BÉLAIR 2005) afirma que em nível macroscópico, as irregularidades da superfície do substrato, sejam elas naturais ou criadas mecanicamente durante a preparação da superfície, melhoram a relação para resistir os esforços de tração e cisalhamento, figura 3.

Figura 3 - Mecanismo de adesão mecânica



Fonte: Pretto (2007)

Neste sentido, Carasek et al. (2001) citando outros autores, afirmam em consenso que a aderência da argamassa ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico devido, basicamente, à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação. Ainda segundo a autora quando a argamassa entra em contato com a superfície do substrato, que é absorvente, parte da água de amassamento penetra pelos poros e cavidades onde ocorre a precipitação dos produtos de hidratação dos aglomerantes que com o tempo e a cura exercem ação de ancoragem da argamassa à base.

As deficiências de aderência devem-se, muitas vezes, a características desfavoráveis do substrato Pretto (2007 p.33 apud VEIGA, 2003). A penetração da pasta de aglomerante nos poros do concreto não ocorre se este for liso e impenetrável (compacto) como no caso de concreto moldado, que possui baixa sucção superficial quando comparado a outros substratos, como os blocos cerâmicos por exemplo, não desenvolvendo o mecanismo normal de aderência.

2.3.1 Influência da Rugosidade do Substrato

De acordo com Stolz *et al.* (2011), “a macro aderência é caracterizada pelo preenchimento de reentrâncias e saliências, propositalmente ou não, presentes na superfície as quais manterão a porção da argamassa projetada presa à superfície”. Ainda segundo o autor para que seja garantida a macro aderência é importante que a superfície seja provida de uma adequada rugosidade, garantindo assim o intertravamento mecânico. Além disso o aumento da área de contato causada por uma macro rugosidade proporciona uma maior extensão de aderência da argamassa ao substrato, resultando em um incremento na resistência de aderência do revestimento.

Pretto (2007) citando outros autores afirmam que o travamento mecânico, pela penetração da argamassa nas irregularidades do substrato seja a força principal de atuação na aderência. Ainda segundo os autores ao se aumentar a rugosidade superficial do substrato, pode-se aumentar a força medida na interface.

Neste sentido, o tratamento do substrato antes da aplicação do revestimento, na intenção de se obter uma superfície mais rugosa e apropriada à ocorrência da aderência, é um importante fator de influência na qualidade da ligação

2.4 Tratamentos superficiais

As superfícies lisas e de baixa porosidade das estruturas de concreto, juntamente com a impregnação do desmoldante, fazem com que seja necessário a realização de tratamento superficial específico e de maior agressividade para uma boa ancoragem do revestimento no substrato.

Segundo Candia (1998) para melhorar a resistência de aderência entre o substrato e a camada de revestimento, se faz necessário muitas vezes realizar um preparo da base que deve ser escolhido em função das características superficiais do substrato e executado de forma apropriada, utilizando técnicas e materiais de qualidade, de maneira que venha à melhorar as condições de aderência do revestimento, criando uma superfície com rugosidade ótima além de regularizar a capacidade de absorção inicial da base.

A norma NBR 8214 (1983) diz que as superfícies lisas, pouco absorventes ou com absorção heterogênea de água devem ser preparadas previamente à execução da camada de regularização, mediante a aplicação uniforme de chapisco no traço 1:3 ou 1:4 (cimento e areia) em volume. Porém a norma não faz nenhum comentário a respeito da preparação do substrato antes da execução da camada de chapisco, e caso este não tenha boa aderência com a base de nada adianta que a camada de revestimento de argamassa tenha boa aderência ao chapisco.

Pretto (2007) citando Garbacz (2006) e Galecki et al. (2001, 2006) informa que a recomendação para preparação do substrato de concreto é determinada pela norma europeia EN 1504-10:2003. Porém ainda segundo os autores esta norma não define os parâmetros e exigências para um nível ótimo de rugosidade que se deva atingir com a preparação do substrato e, portanto, a seleção deve ser guiada pelos seguintes princípios, de acordo com o método do *International Concrete Repair Institute - ICRI*:

- A estrutura a ser revestida não deve ser danificada;
- A armadura não deve ser danificada nem sua ligação com o concreto prejudicada;
- A vibração, o impacto, ou as cargas térmicas aplicadas não devem enfraquecer o concreto.

2.4.1 Tipos de Tratamentos Superficiais

A escolha por um método de tratamento de superfícies de concreto, dentre os vários existentes, não depende somente da importância do trabalho de preparação da superfície e a textura desejada, mas também do tipo de elemento de concreto a ter a superfície tratada (as superfícies verticais, vigas, pilares) e das condições no local da construção Pretto (2007 apud BÉLAIR 2005).

Stolz et al. (2011) em seus estudos avaliou a influência de três tipos de rugosidade em superfícies de concreto, lisa (R1), em forma de diamante (R2) e em forma de moeda (R3), em relação a resistência de aderência a tração do revestimento

aplicado. Os autores constataram que o aumento da área potencial de contato em R2 e R3 contribuiu substancialmente para o incremento da resistência de aderência à tração em relação ao substrato de R1 (lisa).

Existem diversos métodos para tratamento de superfícies de concreto, Pretto (2007) citando GALECKI et al (2001, 2006) nos trazem como exemplos: limpeza com detergente, lavagem com água sob baixa pressão, limpeza com ácido, lixamento, jato de areia, projeção de esferas metálicas, escarificação, pistola de agulha, hidro jateamento a alta pressão, queima e fresamento. Onde cada tratamento pode gerar diferentes rugosidades que variam de poucos milímetros até alguns centímetros.

2.4.1.1 Escovamento

O tratamento superficial por escovação pode ser realizado manual ou mecanicamente. A escovação manual, figura 4, é realizada com escova de cerdas de aço e é indicada para locais de fácil acesso e superfícies de pequenas dimensões, pois possui baixa produtividade. Não requer mão-de-obra especializada nem instalações específicas Pretto (2007 apud HELENE, 1992).

Figura 4 - Escovação Manual



Fonte: Pretto (2007)

Pretto (2007) informa que escovação mecânica, figura 5, proporciona uma maior produtividade, porém deve-se ter o cuidado para não polir a superfície gerando efeito contrário à criação da rugosidade, com isso esta técnica exige uma mão de obra mais qualificada.

Figura 5 – escovação mecânica



Fonte: Pretto (2007)

É recomendado que após a escovação seja efetuada a lavagem da superfície, por hidro jateamento, para que possa ser retirada a poeira gerada durante a execução e também para proporcionar a abertura dos poros da superfície do concreto.

Como resultado de seus experimentos Pretto (2007) cita como vantagens do tratamento escovado executado manualmente, baixo custo, não danificando o concreto, removendo pouca quantidade de material, além da facilidade de execução. Como desvantagens o autor cita além da baixa produtividade, a exigência de um maior controle tecnológico para garantir que toda a superfície seja escovada pois a escovação não altera significativamente o aspecto da superfície, não evidenciando tão facilmente as áreas não escovadas.

2.4.1.2 Lixamento

De acordo com Pretto (2007) o *International Concrete Repair Institute* (ICRI, 2007) define a técnica de lixamento como a remoção de camada fina, de depósitos minerais, ou de saliências em uma superfície de concreto, com a rotação de pedras ou discos abrasivos sob pressão paralelos à superfície.

No tratamento de superfície de concreto através de lixamento mecânico, utiliza-se um disco diamantado de lixa acoplado a uma lixadeira eletromecânica, figura 6, sendo recomendado que a mesma seja provida de coletor de poeira, visto que a execução do método provoca elevado grau de poeira no ambiente.

Figura 6 - Lixamento Mecânico



Fonte: Pretto (2007)

Da mesma forma que ocorre no método da escovação é recomendado que após o lixamento seja efetuada a lavagem da superfície, por hidro jateamento, para que toda poeira seja retirada e para que ocorra a abertura dos poros superficiais.

Nos resultados de seus experimentos Pretto (2007) constatou que o tratamento executado com lixadeira elétrica, mostra-se bastante vantajoso, pois garante uma boa rugosidade a superfície, possui alta produtividade e é de fácil controle visual além de remover pouca espessura do concreto. O autor ainda aponta como desvantagens do método a grande geração de poeira e que o equipamento

exige maiores cuidados de operação, sendo desejável um treinamento prévio ao operador.

2.4.1.3 Apicoamento

O tratamento de superfície de concreto por meio do apicoamento consiste em lascar a superfície, manual ou mecanicamente, removendo a nata superficial do concreto e criando uma superfície rugosa, com certa exposição dos agregados. De acordo com Pretto (2007), o apicoamento pode ser parcial, ocorrendo em pontos espaçados, ou realizada na totalidade da superfície. Quando manual, pode ser realizada com talhadeira, marreta, ponteira ou martelo, figura 7. Quando mecanizado é utilizado martetele pneumático ou eletromecânico podendo ser utilizados diferentes ponteiros, definidas de acordo com o tipo de acabamento que se deseja obter na superfície, figura 8.

Figura 7– Apicoamento manual



Fonte: Pretto (2007)

Figura 8 – Apicoamento mecânico



Fonte: Pretto (2007)

Nos resultados de seus experimentos Pretto (2007) informa que o tratamento realizado com martetele eletromecânico promove alta rugosidade, no entanto, a produtividade não é tão alta. O autor ainda ressalta que como esse tratamento remove grande quantidade de material da superfície, há riscos de danificar o concreto e deve ser previsto um cobrimento maior das armaduras a fim de garantir o cobrimento mínimo.

2.5 Influência da cura úmida do chapisco na aderência das argamassas

Além de fatores que atuam em relação ao tratamento do substrato, como o tipo de chapisco e a rugosidade da camada superficial do concreto, o processo de cura do chapisco também se mostra de suma importância na qualidade do revestimento quanto a sua aderência. Conforme Ruduit (2009), nos materiais cimentícios, a cura melhora a hidratação do cimento, melhorando a durabilidade e resistência mecânica, e consequentemente a sua aderência aos substratos, principalmente em ambientes secos e quentes. A realização deste processo nos chapiscos, embora não sendo prática comum nas construções no Brasil, ameniza a perda de água para o substrato e principalmente para o ambiente, e sua não

realização poderia prejudicar a hidratação do cimento, aumentar a porosidade e microfissuração por retração.

De acordo com a ACI 308R-01 (2001 apud GASPERIN, 2011) a cura é a ação que visa manter as condições de umidade e a temperatura em uma mistura cimentícia fresca, buscando obter um grau de hidratação do cimento adequado e assim desenvolver o potencial das propriedades dos materiais.

As condições ambientais durante a cura dos materiais de base cimentícia como a umidade relativa do ar, a incidência da radiação solar e a temperatura influenciam diretamente a qualidade dos revestimentos

2.5.1 Efeito da umidade relativa do ar

Segundo Moura (2007) citando Iserhard (2000) e Lorenzetti *et al.*, (2002), durante o processo da cura, a umidade relativa do ar regula a quantidade de água da pasta, atuando diretamente na reação de hidratação do cimento e deve ser suficiente para manter a pasta saturada durante todo o processo de cura, permitindo que a água presente na mistura não seja perdida para o ambiente por evaporação e assim seja utilizada na formação dos produtos de hidratação, que são responsáveis pelas propriedades mecânicas do material, além de minimizar a ocorrência de retrações no estado fresco por efeito da secagem.

Candia (1998) realizou pesquisas com o objetivo de verificar a influência da cura na resistência de aderência dos revestimentos. Ao realizar ensaios de aderência em argamassas aplicadas em substratos de concreto, tratados com chapisco, submetidos a cura úmida por 22 dias, constatou um acréscimo na resistência de aderência em relação a painéis que foram submetidos à cura ao ambiente. O autor explica que em revestimentos submetidos à cura úmida a aderência é melhorada, pois, a hidratação do cimento é maior.

2.5.2 Efeito da Temperatura

Em relação a temperatura ambiente, Moura (2007) diz que a influência da mesma no processo de cura não está em favorecer ou inibir hidratação dos produtos cimentícios, mas sim em ditar a velocidade deste processo.

Segundo Lion *et al.* (2005 apud Moura, 2007), as altas temperaturas, aceleraram o processo de endurecimento da argamassa e influenciam na quantidade de água presente nas reações, uma vez que o calor ocasiona evaporação e esta por sua vez acelera a perda de água, causando problemas na hidratação mantendo-se grãos de cimento anidros.

O desempenho das argamassas de chapisco é ainda mais afetado pelas altas temperaturas, em sua pesquisa, Moura (2007) estudou a cura em revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto e constatou que em todas as combinações (três tipos de argamassa de chapisco e de revestimento), o efeito do calor ocasionando condições de curas mais severas dos chapiscos, resultou na queda de resistência de aderência das amostras.

Ruduit (2009) em seu trabalho constatou que a temperatura de cura das camadas de chapisco tem efeito significativo nos resultados de resistência de aderência à tração. Ao aumentar a temperatura de 23°C para 50°C durante a cura do chapisco, a resistência de aderência à tração decaiu em, aproximadamente, 48%, quase a metade da resistência média obtida com cura a 23°C.

2.6 Manifestações patológicas nos revestimentos de argamassa

As manifestações patológicas relacionadas à falha da aderência dos revestimentos muitas vezes geram fissuras, manchas de umidade e descolamentos gerando queda de fragmentos e influenciam fatores importantes das edificações como sua durabilidade, aspecto, estanqueidade e segurança.

Gaspar et al. (2007 *apud* RUDUIT, 2009) informa que a perda de aderência entre a argamassa e o substrato manifesta-se através do destacamento da argamassa em relação a base. Esta anomalia representa o final da vida útil do reboco, uma vez que:

- Ele deixa de cumprir a sua função de proteção do suporte, que fica exposto à ação direta das intempéries;
- Existe um risco efetivo para a segurança e saúde dos usuários decorrente da queda de partes da argamassa;
- Com a deterioração do revestimento, ocorre a degradação da qualidade visual da fachada.

CARASEK *et al.* (2005) realizaram estudos de casos práticos de manifestações patológicas em revestimentos de argamassa aplicados sobre estrutura de concreto em nove obras de Brasília – DF e concluíram que o principal problema nestas obras foi o descolamento, figura 9, apresentando em alguns casos deslocamentos do material com placas grandes de coesas com ruptura na interfase estrutura/chapisco, figura 10, removendo totalmente o chapisco, ficando a estrutura de concreto lisa. Os autores detectaram que os problemas ocorriam essencialmente nos revestimentos aplicados sobre a estrutura de concreto, não existindo em nenhum dos casos descolamentos importantes sobre as alvenarias.

Figura 9 – Deslocamento de revestimento nas regiões de concreto armado



Fonte: CARASEK et al. (2005)

Figura 10 – Detalhe de Desplacamento somente na região de concreto



Fonte: CARASEK et al. (2005)

Gaspar et al. (2007 *apud* RUDUIT, 2009) correlaciona as principais causas dos deslocamentos:

- “Aplicação de rebocos demasiados rígidos sobre suportes não homogêneos ou constituídos por camadas, com menor capacidade de aderência entre si e que se destacam da parede;
- Deficiente preparação do suporte: falta de rugosidade do suporte ou de limpeza (por vezes decorre da aplicação de um revestimento sobre outro existente);
- Dosagem inadequada do traço da argamassa (pouco ligante), sobretudo quando conjugada com a aplicação em tempo seco;
- Deficiente aderência da argamassa ao suporte devido a uma má cura daquela na fase de aplicação, conduzindo a: a) uma dessecação do suporte e a criação de uma superfície pulverulenta entre a argamassa e a base de assentamento; b) chapisco mal hidratado; c) excesso de água de amassamento;
- Espessura excessiva do reboco;
- Umidificação prolongada da parede;
- Presença de sais infiltrados na zona de interface.

– Movimentos diferenciais entre o suporte e o revestimento.”

2.7 Principais propriedades mecânicas do revestimento argamassado no estado endurecido

Os revestimentos argamassados possuem propriedades específicas no estado endurecido que os caracterizam quanto a sua qualidade. Dentre as propriedades estão a resistência de aderência a tração e a resistência mecânica que segundo Alves (2002 apud GASPERIN, 2011) refere-se à capacidade dos revestimentos de suportar ações mecânicas das mais diversas origens: devido à abrasão superficial, cargas de impacto, e por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento.

Segundo Bauer (2005) a principal e fundamental propriedade de um sistema de revestimento em argamassa é a aderência. O autor informa que a mesma se desenvolve através da ancoragem mecânica da argamassa com o substrato.

2.8 Resistência de Aderência à Tração

A NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassa inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração (ABNT, 2010) define como resistência de aderência à tração (R_a) como a “tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo de prova), na interface de avaliação quando submetido a um esforço normal de tração”.

A NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação (ABNT, 1996) traz uma tabela com os valores referência para aderência dos sistemas à base de argamassa, tabela 1.

Tabela 1– Tabela de limites de resistência de aderência à tração (ABNT NBR 13749, 1996)

Local		Acabamento	Resistência de Aderência (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	0,20
		Cerâmica	0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	0,30
		Cerâmica	0,30
Teto		Pintura ou base para reboco	0,20

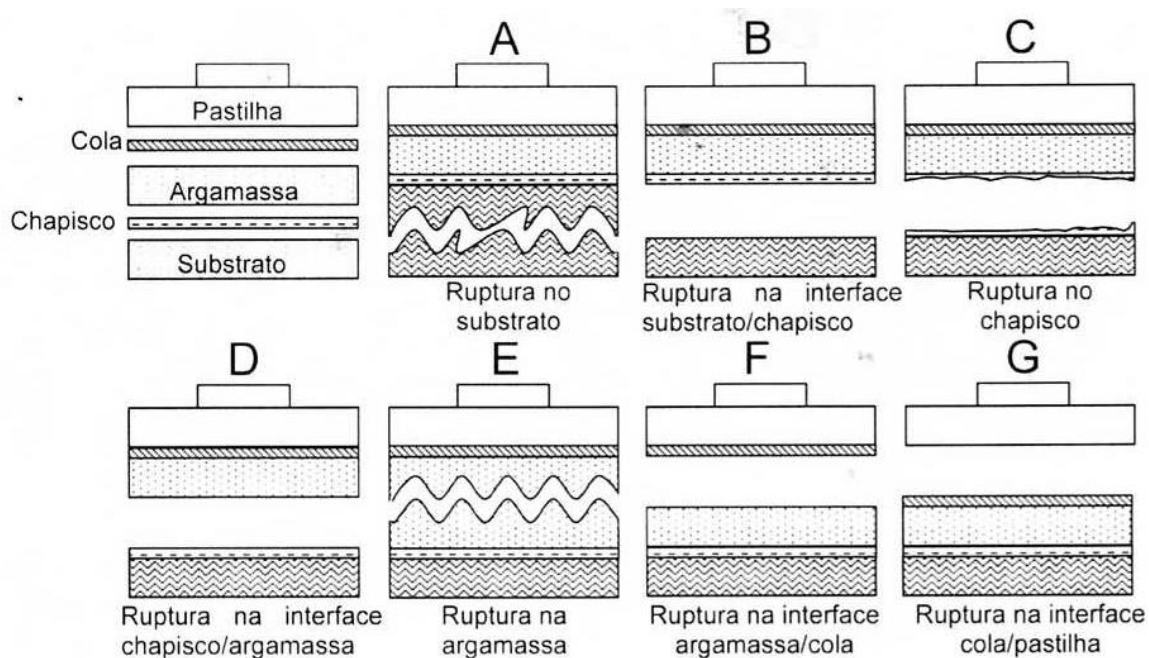
Fonte: NBR 13749 (ABNT, 1996)

Há diferenças para os ensaios de resistência à tração realizados em laboratórios e diretamente do campo. Quando o ensaio é realizado diretamente nas superfícies da edificação, a resistência de aderência à tração dos revestimentos é avaliada conforme prescreve a NBR 13528 (ABNT, 2010).

A NBR 13528 (ABNT, 2010) informa que o ensaio deve ser realizado no revestimento com idade de 28 dias. Ainda de acordo com a norma cada ensaio é composto por 12 corpos de prova de mesmas características. Após realização do furo com serra copo diamantada e com o uso de adesivo epóxi, se cola uma pastilha metálica, com formato equivalente ao furo, sobre região isolada e se procede a aplicação de carga continuamente, utilizando um dinamômetro de tração até o registro da tensão de tração máxima ocorrida na ruptura da amostra.

Além da carga de ruptura à tração do revestimento, a verificação da região do sistema de revestimento onde ocorreu a ruptura é muito relevante, pois indica a que parte do sistema o valor de resistência é atribuído, além de possibilitar a indicação da provável parte mais fraca do conjunto que compõe o revestimento. Os locais de ruptura indicados na norma brasileira são apresentados na Figura 11.

Figura 11– Formas de ruptura no ensaio de resistência a aderência à tração.



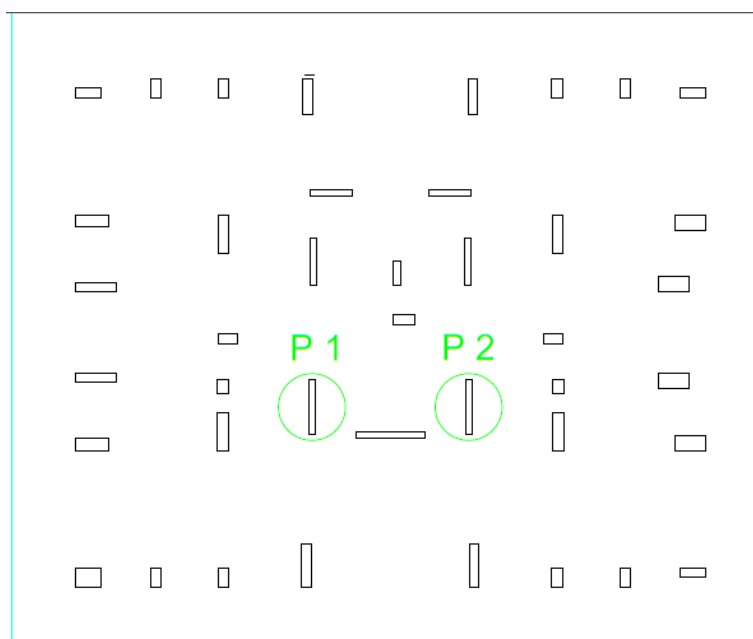
Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010)

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O projeto proposto é de caráter experimental e tem como finalidade estudar o efeito do tratamento superficial através de lixamento executado em elementos de concreto, bem como o melhor tipo de chapisco para este substrato, entre chapisco convencional, aditivado com aditivo colante e industrializado e a influência da cura úmida do chapisco na resistência de aderência do sistema de revestimento de argamassa ao substrato de concreto.

Os ensaios foram realizados na obra do residencial multifamiliar DIAMANTE DO LAGO, da empresa JP Arquitetura e construções Ltda., na cidade de Palmas-TO, em dois pilares do pavimento térreo indicados na figura 12, nos meses de dezembro e janeiro. Os equipamentos utilizados foram disponibilizados pelos laboratórios de Construção Civil do Campus Palmas do IFTO, e pelo professor orientador Moacyr Salles Neto.

Figura 12 - Planta dos pilares do térreo, no detalhe pilares onde foi desenvolvida a pesquisa



Fonte: O autor

3.1 Variáveis utilizadas

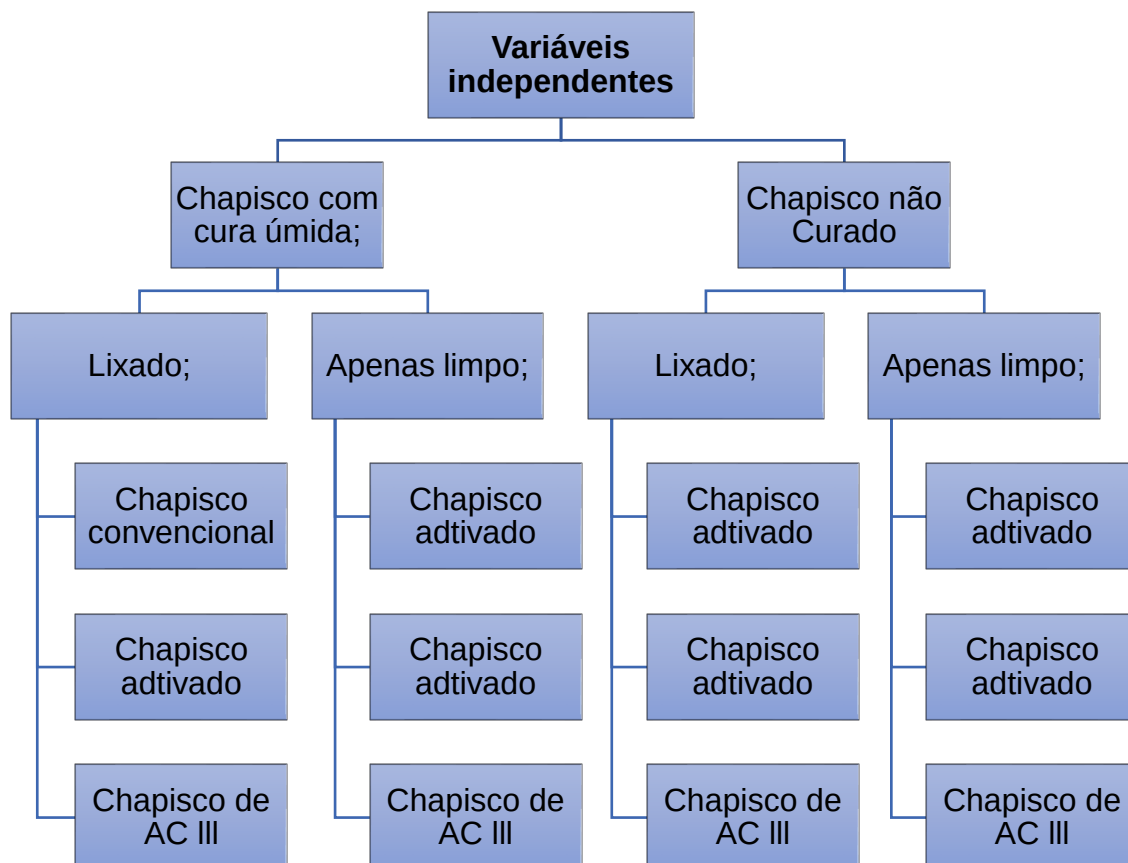
As variáveis estudadas nessa pesquisa foram definidas através de dificuldades encontradas pelo responsável técnico pela obra em análise em obras anteriores e adotadas de acordo com os procedimentos, técnicas, equipamentos e materiais usualmente empregados nas obras da empresa JP Arquitetura e construções Ltda., e foi testado um novo procedimento de execução de chapisco, utilizando argamassa industrializada do tipo AC 3 aplicada com desempenadeira dentada.

As condições fixas da pesquisa foram o tipo do substrato de concreto e o traço da argamassa de revestimento.

As variáveis independentes foram as seguintes: 3 tipos de chapisco, cada um destes aplicados em dois tipos de superfície com diferentes tratamentos superficiais, sendo uma lixada e outra não lixada, apenas limpa, totalizando 6 áreas de ensaio, além disso foram estudadas duas variáveis em relação a cura, onde repetiu-se as 6 áreas em uma outra região e estas passaram por processo de cura

úmida do chapisco, enquanto as demais passaram por cura a seco em condições ambientes. Sendo assim as variáveis independentes somaram um total de 12 (doze), esquematizadas na figura 13:

Figura 13 - Combinação das variáveis independentes analisadas no experimento

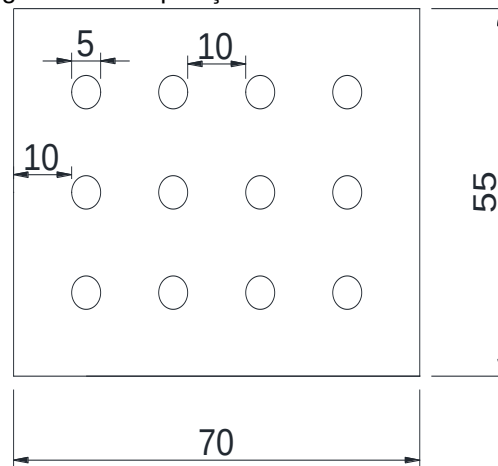


Fonte: O autor

As variáveis dependentes são a resistência de aderência à tração do revestimento e o plano de ruptura no corpo de prova.

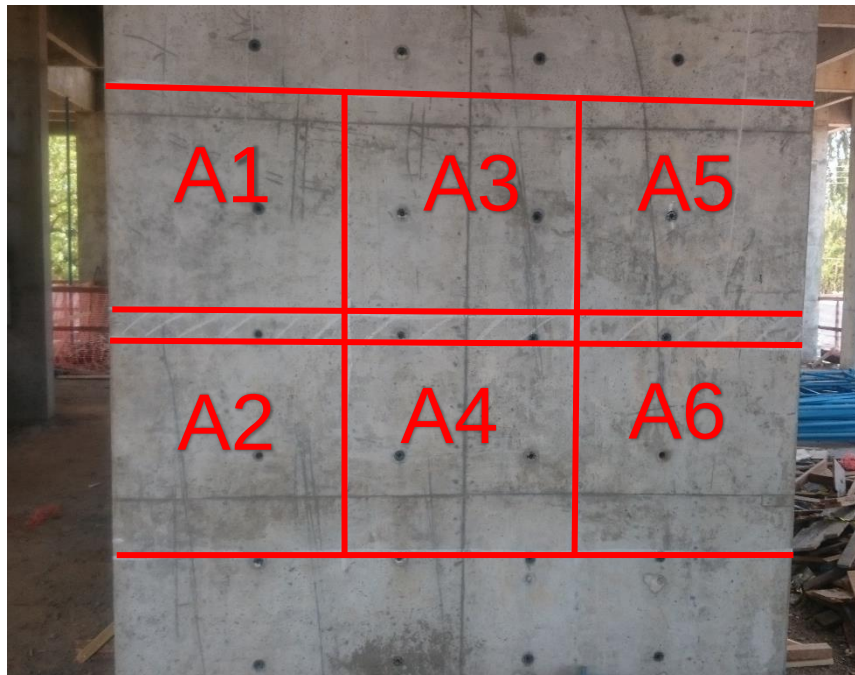
De acordo com as especificações de medidas e distancias mínimas entre furos e as bordas previstos pela norma NBR 13528/2010, que define que cada ensaio deve ser composto de 12 corpos de prova de mesma característica, foram necessárias 12 áreas iguais nos pilares escolhidos com dimensões de pelo menos 70 x 55 cm como mostra a figura 14. Estas foram distribuídas em seis áreas em cada pilar dispostas em 2 linhas e três colunas, conforme as figuras 15 e 16.

Figura 14 – Disposição dos furos em cada área



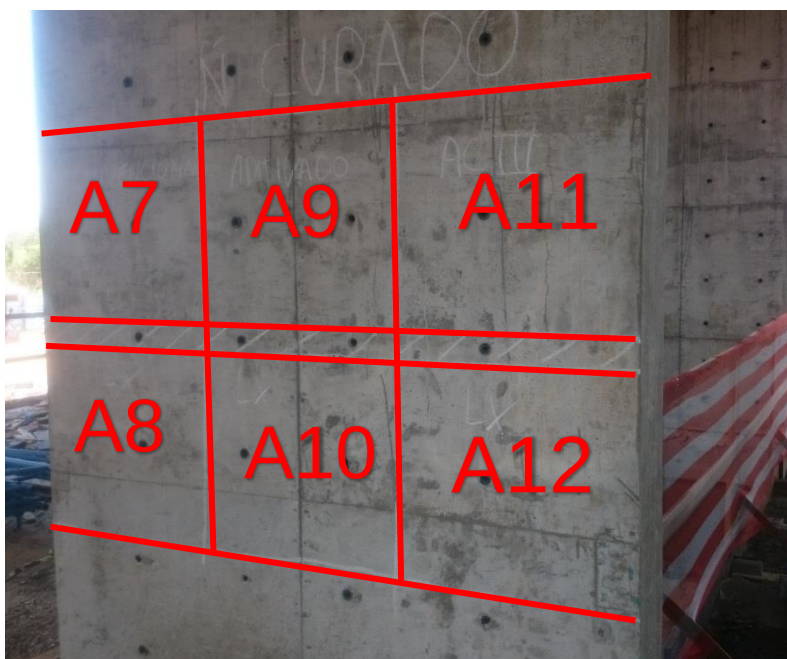
Fonte: O autor

Figura 15 - Regiões de ensaio no pilar 1 onde houve cura úmida do chapisco



Fonte: O autor

Figura 16 - Regiões de ensaio no pilar 2 onde não houve cura do chapisco



Fonte: O autor

A figura 17 traz um quadro com as combinações das variáveis analisadas no experimento em cada uma das 12 áreas.

Figura 17 - Combinações das variáveis analisadas no experimento em cada pilar

PILAR 1			PILAR 2		
A 1 (Convencional / Não lixado / Curado)	A 3 (Aditivado / Não lixado / Curado)	A 5 (AC III / Não lixado / Curado)	A 7 (Convencional / Não lixado / Não Curado)	A 10 (Aditivado / Não lixado / Não Curado)	A 11 (AC III / Não lixado / Não Curado)
A 2 (Convencional / Lixado / Curado)	A 4 (Aditivado / Lixado / Curado)	A 6 (AC III / lixado / Curado)	A 8 (Convencional / Lixado / Não Curado)	A 9 (Aditivado / lixado / Não Curado)	A 12 (AC III / lixado / Não Curado)

Fonte: O autor

3.2 Substrato de concreto estrutural

O concreto dos dois pilares utilizados como substrato para realização da pesquisa reproduz, em materiais constituintes e traço em massa, o concreto

produzido por uma usina de concreto da cidade de Palmas - TO, com resistência nominal de 35,0 MPa, com agregados graúdos de brita 1 e 0, slump de 150 ± 20 mm e possuía na época do experimento aproximadamente 1 ano de idade. Ambos possuem dimensões de 229x30 cm que foram suficientes para demarcação das seis regiões necessárias em cada um para realização dos ensaios.

3.2.1 Tratamento Superficial

O tempo mínimo de idade do substrato para que se possa realizar os tratamentos superficiais é de 28 dias, sendo, portanto, inferior a idade dos pilares em questão, que era de 1 ano. Para execução destes, foi utilizado nas formas de madeira o desmoldante concentrado da quartzolit, composto por emulsão de óleo mineral que é o tipo de desmoldante mais comumente utilizado nas obras correntes. Com isso tornou-se necessário a realização de limpeza da superfície dos mesmos para total remoção do desmoldante.

3.2.1.1 Lavagem por Hidrojateamento

Para limpeza do substrato, retirando materiais sólidos e pulverulentos, impregnados na superfície dos pilares, assim como o desmoldante utilizado nas formas, foi executado a lavagem através de hidrojateamento de alta pressão com Lavadora Alta Pressão Profissional “WEG”, com pressão de 500 PSI e motor de 1.5 HP – Baixa rotação.

A lavagem foi realizada em todas as superfícies a serem testadas e o afastamento entre o bico do jato e o substrato a ser lavado foi mantido a uma distância de 1 a 2 metros.

3.2.1.2 Lixamento

As superfícies de ensaios demarcadas nos pilares foram lixadas com uso de lixadeira mecânica com disco diamantado, figura 18. O lixamento ocorreu até que fosse garantida a remoção da camada de nata superficial e se alcançasse uma superfície com aspereza elevada, figura 19. O procedimento foi realizado na linha inferior em três das seis áreas de cada pilar. As demais áreas, linhas superiores de cada pilar, passaram apenas por lavagem por hidrojetamento.

O tempo de lixamento até que se garantisse a rugosidade desejada girou em torno de aproximadamente 5 min/m². Durante a execução do tratamento houve elevada geração de poeira sendo necessário após o termino do tratamento, realizar a lavagem do substrato novamente, para remoção do pó e sujeiras provenientes do procedimento.

Figura 18 – Execução do lixamento, no detalhe, o disco



Fonte: O autor

Figura 19 - Contraste entre superfície não lixada (a cima) e lixada (a baixo)



Fonte: O autor

3.3 Camada de chapisco

Buscando comparar o desempenho dos diferentes tratamentos superficiais e das condições de cura em conjunto com o tipo de chapisco, foram testadas três argamassas de chapisco: chapisco convencional de obra, chapisco aditivado com aditivo colante e chapisco com argamassa industrializada.

Cada um dos três tipos de chapisco foi aplicado em uma coluna da divisão das áreas de cada pilar, de uma só vez, abrangendo as regiões lixadas e não lixadas, 24 horas após a execução dos tratamentos superficiais.

A Tabela 2 mostra os resultados do ensaio de granulometria para caracterização da areia utilizada para confecção dos chapiscos convencionais e aditivados, classificada como areia grossa.

Tabela 2 - Caracterização da areia

AREIA GROSSA								
	MASSA RETIDA (g)		A		B		MÉDIA	
PENEIRA	A	B	RET. %	ACUM. %	RET. %	ACUM. %	RET. %	ACUM. %
4,8 mm	20,8	25	4,16	4,16	5	5	4,58	4,58
2,4 mm	46,5	53,6	9,3	13,46	10,72	15,72	10,01	14,59
1,2 mm	71,7	76	14,34	278	15,2	30,92	14,77	29,36
0,6 mm	73,2	84,7	14,64	42,44	16,94	47,86	15,79	45,15
0,3 mm	170,6	161	34,12	76,56	32,2	80,06	33,16	78,31
0,15 mm	95,1	81,7	19,02	95,58	16,34	96,4	17,68	95,99
FUNDO	21,6	18	4,32	99,9	3,6	100	3,96	99,9
DIAMÊTRO MÁXIMO CARACTERÍSTICO				4,8 mm				
MÓDULO DE FINURA				2,68 (ZONA ÓTIMA)				

3.3.1 Chapisco convencional

O chapisco convencional foi rodado em obra, em betoneira de eixo inclinado com capacidade nominal de 400 litros, com traços em volume de 1:3 foram escolhidos seguindo a indicação de traço para argamassas de chapisco da NBR 8412 (ABNT, 1983), sendo o cimento do tipo CP II-Z e a areia grossa, que são os materiais utilizados nos procedimentos da empresa.

A quantidade de água utilizada nos chapiscos convencionais foi determinada através da trabalhabilidade escolhida por profissional experiente escolhido para execução dos chapiscos e revestimentos do experimento. A aplicação foi realizada com colher de pedreiro, com espessura média de 5 mm, figura 20.

Previamente a aplicação do chapisco foi verificada a situação da superfície do concreto em relação a limpeza e isenção de óleos, graxas e desmoldantes que pudessem ainda estar impregnados. A superfície foi então umedecida com água, mas não saturada para então proceder com a aplicação do chapisco.

3.3.2 Chapisco aditivado com aditivo colante

O chapisco aditivado, também foi rodado em obra sob as mesmas condições do chapisco convencional, possuía o mesmo traço em volume de 1:3

cimento CP II-Z e areia grossa. Foi utilizado como aditivo colante o “viafix chapisco” da empresa viapol, que se trata de adesivo não reemulsionável à base de resina estireno-butadieno (SBR), na proporção indicada pelo fabricante de 1:2 (viafix : água), até que se atingisse a consistência desejada.

Assim como a aplicação do chapisco convencional, a aplicação do chapisco aditivado se deu por aspersão com colher de pedreiro, pelo mesmo profissional. Previamente a aplicação, a superfície de concreto foi limpa e umedecida.

Figura 20 - Aplicação de chapisco com aditivo colante com colher de pedreiro, mesma forma de aplicação do chapisco convencional



Fonte: O autor

3.3.3 Chapisco industrializado

A argamassa industrializada que foi testada como camada de chapisco foi a argamassa pronta do tipo AC3, cimentcola flexível quartzolit, utilizada pela empresa em seus procedimentos, e que originalmente é indicada, de acordo com o fabricante, para:

- Fachadas (cerâmicas com absorção de 0,5% a 6%)

- Cerâmicas em concreto
- Cerâmicas em piscinas aquecidas ou não e em saunas
- Piso de tráfego intenso

O produto foi incluído na pesquisa devido ao uso nas obras da empresa JP Arquitetura e construções, como solução para melhoria de aderência de revestimentos em substrato de concretos de peças estruturais. Outro fator que levou a incluir o produto na pesquisa foi à tendência cada vez maior da utilização de argamassas industrializadas nos canteiros de obra, devido a sua homogeneidade, trazendo qualidade e praticidade, entre outras características.

O preparo da argamassa seguiu as orientações do fabricante, sendo adicionada a quantidade de água indicada e realização de mistura até que se atingisse a consistência pastosa e firme, sem grumos secos. Previamente a execução do chapisco o substrato foi umedecido e a aplicação se deu por desempenadeira metálica denteada 6 x 6 x 6 mm, sendo aplicada uma camada espessa de argamassa com o lado liso da desempenadeira, e logo em seguida passado o lado denteado, figura 21, para garantir as ranhuras que servem para melhorar a aderência do revestimento, de acordo com a orientação do fabricante.

Figura 21 - Aplicação de argamassa industrializada, utilizada como chapisco



Fonte: O autor

A figura 22 traz o aspecto final dos três tipos de chapisco aplicados sobre o pilar 2.

Figura 22 - Acabamento do chapisco com argamassa industrializada



Fonte: O autor

3.4 Condições de cura dos chapiscos

Ao final da aplicação dos chapiscos no pilar 1 foi realizada a cura úmida dos mesmos durante três dias, conforme recomendação da norma NBR 7200 – Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas, (ABNT, 1998). A cura úmida deu-se por aspersão de água com broxa na superfície dos chapiscos num intervalo de 2 horas durante as 6 primeiras horas e após isso 3 vezes ao dia durante os três dias.

As regiões de ensaio do pilar 2 não passaram por processo de cura úmida, sendo mantidas a seco, em condições ambientes até a realização dos ensaios.

3.5 Revestimento de argamassa

A fim de isolar o efeito do tipo de chapisco, do tratamento superficial e da cura úmida, nesta pesquisa, a argamassa de revestimento foi mantida fixa para todas as regiões de ensaio. O traço utilizado em volume foi de 1:1:5, cimento, cal e areia média, que é o traço utilizado nos procedimentos da empresa. O revestimento seguiu as recomendações e os procedimentos prescritos na norma NBR 7200 – Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas, (ABNT, 1998), sendo executado em camada única três dias após a aplicação dos chapiscos.

A mistura da argamassa foi feita em betoneira de eixo vertical, com capacidade nominal de 400 litros. Para garantir a espessura constante de aproximadamente 25 mm, foi realizado o taliscamento da região a ser revestida. A aplicação deu-se por lançamento manual apenas, realizado por profissional treinado e experiente deixando um acabamento desempenado, com uso de desempenadeira plástica, figura 23.

Após a execução dos revestimentos foi respeitado um tempo de 28 dias de idade para dar prosseguimento com os ensaios, conforme determina a NBR 13528 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração (ABNT, 2010).

Figura 23 - Acabamento do revestimento argamassado no pilar 1 (chapisco curado)



Fonte: O autor

3.6 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

O objetivo principal desta pesquisa se configura na análise da resistência a aderência dos revestimentos aplicados nas regiões preparadas com as diferentes combinações dos fatores, para tal, a resistência de aderência à tração dos revestimentos em cada área foi avaliada conforme os procedimentos prescritos na NBR 13528 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, (ABNT, 2010).

O método de ensaio da norma consiste na determinação da tensão necessária para arrancar um corpo de prova cilíndrico formado no revestimento argamassado por um corte executado com uma serra de copo diamantada com diâmetro interno de 50 mm, que chega até o substrato isolando-o do resto do revestimento, ficando aderido à base numa área igual à sua seção circular. Pastilhas metálicas de mesmo diâmetro das amostras são coladas a elas para transferência da carga aplicada pelo equipamento medidor, um dinamômetro de tração. Após o arrancamento, é possível identificar a carga de ruptura e a região onde ocorreu o colapso.

Os ensaios aconteceram após o revestimento argamassado ter atingido idade superior a 28 dias, seguindo recomendação da norma para ensaios em argamassas mistas com cimento, cal e areia. Ainda de acordo com a NBR 13528/2010 cada ensaio deve ser composto por 12 corpos de prova de mesmas características, sendo assim, em cada uma das 12 regiões de combinações da pesquisa foram realizados pelo menos 12 furos, totalizando 144 resultados.

Os furos para obtenção dos corpos de prova de 50 mm foram realizados com serra copo diamantada com 55 mm de diâmetro externo, acoplado a uma furadeira elétrica. Para auxiliar o início dos furos e garantir a horizontalidade do corte, foi utilizado suporte de madeira para apoio da serra copo permitindo que a medida que a furadeira ia avançando no furo, fosse garantida a estabilidade da serra evitando esforços de flexão e cisalhamento, prejudiciais à integridade do revestimento, como mostra a figura 24.

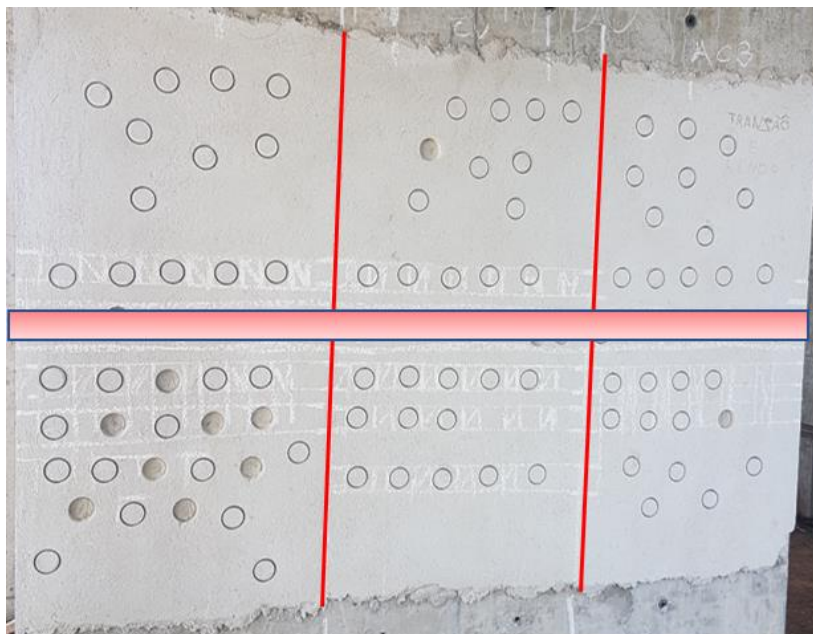
Figura 24 - Execução dos furos, utilizando apoio de madeira para a serra copo



Fonte: O autor

Os cortes foram executados até uma profundidade que permitisse a penetração de 2 a 3 mm na superfície do substrato, afim de garantir o isolamento do corpo de prova do restante do revestimento. Foram dispostos aleatoriamente observando-se para que a distância entre eles, além dos bordos da base fosse, no mínimo, 50 mm, seguindo as recomendações da norma, figura 25.

Figura 25 - Disposição dos furos em cada uma das regiões de ensaio no pilar 2 (chapisco não curado)



Fonte: O autor

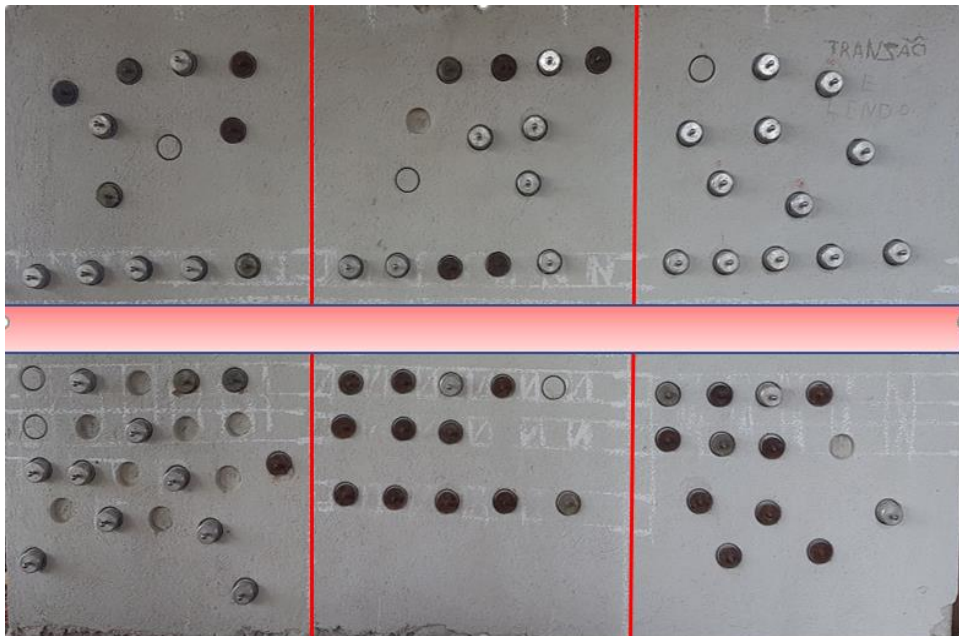
Depois de concluídos todos os furos, foi realizada a limpeza das superfícies para prosseguir com a colagem das pastilhas metálicas, que possuem dispositivo no centro para acoplamento no equipamento utilizado para aplicar e medir as cargas de resistência de aderência, figura 26. A colagem foi realizada com cola à base de resina epóxi de secagem rápida (10 minutos). Para que as pastilhas não deslizassem enquanto a cola ainda estivesse no estado plástico, foi usado pedaços de papelão posicionados na parte inferior dos furos para sustentação das mesmas. A figura 27 apresenta as pastilhas coladas prontas para o ensaio de aderência.

Figura 26 - Colagem das pastilhas metálicas



Fonte: O autor

Figura 27 - Pastilhas coladas prontas para o ensaio de aderência



Fonte: O autor

O equipamento utilizado (Figura 28), foi o dinamômetro manual da SOLOTEST com capacidade de arrancamento até 1.200 kgf.

Figura 28 – Dinamômetro utilizado para arrancamento dos corpos de prova



Fonte: O autor

Seguindo o cronograma da pesquisa, em cada dia de teste de aderência foram ensaiadas 6 regiões (um pilar revestido), num total de 72 resultados de aderência por dia de ensaio. Para cada corpo de prova foram registrados o valor da carga de ruptura, o plano de ruptura e também foi realizado o registro fotográfico de todos os corpos-de-prova rompidos. As Figuras 29 e 30 mostram algumas pastilhas arrancadas e detalhes da ruptura de alguns corpos de prova.

Figura 29 - Pastilhas arrancadas



Fonte: O autor

Figura 30 - Detalhe da ruptura de alguns corpos de prova



Fonte: O autor

Todos os ensaios foram realizados com o corpo de prova seco e antes da realização dos mesmos, foram retiradas 3 amostras de cada região de combinação de fatores para determinação da umidade seguindo o procedimento da norma.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos em todo o programa experimental, bem como as análises, dos gráficos e as análises estatísticas. Os resultados estão expressos em seus valores médios, devido à grande quantidade de dados obtidos. Estes valores correspondem à média geral de todas as formas de ruptura, sendo a resistência de aderência definida não somente como o tipo ruptura adesiva, que ocorre nas interfaces do sistema, mas também como a ruptura coesiva, que se dá no interior do revestimento.

O total dos resultados do ensaio de resistência de aderência à tração de todas as áreas do experimento é apresentado no ANEXO A.

A análise dos resultados foi feita conforme a norma vigente ABNT NBR 13749/1996 - Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Especificação, considerando as resistências mínimas de resistência de aderência a tração indicadas nesta. Entretanto, essa norma se relaciona com a revisão antiga da norma NBR 13528 que foi revisada em 2010 e trazia como número mínimo de amostras para a realização do ensaio de resistência a tração, 6 corpos de prova. Com isso a NBR 13749/1996 especifica que quatro dos seis corpos de prova devem ter resistência iguais ou superiores a 0,30 MPa para revestimentos de fachada, número incompatível com o definido no procedimento de ensaio de determinação da resistência de aderência à tração apresentado na última revisão da NBR 13528/2010, que alterou o número mínimo de 6 para 12 corpos de prova. Desta forma, também o número mínimo de resultados para atender a especificação, mantendo a mesma proporção, deve ser dobrado, ou seja, 8 em um total de 12 corpos de prova devem atender aos mínimos especificados pela norma, tabela 1.

Foram descartadas amostras que apresentaram problemas como, por exemplo, amostras onde o furo não chegou ao substrato, locais onde o revestimento apresentou-se descolado, impedindo a obtenção de corpos de prova, além de corpos de prova que apresentaram falhas ou rupturas internas durante o processo de corte e que não apresentaram nenhuma resistência rompendo-se logo ao iniciar-se o teste.

4.1 Influência das Variáveis de Estudo nas Resistências de Aderência do Subsistema de Revestimento

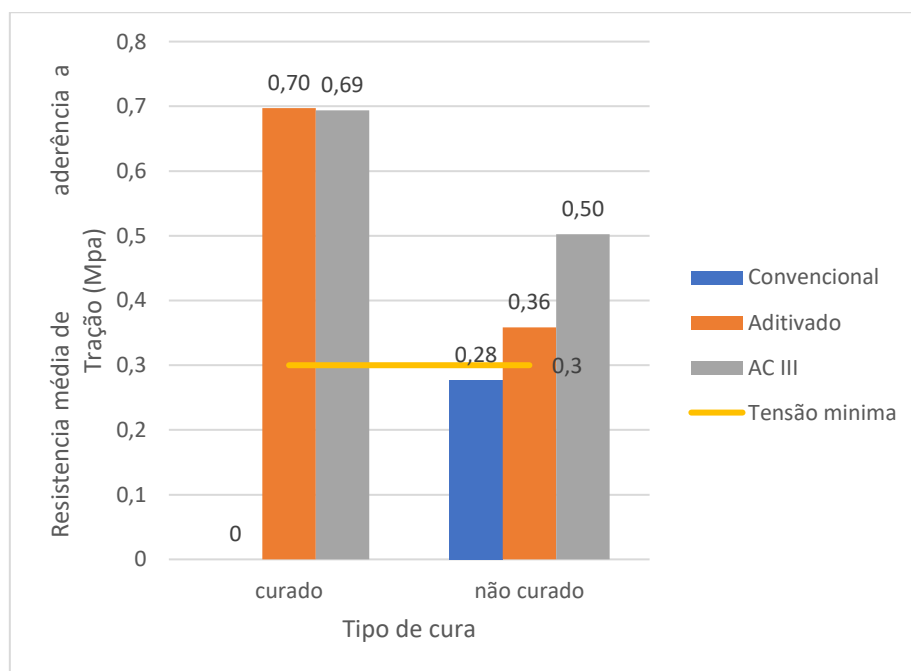
As médias, os desvios-padrão e os coeficientes de variação (CV) dos resultados aproveitados, respeitando-se o mínimo exigido pela norma NBR 13749: 1996, são apresentados na Tabela 3 e relacionados nos gráficos apresentados nas figuras 31 e 32.

Tabela 3 - Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação das resistências de aderência à tração

TIPO DE CHAPISCO	NÃO LIXADO						LIXADO					
	CURADO			NÃO CURADO			CURADO			NÃO CURADO		
	Média (Mpa)	Desvio Padrão	CV	Média (Mpa)	Desvio Padrão	CV	Média (Mpa)	Desvio Padrão	CV	Média (Mpa)	Desvio Padrão	CV
Conv.	-	-	-	0,28	0,187	67%	-	-	-	0,24	0,196	81%
Aditivado	0,70	0,170	24%	0,36	0,220	61%	0,78	0,124	16%	0,74	0,224	30%
AC III	0,69	0,143	21%	0,55	0,262	47%	0,68	0,417	61%	0,55	0,259	48%

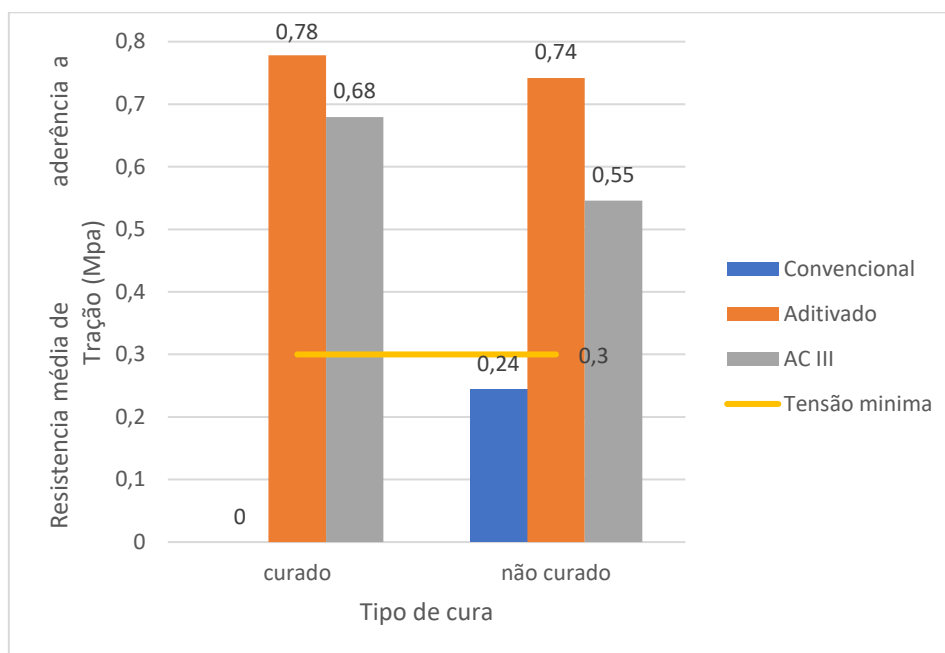
Fonte: O autor

Figura 31 - Médias de resistência de aderência para áreas com chapiscos curados e não curado com substrato não lixado



Fonte: O autor

Figura 32 - Médias de resistência de aderência para áreas com chapiscos curados e não curado com substrato lixado



Fonte: O autor

As técnicas de preparação empregadas nas combinações A1 (Chapisco Convencional curado, aplicado sobre substrato lixado) e A2 (Chapisco Convencional curado, aplicado sobre substrato não lixado), não apresentaram condições de ensaio devido à dificuldade de realização dos cortes para determinação dos corpos de prova, onde o revestimento apresentou sinais de destacamento em relação ao substrato, apresentando som cavo antes da realização dos testes. Além disso, as demais áreas onde foram ensaiados o chapisco convencional, áreas A7 e A8, mesmo apresentando condições de realização dos furos, apresentou coeficientes de variação muito elevados, acima de 65% e resultados de resistência de aderência à tração com médias inferiores a resistência mínima exigida pela norma NBR 13749/1996 para revestimentos de fachadas de 0,3 MPa, não sendo portanto o chapisco convencional, aplicado com colher de pedreiro, um tipo de chapisco indicado para preparação de substratos de concreto em fachadas.

Durante a realização dos ensaios na superfície A6 (chapisco AC III, curado e substrato lixado), em 4 dos 12 corpos não foi possível realizar o teste de arrancamento devido a defeitos nas pastilhas metálicas. Porém com os demais corpos de prova foi possível a realização do ensaio e obteve-se resultado satisfatório

atingindo valores muito superiores aos exigidos pela norma, no entanto apresentaram coeficiente de variação muito elevado, configurando heterogeneidade dos dados obtidos.

4.1.1 Tipo de Chapisco

Entre o chapisco aditivado e o chapisco industrializado com argamassa AC III observou-se através de análises dos resultados, que o chapisco aditivado se mostrou mais eficaz em três das quatro combinações possíveis para cada tipo de chapisco, conforme destacado, em verde, na tabela 4, sendo inferior apenas na combinação onde o substrato não foi lixado e o chapisco não foi curado, porém ainda assim apresentou resistência de aderência satisfatória, sendo maior que a mínima exigida por norma.

Tabela 4 - Comparação das resistências de aderência a tração médias, dos chapiscos CONVENCIONAL, ADITIVADOS e AC III

Combinações possíveis para cada tipo de chapisco	Tipos de Chapisco		
	CONVENCIONAL	ADITIVADO	AC III
Não Lixado x Curado	-	0,70	0,69
Lixado x Curado	-	0,78	0,68
Não Lixado x Não Curado	0,28*	0,36	0,50
Lixado x Não Curado	0,24*	0,74	0,55

* Resistência de aderência à tração inferior ao determinado por norma

Fonte: O autor

4.1.2 Tipo de Tratamento Superficial

Em relação ao tipo de tratamento do substrato, na área de ensaio A6 não foi observado aumento na resistência de aderência à tração quando o substrato passou por lixamento, possivelmente devido ao fato de seu grande coeficiente de variação decorrente do imprevisto relatado com as pastilhas metálicas. Nas áreas

onde foi aplicado chapisco convencional, onde foi possível realizar os testes, os resultados apresentaram resistência inferior ao mínimo exigido por norma e apresentaram coeficientes de variação muito elevados, com isso não se pode tirar conclusões a respeito da influência do processo de lixamento do substrato. Nas demais áreas de estudo, observou-se que o processo de lixamento proporcionou um aumento na resistência de aderência à tração do revestimento, tanto para as áreas com chapisco aditivado quanto para as demais áreas com chapisco AC III, conforme destacado na tabela 5. Além disso foi observado uma redução nos coeficientes de variação das amostras, o que representa que o processo de lixamento trouxe mais homogeneidade aos resultados, transmitindo mais confiabilidade.

Tabela 5 - Comparação das resistências de aderência a tração médias, em relação ao lixamento do substrato

Combinações possíveis para cada tipo de chapisco	Tipos de Chapisco		
	CONVENCIONAL	ADITIVADO	AC III
Não Lixado x Curado	-	0,70	0,69
Lixado x Curado	-	0,78	0,68
Não Lixado x Não Curado	0,28*	0,36	0,50
Lixado x Não Curado	0,24*	0,74	0,55

* Resistência de aderência à tração inferior ao determinado por norma

Fonte: O autor

4.1.3 Tipo de cura dos chapiscos

Em relação ao tipo de cura observou-se que o processo de cura úmida dos chapiscos proporcionou um aumento significativo da resistência de aderência à tração em todas as áreas de estudo quando comparadas as áreas onde os chapiscos não foram curados, conforme destacado na tabela 6, além disso foi observado uma redução nos coeficientes de variação das amostras, o que representa que o processo de cura úmida, assim como o processo de lixamento, trouxe mais homogeneidade aos resultados. Não foi analisado as regiões onde foi aplicado chapisco convencional, devido à falta de dados para as regiões onde foi realizada a cura úmida destes.

Tabela 6 - Comparação das resistências de aderência a tração médias, em relação a presença da cura úmida

Combinações possíveis para cada tipo de chapisco	Tipos de Chapisco		
	CONVENCIONAL	ADITIVADO	AC III
Não Lixado x Curado	-	0,70	0,69
Lixado x Curado	-	0,78	0,68
Não Lixado x Não Curado	0,28*	0,36	0,50
Lixado x Não Curado	0,24*	0,74	0,55

* Resistência de aderência à tração inferior ao determinado por norma

Fonte: O autor

4.2 Forma de ruptura

Além do valor de resistência de aderência tração, foi analisado o tipo de ruptura dos corpos de prova. Quando a ruptura ocorre no interior do revestimento argamassado, ou seja, ruptura do tipo coesiva, os valores são menos preocupantes, a menos que sejam muito baixos, pois a falha não esteve relacionada a nenhuma região de interface. Por outro lado, quando a ruptura ocorre nas interfaces do sistema, ou seja, ruptura do tipo adesiva, espera-se valores mais elevados, pois existe maior potencial para ocorrência de manifestações patológicas futuras (Carasek, 2010). A ruptura na interface argamassa-cola significa que a porção mais fraca é a camada superficial do revestimento de argamassa e deve apresentar valores elevados, caso contrário, indica resistência superficial inadequada, pulverulência, que também pode causar patologias, principalmente o descolamento do acabamento decorativo (tinta ou placa cerâmica).

Basicamente foram observadas cinco formas de ruptura, sendo elas: ruptura na interface substrato/chapisco, ruptura do chapisco, ruptura na interface chapisco/argamassa de revestimento, ruptura da argamassa de revestimento e ruptura na interface da argamassa/cola.

As regiões de ruptura obtidas durante os ensaios de resistência a aderência foram registradas e estão apresentadas nas tabelas no ANEXO A. Nas rupturas ocorridas em mais de uma região do corpo de prova, foi estimada

aproximadamente a porcentagem da área da superfície rompida. Os valores obtidos são apresentados na tabela 7 e graficamente nas figuras 33 a 38.

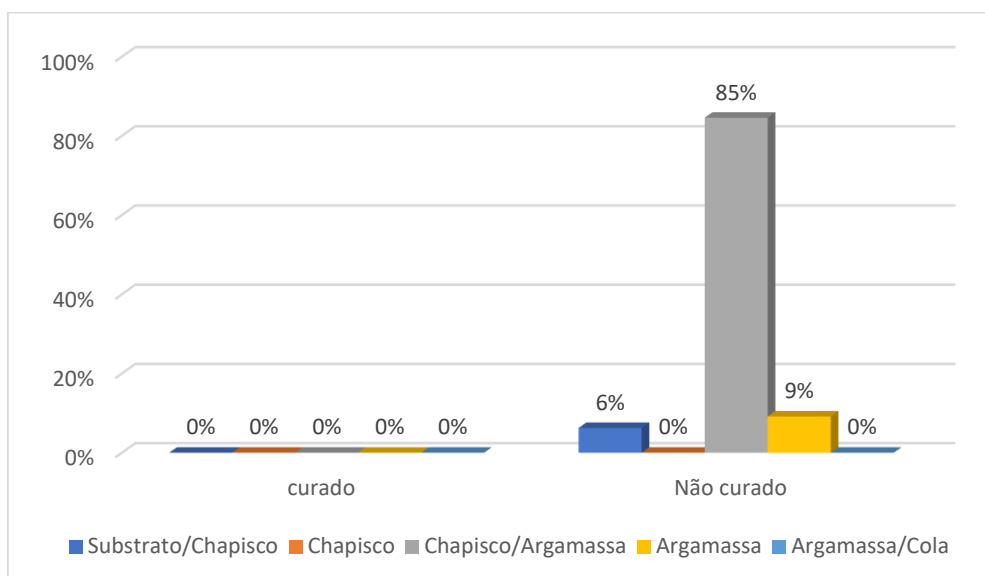
Tabela 7 - Regiões e tipos de ruptura ocorridas nos ensaios

Tratamento Superficial	Tipo de Cura	Tipo de chapisco	Regiões de ruptura					Tipo de Ruptura
			Sub/ Chap.	Chap.	Chap. /Arg.	Arg.	Arg./ Cola	
NÃO LIXADO	curado	Convencional	-	-	-	-	-	
		Aditivado	5%	4%	0%	82%	8%	Coesiva
		AC III	8%	15%	65%	12%	0%	Adesiva
	não curado	Convencional	6%	0%	85%	9%	0%	Adesiva
		Aditivado	55%	15%	27%	3%	0%	Adesiva
		AC III	4%	7%	64%	25%	0%	Adesiva
LIXADO	curado	Convencional	-	-	-	-	-	
		Aditivado	16%	16%	5%	54%	9%	Coesiva
		AC III	6%	23%	56%	15%	0%	Adesiva
	não curado	Convencional	0%	0%	80%	20%	0%	Adesiva
		Aditivado	14%	16%	19%	15%	36%	Adesiva
		AC III	0%	4%	37%	43%	17%	Coesiva

Fonte: O autor

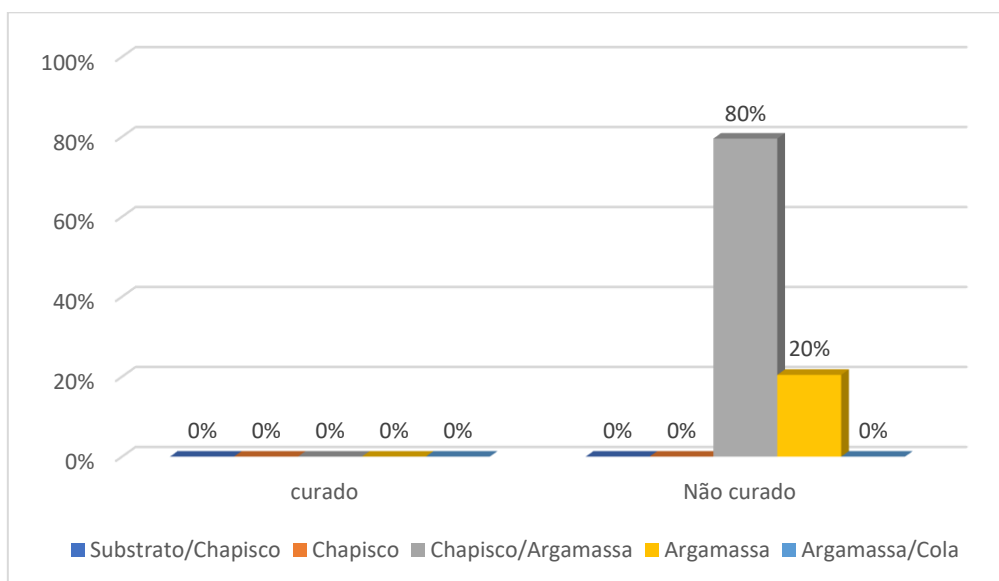
Para as regiões onde foi aplicado chapisco convencional curado, não foi possível a realização dos testes. Analisando as demais superfícies onde o chapisco convencional foi aplicado verifica-se que o tipo de ruptura predominante foi a adesiva, ocorrendo em maior porcentagem na interface chapisco/argamassa, figura 33 e 34. Espera-se que para este tipo de ruptura adesiva, os valores de resistência a tração sejam elevados, o que não aconteceu, justificando o não uso de chapisco convencional par revestimentos de fachadas.

Figura 33 - % dos Locais de Ruptura das amostras para o chapisco Convencional / Não Lixado



Fonte: O autor

Figura 34 - % dos Locais de Ruptura das amostras para o Chapisco Convencional / Lixado

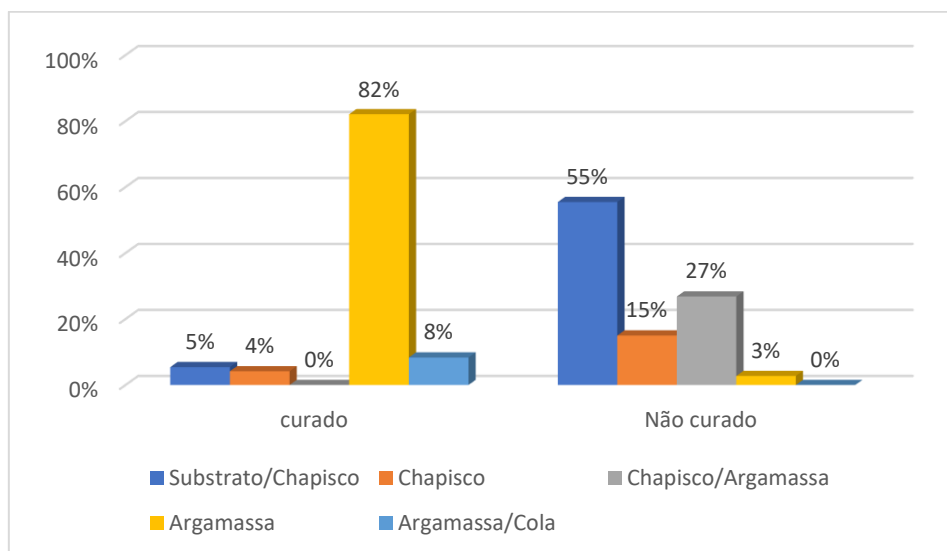


Fonte: O autor

Nas superfícies onde o substrato foi lixado e foi aplicado chapisco aditivado percebe-se que o procedimento de cura úmida proporcionou uma ruptura coesiva, ocorrendo predominantemente no revestimento argamassado, que é a forma de ruptura que menos preocupa, figura 35. Onde o chapisco não foi curado, obteve-se predominantemente ruptura adesiva, na interface substrato/chapisco onde o

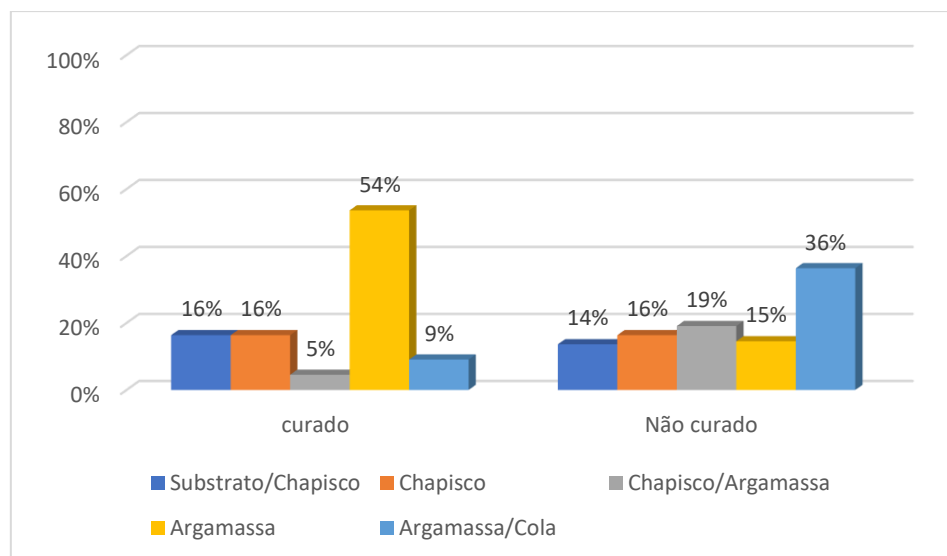
substrato não foi lixado e na interface argamassa/cola onde o substrato foi lixado, figura 36, porém os resultados de resistência de aderência à tração foram elevados.

Figura 35 - % dos Locais de Ruptura das amostras para o chapisco Aditivado / Não Lixado



Fonte: O autor

Figura 36 - % dos Locais de Ruptura das amostras para o Chapisco Aditivado / Lixado

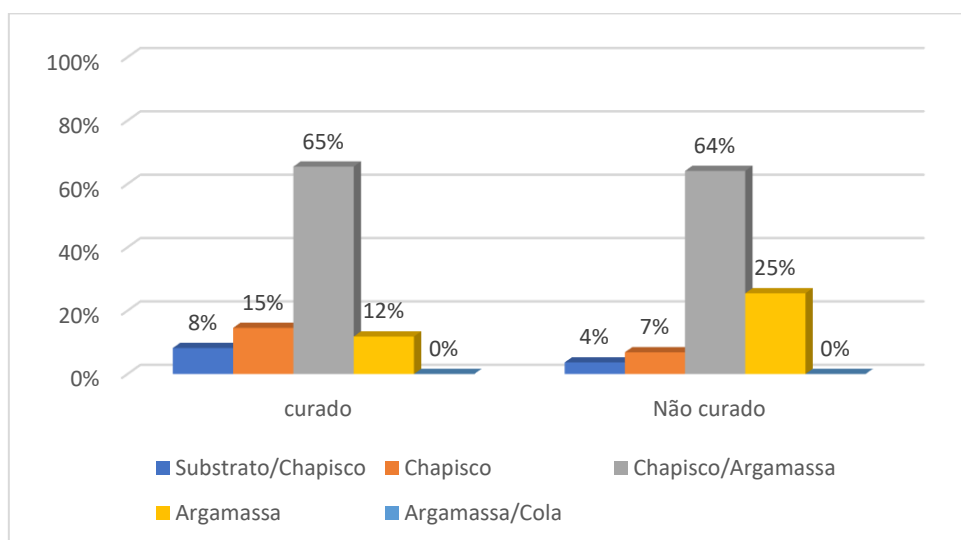


Fonte: O autor

Nas superfícies onde o substrato não foi lixado e foi aplicado chapisco com argamassa AC III curado e não curado assim como na área onde este foi curado e o

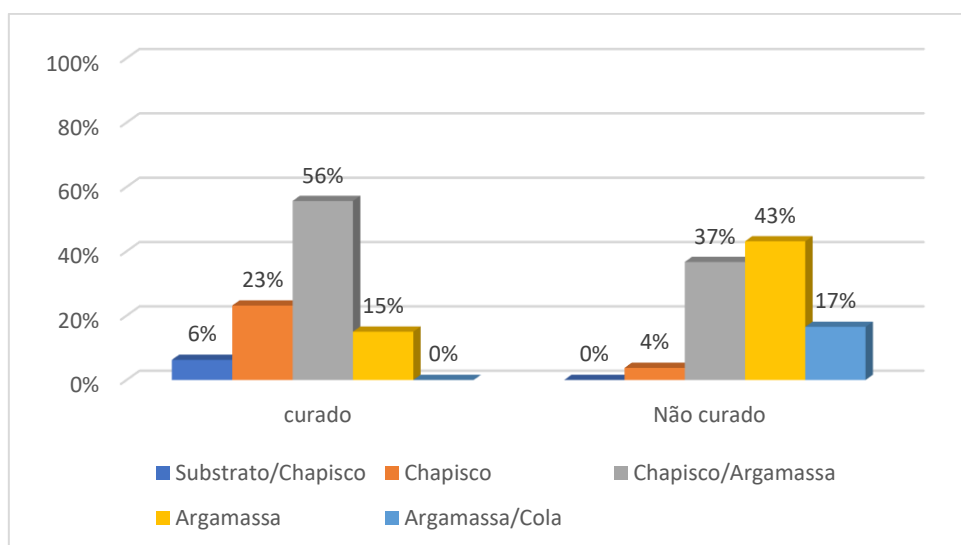
substrato lixado, o tipo de ruptura predominante foi adesiva, na interface chapisco/argamassa, figura 37, porém com valores de resistência de aderência a tração elevados, não acarretando problemas devido a forma de ruptura. Onde o chapisco não foi curado e o substrato foi lixado obteve-se predominantemente ruptura coesiva, no revestimento argamassado, figura 38, resultado que era desejado.

Figura 37 - % dos Locais de Ruptura das amostras para o chapisco AC III / Não Lixado



Fonte: O autor

Figura 38 - % dos Locais de Ruptura das amostras para o Chapisco AC III / Lixado



Fonte: O autor

Por meio da análise das formas e ruptura, através da tabela e dos gráficos é possível verificar que a maior parte das rupturas obtidas, foram rupturas adesivas, mostrando que a região mais frágil dos sistemas de revestimentos é a região de interface entre dois materiais diferentes.

Analizando os valores de resistência de aderência a tração e as formas de ruptura, observou-se que apesar de terem sido predominante rupturas adesivas, os valores de resistência obtidos nos ensaios onde foi utilizado os sistemas com chapiscos aditivados ou com argamassa AC III foram consideravelmente superiores ao mínimo especificado por norma, não acarretando necessariamente riscos de patologias relacionados a forma de ruptura do revestimento.

De acordo com Carasek (2010) dentre os sistemas que atendem à norma, deve-se escolher o mais econômico e/ou prático para a obra, observando, no entanto, o tipo de ruptura, devendo-se optar por um sistema que apresente menor percentual de rupturas adesivas. Com as análises pode-se observar que o chapisco aditivado foi a forma de chapisco que apresentou maiores percentuais de rupturas coesivas, sendo classificado dentre os chapiscos estudados como o melhor neste quesito.

Nos resultados dos ensaios foi observado a baixa ocorrência de rupturas adesivas na interface substrato/chapisco, que é a forma de ruptura mais preocupante, tendo sido esta, predominante apenas no sistema com chapisco aditivado, não curado e com substrato não lixado, que apesar disso apresentou elevados valores de resistência de aderência a tração.

4.3 Viabilidade econômica

A avaliação dos custos para a execução de cada uma das combinações estudadas, deu-se pela análise do custo para a execução de 1 m² de revestimento, considerando os equipamentos necessários, a mão de obra e o material de acordo com os preços praticados no período de execução dos ensaios.

Foram avaliados os custos envolvidos na execução do chapisco aditivado e do chapisco com argamassa AC III, bem como os custos gerados pelo processo de lixamento e a interação entre eles, obtendo-se a tabela 8. O chapisco convencional

não foi avaliado financeiramente por não ter tido resultados de resistência de aderência à tração que viabilizassem seu uso.

Tabela 8 - Custos para execução de 1(m) m² de cada combinação experimentada

Preço por m ²			
Não lixado		lixado	
Aditivado	AC III	Aditivado	AC III
R\$ 4,21	R\$ 6,12	R\$ 8,01	R\$ 9,92

Fonte: O autor

Analisando a tabela 8, pode-se perceber um aumento de cerca de 30% nos custos para a execução dos chapiscos com argamassa AC III quando comparados com a execução dos chapiscos aditivados, reafirmando a maior viabilidade da utilização do chapisco aditivado para revestimentos de fachadas. O processo de lixamento quase dobrou o custo para execução do sistema com chapisco aditivado e aumentou em quase 40% o custo do sistema com chapisco com AC III, mostrando-se assim oneroso e inviável financeiramente para ambos chapiscos, uma vez que os mesmos obtiveram resultados satisfatórios em relação ao mínimo exigido por norma quando aplicados em substrato não lixado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais deste trabalho, com base na compilação dos dados dos ensaios realizados. De maneira geral, apresenta-se a comparação entre os tipos de chapiscos, as vantagens e desvantagens dos tratamentos superficiais do substrato de concreto, bem como a influência do processo de cura úmida dos chapiscos na resistência de aderência à tração e a viabilidade econômica de cada sistema.

Verificou-se com a pesquisa, que o tipo de argamassa de chapisco, o tratamento superficial no substrato de concreto por meio de lixamento, a presença da

cura úmida, bem como a interação entre eles exercem influência na resistência de aderência à tração do revestimento argamassado.

Ressalta-se que a argamassa de revestimento e o substrato de concreto, foram mantidos constantes afim de isolar o efeito das alterações feitas em relação ao tipo de chapisco, ao tipo de tratamento superficial do concreto e do tipo de cura dos chapiscos.

Dos três tipos de chapiscos analisados como camada de preparo do revestimento argamassado, o chapisco convencional mostrou-se inviável para ser utilizado em sistemas de revestimentos argamassados em fachadas, visto as baixas resistências de aderência à tração observadas nos ensaios, aliados aos elevados valores dos coeficientes de variação obtidos. Além disso houveram áreas onde havia sido aplicado este tipo de chapisco em que o revestimento se desprende do substrato, apresentando som cavo, antes mesmo a realização dos ensaios.

O chapisco aditivado com aditivo colante foi o material que apresentou, no geral, os melhores resultados de aderência nas superfícies ensaiadas, bem como foi o tipo de chapisco mais viável economicamente dentre os que foram avaliados como passíveis de serem utilizados em sistemas de revestimentos de fachadas.

O Chapisco utilizando argamassa AC III mostrou-se eficaz, atingindo em todas as áreas em que foi aplicado, resistência de aderência expressamente maior que a mínima exigida por norma, porém quando comparado com chapisco aditivado obteve uma viabilidade inferior, tanto em relação a resistência, quanto aos custos de execução.

O tratamento superficial do substrato de concreto através de lixamento mecânico com disco diamantado, ocasionou uma melhora na resistência de aderência à tração do revestimento, bem como reduziu os valores dos coeficientes de variação dando mais heterogeneidade aos resultados. Porém como desvantagens foram observadas a baixa produtividade, a geração de poeira e a necessidade de treinamento do operário para garantir uma rugosidade ótima do substrato e apesar da redução no coeficiente de variação que o processo de lixamento do substrato proporcionou, a análise conjunta do desempenho e do custo, leva a conclusão de que este processo é menos relevante na viabilidade do revestimento que o processo de cura.

O processo de cura úmida dos chapiscos se mostrou vantajoso e proporcionou aumento de resistência a aderência e diminuição dos coeficientes de variação dos resultados, sendo, portanto, indicado para execução de sistemas de revestimento de fachadas, permitindo a hidratação dos materiais cimentícios melhorando suas propriedades no estado endurecido.

As constatações anotadas nesta pesquisa buscaram, principalmente, alertar a importância de cuidados muitas vezes dispensados nos revestimentos de argamassa aplicados em substratos de concreto em fachadas, bem como motivar e auxiliar novas pesquisas e experimentos que venham a melhorar o entendimento do meio técnico sobre o assunto.

6 SUGESTOES PARA TRABALHOS FUTUROS

De acordo com a pesquisa realizada experimentalmente e a revisão da bibliografia, sugere-se algumas pesquisas relacionadas ao tema de aderência de revestimentos argamassados em substrato de concreto, de maneira a serem testadas outras situações que podem ser corriqueiras nas obras correntes, a saber:

- Comparar a resistência de aderência à tração dos revestimentos aplicados sobre substratos de concreto quando estes são lavados e quando não são lavados.
- Testar a resistência de aderência à tração de argamassas aplicadas em substratos de concreto moldados com diferentes fôrmas, que garantam diferentes rugosidades superficiais ao substrato..

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13.529: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro – terminologias.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13749: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7200: **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13528: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8214 – **Assentamento de azulejos.** Rio de Janeiro, 1983

ABBATE, V..**Desmoldante: um para cada tipo de fôrma.** Técnica 70. Jan. 2003.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2002.

BAUER, E. et al. **Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades.** 2005.

CANDIA, M. C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CARASEK, H., Cascudo, O., Scartezini, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa.** In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - IV SBTA., 2001, Brasília. Anais... Brasília: PECC/ANTAC, 2001.

CARASEK, H.; Cascudo, O.; Jucá, T. **Estudo de casos de descolamento de revestimento de argamassa aplicado sobre estrutura de concreto.** In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - VI SBTA. Antac. Florianópolis. 2005.

CARASEK, H. – Técnica – **“Avaliação de resultados do ensaio de resistência de aderência de revestimentos de argamassa”**, 2012 [Internet] Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/185/artigo286939-1.aspx>. Acesso em: 15/03/2018.

CAVA, Felipe - ALÉM DA INÉRCIA – “**CONSTRUÇÃO CIVIL – “REVESTIMENTO DE ARGAMASSA E APLICAÇÃO DE AZULEJOS”**”, 2017 [Internet] Disponível em: <<https://alemdainercia.wordpress.com/2015/04/30/construcao-civil-revestimento-de-argamassa-e-aplicacao-de-azulejos/>>. Acesso em: 20/11/2017.

GASPERIN, J. **Aderência de Revestimentos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência da Forma de Aplicação e Composição do Chapisco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2011.

MOURA, Cristiane Borges. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco**. Dissertação (mestrado em engenharia civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

NASCIMENTO, O. L.; **Estudo do comportamento de aderência de argamassas de chapisco para revestimentos sobre superfícies de concreto de cimento Portland CP III**. Dissertação (mestrado em engenharia metalúrgica) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2005.

PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. 2007. 180 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

RUDUIT, F. R. **Contribuição ao Estudo da Aderência de Revestimentos de Argamassa e Chapiscos em Substrato**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

STOLZ, C. M. et al. **Influência da alteração da macro-rugosidade de um substrato de concreto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. In: IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - IX SBTA. Belo Horizonte, 2011.

**ANEXO A – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE DETERMINAÇÃO DA
RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO**

Tabela 8 - Não lixado / ADITIVADO / Curado

A 3											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Área (mm ²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/Chapisco	Chapisco	Chapisco/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola/Pastilha
1	86	843,37	1962,50	0,43					100		
2	11	107,87	1962,50	0,05					100		
3	10	98,07	1962,50	0,05					100		
4	100	980,67	1962,50	0,50		20			80		
5	162	1588,68	1962,50	0,81					100		
6	2	19,61	1962,50	0,01					100		
7	116	1137,57	1962,50	0,58					100		
8	17	166,71	1962,50	0,08					100		
9	136	1333,70	1962,50	0,68		20			80		
10	154	1510,22	1962,50	0,77						100	
11	172	1686,74	1962,50	0,86		10	40		50		
12	190	1863,26	1962,50	0,95		15	10		75		

Fonte: O autor

Tabela 9 - Lixado / ADITIVADO / Curado

A 4											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Área (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Argamassa	Argamassa	Argamassa/ Cola	Cola/ Pastilha
1	133	1304,28	1962,50	0,66		10	50		40		
2	138	1353,32	1962,50	0,69					100		
3	179	1755,39	1962,50	0,89			50		50		
4	137	1343,51	1962,50	0,68			5		95		
5	62	608,01	1962,50	0,31			50	50			
6	208	2039,78	1962,50	1,04						100	
7*	0	0,00	1962,50	0,00		100					
8	98	961,05	1962,50	0,49		20			80		
9	141	1382,74	1962,50	0,70		10	5		85		
10	166	1627,90	1962,50	0,83		10			90		
11	48	470,72	1962,50	0,24		80	20				
12	144	1412,16	1962,50	0,72		50			50		

* Corpo de prova não aproveitado devido ao corte não ter atingido o substrato de concreto

Fonte: O autor

Tabela 10 - Não lixado /ACIII / Curado

A 5											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Área (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/Chapisco	Chapisco	Chapisco/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola/Pastilha
1	45	441,30	1962,50	0,22		20	30	30	20		
2	142	1392,54	1962,50	0,71		30	10		60		
3	0	0,00	1962,50	0,00				90	10		
4	7	68,65	1962,50	0,03				100			
5	138	1353,32	1962,50	0,69			5	65	30		
6	91	892,41	1962,50	0,45			15	80	5		
7	134	1314,09	1962,50	0,67			20	75	5		
8	184	1804,42	1962,50	0,92			50	50			
9	132	1294,48	1962,50	0,66			10	90			
10	177	1735,78	1962,50	0,88			20	80			
11	113	1108,15	1962,50	0,56		40		60			
12*		0,00	1962,50	0,00							

* Corpo de prova não aproveitado por problema na pastilha metálica

Fonte: O autor

Tabela 11 - Lixado / AC3 / Curado

A 6											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Área (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Argamassa	Argamassa	Argamassa/ Cola	Cola/ Pastilha
1	163	1598,48	1962,50	0,81				50	50		
2	255	2500,70	1962,50	1,27			50	50			
3	142	1392,54	1962,50	0,71		50		50			
4	1	9,81	1962,50	0,00				100			
5	58	568,79	1962,50	0,29				100			
6	218	2137,85	1962,50	1,09			25	50	25		
7	195	1912,30	1962,50	0,97			90	5	5		
8	56	549,17	1962,50	0,28			20	40	40		
9*		0,00	1962,50	0,00							
10*		0,00	1962,50	0,00							
11*		0,00	1962,50	0,00							
12*		0,00	1962,50	0,00							

* Corpos de prova não aproveitados por problemas nas pastilhas metálicas

Fonte: O autor

Tabela 12 - Não lixado / CONVENCIONAL / Não Curado

A 7											
Não lixado / CONVENCIONAL / Não Curado											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Área (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/Chapisco	Chapisco	Chapisco/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Cola	Cola/Pastilha
1	0	0,00	1962,50	0,00				90	10		
2	70	686,47	1962,50	0,35				90	10		
3	0	0,00	1962,50	0,00				95	5		
4	109	1068,92	1962,50	0,54		5		85	10		
5	18	176,52	1962,50	0,09		5		85	10		
6	91	892,41	1962,50	0,45		5		85	10		
7	11	107,87	1962,50	0,05				85	15		
8	3	29,42	1962,50	0,01				95	5		
9	79	774,73	1962,50	0,39		60		40			
10	5	49,03	1962,50	0,02				100			
11	0	0,00	1962,50	0,00				95	5		
12	76	745,31	1962,50	0,38				70	30		

Fonte: O autor

Tabela 13 - Lixado / CONVENCIONAL / Não Curado

A 8											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Área (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Argamassa	Argamassa	Argamassa/ Cola	Cola/ Pastilha
1	129	1265,06	1962,50	0,64				50	50		
2	8	78,45	1962,50	0,04				80	20		
3	9	88,26	1962,50	0,04				85	15		
4	2	19,61	1962,50	0,01				100			
5	55	539,37	1962,50	0,27				95	5		
6	36	353,04	1962,50	0,18				90	10		
7	7	68,65	1962,50	0,03				80	20		
8	70	686,47	1962,50	0,35				80	20		
9	12	117,68	1962,50	0,06				70	30		
10	5	49,03	1962,50	0,02				85	15		
11	74	725,69	1962,50	0,37				60	40		
12		0,00	1962,50	0,00							

* Corpo de prova não aproveitado por problema na pastilha metálica

Fonte: O autor

Tabela 14 - Não lixado / ADITIVADO / Não Curado

A 9											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Área (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Argamassa	Argamassa	Argamassa/ Cola	Cola/ Pastilha
1	121	1186,60	1962,50	0,60		80		20			
2	4	39,23	1962,50	0,02				80	20		
3	98	961,05	1962,50	0,49		40	35	20	5		
4	2	19,61	1962,50	0,01		95		5			
5	0	0,00	1962,50	0,00		45		55			
6	0	0,00	1962,50	0,00		75	15	10			
7	9	88,26	1962,50	0,04		40	20	40			
8	7	68,65	1962,50	0,03		95	5				
9	37	362,85	1962,50	0,18		45	10	45			
10	82	804,15	1962,50	0,41		80	20				
11	110	1078,73	1962,50	0,55		70	30				
12	110	1078,73	1962,50	0,55		40	30	25	5		

* Corpo de prova não aproveitado devido ao corte não ter atingido o substrato de concr

Fonte: O autor

Tabela 15 - Lixado / ADITIVADO / Não Curado

A 10											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Area (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Argamassa	Argamassa	Argamassa/ Cola	Cola/ Pastilha
1	191	1873,07	1962,50	0,95						100	
2	194	1902,49	1962,50	0,97						100	
3	142	1392,54	1962,50	0,71		5		25	70		
4	235	2304,56	1962,50	1,17			80		20		
5	104	1019,89	1962,50	0,52				30	70		
6	89	872,79	1962,50	0,44			90	10			
7	161	1578,87	1962,50	0,80						100	
8	15	147,10	1962,50	0,07				80	20		
9	13	127,49	1962,50	0,06		65	35				
10	17	166,71	1962,50	0,08			40	60			
11	204	2000,56	1962,50	1,02						100	
12	103	1010,08	1962,50	0,51		80	15	5			

* Corpo de prova não aproveitado devido ao corte não ter atingido o substrato de concreto

Fonte: O autor

Tabela 16 - Não Lixado /AC3 / Não Curado

A 11											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Area (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Argamassa	Argamassa	Argamassa/ Cola	Cola/ Pastilha
1	131	1284,67	1962,50	0,65				50	50		
2	74	725,69	1962,50	0,37				50	50		
3	99	970,86	1962,50	0,49						100	
4	15	147,10	1962,50	0,07				60	40		
5	169	1657,32	1962,50	0,84				60	40		
6	175	1716,16	1962,50	0,87			45	35	20		
7	160	1569,06	1962,50	0,80		40	5	25	30		
8	32	313,81	1962,50	0,16			15	70	15		
9	10	98,07	1962,50	0,05			5	75	20		
10	48	470,72	1962,50	0,24			5	90	5		
11	9	88,26	1962,50	0,04				90	10		
12	3	29,42	1962,50	0,01				100			

Fonte: O autor

Tabela 17 - Lixado / AC3 / Não Curado

A 12											
CP	Carga de Ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Area (mm²)	Tensão de Ruptura - Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
					Substrato	Substrato/ Chapisco	Chapisco	Chapisco/ Argamassa	Argamassa	Argamassa/ Cola	Cola/ Pastilha
1	175	1716,16	1962,50	0,87					2	98	
2	139	1363,12	1962,50	0,69			45	15	40		
3	37	362,85	1962,50	0,18				60	40		
4	177	1735,78	1962,50	0,88						100	
5	6	58,84	1962,50	0,03				20	80		
6	36	353,04	1962,50	0,18				25	75		
7	4	39,23	1962,50	0,02				100			
8	95	931,63	1962,50	0,47				60	40		
9	137	1343,51	1962,50	0,68				20	80		
10	64	627,63	1962,50	0,32				40	60		
11	50	490,33	1962,50	0,25					100		
12	19	186,33	1962,50	0,09				100			

Fonte: O autor