

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Guilherme Alves Correa

**MÉTODO DE CORREÇÃO DE SOM CAVO EM FACHADAS COM
REVESTIMENTO CERÂMICO POR MEIO DE INJEÇÕES DE RESINA EPÓXI**

Santa Cruz do Sul

2020

Guilherme Alves Correa

**MÉTODO DE CORREÇÃO DE SOM CAVO EM FACHADAS COM
REVESTIMENTO CERÂMICO POR MEIO DE INJEÇÕES DE RESINA EPÓXI**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, na área de Patologia.

Orientador: Prof. Ms. Eng. Marcus Daniel F. dos Santos

Santa Cruz do Sul

2020

AGRADECIMENTOS

Enfim chegou o momento de refletir e recordar sobre os momentos e ensinamentos obtidos ao longo desse período. Foi uma trajetória longa, muitas vezes exaustiva, mas, sem dúvida, valeu cada segundo.

Primeiramente agradeço a Deus por estar concluindo uma grande etapa da minha vida, de muitas que ainda estão por vir.

Agradeço aos meus pais que sempre me apoiaram e incentivaram para completar minha graduação. Além de terem me dado educação, ética e sabedoria para poder enfrentar minhas dificuldades. Devo a vocês minha gratidão por estarem ao meu lado, vocês são meus exemplos, mostrando força de vontade e determinação, isso me motiva cada vez mais a seguir em frente e conquistar meus objetivos.

Quero agradecer imensamente ao Marcus Daniel Friederich dos Santos pelo apoio, pelo conhecimento transmitido e por me dar oportunidade de desenvolver este trabalho sob sua orientação.

Aos meus colegas de graduação e amigos que conheci ao longo dessa jornada de quase seis anos, sou grato por ter conhecido pessoas fantásticas que vou levar para o resto de minha vida. Agradeço em especial aos amigos Yuri Tatim e Guilherme Calheiro, pelas inúmeras experiências compartilhadas, além das atividades e trabalhos em grupo.

Agradeço à Victoria Magni Bachinski, por todo apoio e suporte, sem medir esforço para que este trabalho se tornasse realidade.

E, por fim, mas não menos importante, a todos que de alguma forma auxiliaram no meu processo de formação acadêmica ao longo desses anos.

*“Um homem é um sucesso se pula da
cama de manhã e vai dormir à noite,
e, nesse meio tempo, faz o que
gosta”.*

Bob Dylan

RESUMO

Apesar do desenvolvimento tecnológico na área técnica da engenharia e dos materiais de construção, tem-se observado uma grande quantidade de edificações relativamente jovens apresentando manifestações patológicas em suas fachadas como fissuras, descolamento e deslocamento. Elas são decorrentes da ausência de projetos de fachadas, além da falta de compatibilização de todos os projetos da edificação, bem como a falha na especificação de materiais, erros de execução, aliados a falta de manutenções.

O descolamento do revestimento de fachadas, a baixa resistência à tração e o som cavo são problemas em edificações que necessitam de manutenções imediatas por apresentarem perigo aos seus moradores e também aos que transitam ao seu entorno. Assim, no decorrer deste trabalho, será elaborada a técnica de injeções de resina epóxi em revestimentos de fachadas, com o objetivo de remover a presença de som cavo e aumentar a aderência à tração, realizando um total de seis protótipos, em três edificações, avaliando a eficiência de três diferentes resinas epóxi.

Em resumo, esse método de recuperação de sistemas de revestimento cerâmico seguem etapas de execução: realização dos furos de injeção; limpeza dos furos utilizando ar comprimido; injeção do flúor silicato; limpeza da superfície; injeção da resina epóxi; limpeza da superfície. Em seguida, deve-se realizar ensaios de percussão e aderência à tração, a fim de avaliar a eficiência desse processo.

Por fim, notou-se que os protótipos com furos de injeções de 4 e 5mm de diâmetro, utilizando resina epóxi fluida e pastosa apresentaram bons resultados ao ensaio de percussão, removendo totalmente a presença de som cavo das amostras. Entretanto apenas dois dos seis protótipos, que utilizaram resina epóxi fluida e furos de injeção de 5mm de diâmetro, obtiveram valores de resistência de aderência à tração superiores ao estabelecido pela NBR 13528:2019 – Revestimento de paredes e tetos, ou seja, no mínimo quatro dos seis corpos de prova serem maiores que 0,30MPa. Com a presente pesquisa comprovou-se a eficácia desta metodologia para remover a presença de som cavo dos revestimento de fachadas, por meio de injeções de resina epóxi, quando o revestimento não apresentar deslocamento e quando a argamassa de emboço não apresentar baixa resistência superficial ou esfarelamento.

Palavras-chave: Revestimento. Patologia. Som cavo. Injeções. Resina epóxi.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de revestimento argamassado.....	16
Figura 2 - Solicitações a que os revestimentos estão sujeitos	17
Figura 3 - Chapisco de Colher.....	20
Figura 4 - Chapisco desempenado.....	20
Figura 5 - Chapisco rolado	21
Figura 6 - Fluxograma para argamassa industrializada	22
Figura 7 - Fluxograma para argamassa produzida em obra.....	23
Figura 8 - Diferentes alternativas de revestimento argamassado	25
Figura 9 - Componentes do sistema de revestimento cerâmico	28
Figura 10 - Tipos de reforços com tela metálica: (a) ponte de transmissão; (b) argamassa armada	29
Figura 11 - Pontos para mapeamento de fachada	31
Figura 12 - Execução de talisca.....	31
Figura 13 - Execução das mestras	32
Figura 14 - Ponto adequado para sarrafeamento da argamassa.....	33
Figura 15 - Reforço do emboço com tela metálica.....	34
Figura 16 - Lei de Sitter.....	38
Figura 17 - Eflorescência em revestimento cerâmico	40
Figura 18 - Vesículas.....	41
Figura 19 - Fissuração superficial	43
Figura 20 - Fissuração por escorrimento	43
Figura 21 - Fissuras em argamassa de rejunte.....	44
Figura 22 - Descolamento localizado do revestimento cerâmico.....	46
Figura 23 - Descolamento com pulverulência.....	47
Figura 24 - Desplacamento cerâmico	48
Figura 25 - Descolamento cerâmico junto à base.....	48
Figura 26 - Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração	50
Figura 27 - Mapeamento das áreas com som cavo – Fachada dos fundos	55
Figura 28 – Vista lateral do prédio	56
Figura 29 - Furadeira utilizada para realização dos furos	56
Figura 30 - Detalhamento dos pregos químico.....	57
Figura 31 - Protótipos A e B - Furos 5mm de diâmetro	57
Figura 32 – Protótipos A e B - Compressor utilizado para limpeza dos furos.....	58
Figura 33 – Protótipos A e B - Pistola com agulha acoplada para limpeza dos furos.....	58
Figura 34 - Protótipos A e B - Limpeza dos furos com ar comprimido.....	59
Figura 35 - Protótipos A e B - Furos 5mm de diâmetro para injeção do Flúor Silicato.....	59
Figura 36 - Protótipos A e B - Injeção do Flúor Silicato.....	60
Figura 37 - Protótipos A e B - Limpeza da superfície.....	61
Figura 38 - Protótipo A - Seringa utilizada para injeção da resina.....	61
Figura 39 - Protótipo A - Mistura da resina epóxi bicomponente Marca A.....	62
Figura 40 - Protótipo A - Injeção da resina epóxi	63
Figura 41 - Protótipo A - Ensaio finalizado	63
Figura 42 - Protótipo B - Resina epóxi com aplicador e bico misturador	64
Figura 43 - Protótipo B - Injeção da resina epóxi	65
Figura 44 - Protótipo B - Injeção da resina epóxi	65

Figura 45 - Protótipos B - Ensaio finalizado	66
Figura 46 - Corpo de prova em local com som cavo – Ruptura na interface argamassa colante/placa cerâmica.....	67
Figura 47 - Corpo de prova em local com som cavo – Ruptura na interface argamassa colante/emboço	67
Figura 48 - Protótipos C e D - Injeção da resina epóxi	68
Figura 49 - Protótipos C e D – Ensaio finalizados.....	69
Figura 50 - Vista lateral esquerda do prédio.....	70
Figura 51 - Vista lateral esquerda do prédio.....	70
Figura 52 - Teste de percussão na fachada para verificação de som cavo	71
Figura 53 – Mapeamento das áreas com som cavo	71
Figura 54 - Fissura decorrente do descolamento do revestimento cerâmico.....	72
Figura 55 - Fissura decorrente de descolamento do revestimento argamassado da base	72
Figura 56 - Revestimento com risco de queda pela ruptura da argamassa junto à base.....	73
Figura 57 - Fissura no revestimento, indicando região com risco de queda	73
Figura 58 - Corpo de prova – Descolamento entre chapadas	74
Figura 59- Corpo de prova – Descolamento entre chapisco e base.....	74
Figura 60 - Corpo de prova – Descolamento entre chapisco e base.....	75
Figura 61 - Corpo de prova– Descolamento entre cerâmica e argamassa colante	75
Figura 62 - Corpo de prova – Descolamento entre argamassa de emboço e chapisco.....	76
Figura 63 - Protótipos E e F - Furos com broca 6mm para injeção de resina	77
Figura 64 - Protótipos E e F - Limpeza dos furos com ar comprimido.....	77
Figura 65 - Protótipos A - Ensaio de percussão após as injeções de resina epóxi	79
Figura 66 - Ensaio de arrancamento protótipo A – Ruptura na interface substrato/chapisco ..	80
Figura 67 - Ensaio de arrancamento protótipo A – Ruptura na interface argamassa/cola	81
Figura 68 - Ensaio de arrancamento protótipo A - Corpo de prova	81
Figura 69 - Ensaio de arrancamento protótipo B – Ruptura na interface substrato/chapisco ..	83
Figura 70 - Ensaio de arrancamento protótipo B - Corpo de prova	84
Figura 71 - Ensaio de arrancamento protótipo C.....	85
Figura 72 - Ensaio de arrancamento protótipo C - Ruptura na argamassa de emboço.....	86
Figura 73 - Ensaio de arrancamento protótipo C - Ruptura na interface argamassa/cola	86
Figura 74 - Ensaio de arrancamento protótipo C - Corpo de prova	87
Figura 75 - Ensaio de arrancamento protótipo D	88
Figura 76 - Ensaio de arrancamento protótipo D - Ruptura na argamassa de emboço	89
Figura 77 - Ensaio de arrancamento protótipo D - Ruptura na interface substrato/chapisco ..	89
Figura 78 - Ensaio de arrancamento protótipo D - Corpo de prova	90
Figura 79 - Protótipos E e F - Pontos marcados com X onde o houve a permanência do som cavo após injeção da resina epóxi	91
Figura 80 - Protótipos E e F - Teste de aderência à tração.....	92
Figura 81 - Ensaio de arrancamento protótipo E – Ruptura na interface argamassa/cola.....	93
Figura 82 - Ensaio de arrancamento protótipo E – Ruptura no interior da argamassa.....	93
Figura 83 - Ensaio de arrancamento protótipo F – Ruptura no interior da argamassa.....	95
Figura 84 - Ensaio de arrancamento protótipo F - Ruptura na interface argamassa/cola.....	95
Figura 85 - Protótipos E e F - Argamassa de emboço com baixa resistência superficial.....	96
Figura 86 - Protótipos E e F - Peças cerâmicas removidas juntamente com a argamassa de emboço	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Espessuras admissíveis de revestimentos.....	25
Quadro 2 - Limites de resistência de aderência à tração	26
Quadro 3 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo A	80
Quadro 4 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo B	82
Quadro 5 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo C	85
Quadro 6 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo D	88
Quadro 7 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo E.....	92
Quadro 8 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo F.....	94

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Área	12
1.2. Limitação do tema	12
1.3. Justificativa	12
1.4. Objetivos gerais	13
1.5. Objetivos específicos	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Normas e especificações	14
2.2. Histórico das fachadas e das argamassas de revestimento	15
2.3. Sistema de revestimento de fachadas aderido	15
2.3.1. Características do sistema de revestimento externo	16
2.3.2. Funções e propriedades das argamassas de revestimento	17
2.3.3. Base ou substrato	18
2.3.4. Chapisco	19
2.3.5. Emboço	21
2.3.6. Reboco	24
2.4. Sistema de pintura	26
2.4.1. Fundo	27
2.4.2. Massa	27
2.4.3. Tinta de acabamento	27
2.5. Revestimento cerâmico	27
2.5.1. Componentes do sistema de revestimento cerâmico	28
2.5.2. Detalhes construtivos	28
2.6. Execução de revestimentos argamassado em fachadas	29
2.6.1. Equipamento e ferramentas	29
2.6.2. Procedimento de execução	30
2.6.3. Preparo da base	30
2.6.4. Definição de referência do plano do revestimento	30
2.6.5. Aplicação da argamassa	32
2.6.6. Acabamento superficial das camadas	32
2.6.7. Execução dos detalhes construtivos	34
2.6.8. Controle de execução	35
2.7. Projeto de fachadas	35
2.8. Manifestações patológicas em revestimentos externos	37
2.8.1. Eflorescências	39

2.8.2.	Vesículas.....	41
2.8.3.	Manchas.....	41
2.8.4.	Fissuras.....	42
2.8.5.	Expansão por umidade (EPU).....	45
2.8.6.	Descolamentos.....	45
2.8.7.	Desplacamento.....	47
2.9.	Teste para identificar patologias nos revestimentos.....	49
2.9.1.	Resistência Superficial.....	49
2.9.2.	Ensaio de percussão.....	49
2.9.3.	Ensaio de resistência de à aderência a tração.....	49
2.9.4.	Resistência à abrasão.....	50
2.10.	Epóxi na construção civil.....	50
3.	METODOLOGIA.....	52
3.1.	Materiais utilizados para execução dos “pregos” químicos.....	53
3.1.1.	Flúor silicato.....	53
3.1.2.	Resina epóxi.....	54
3.2.	Execução dos Protótipos A e B.....	54
3.3.	Execução dos Protótipos C e D.....	66
3.4.	Execução dos Protótipos E e F.....	69
4.	ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	79
4.1.	Protótipo A.....	79
4.2.	Protótipo B.....	82
4.3.	Protótipo C.....	84
4.4.	Protótipo D.....	87
4.5.	Protótipos E e F.....	90
5.	CONCLUSÃO.....	98
	REFERÊNCIAS:.....	101

1. INTRODUÇÃO

Apesar do desenvolvimento tecnológico na área técnica da engenharia e dos materiais de construção, tem-se observado uma grande quantidade de edificações relativamente jovens apresentando manifestações patológicas em suas fachadas. Embora haja uma preocupação crescente com a qualidade das edificações por parte das construtoras, em virtude da vigência da Norma de Desempenho, que, a partir de 2013, busca atender aos requisitos mínimos de habitabilidade dos usuários, nota-se que os edifícios construídos nos últimos anos não apresentam o qualidade requerida.

A grande incidência de problemas como: eflorescências, bolores, fissuras, infiltrações, descolamento e deslocamento dos revestimentos argamassados e cerâmicos mostram que o segmento da construção civil precisa se preocupar mais com o sistema de revestimento de fachada de uma edificação. Essas patologias são decorrentes da ausência de projetos de fachadas, além da falta de compatibilização de todos os projetos da edificação, bem como a falha na especificação de materiais, erros de execução causados pela falta de qualidade e treinamento da mão de obra, somados à inexistência de manutenção preventiva, ocasionando desconforto e despesas extras aos condôminos.

O descolamento do revestimento, a baixa resistência à tração e o som cavo são manifestações patológicas, constatadas por ensaio de percussão e aderência à tração, que necessitam de manutenções imediata por apresentarem perigo aos seus usuários. Sendo assim, a substituição do revestimento de fachada é um serviço complexo e minucioso, além de apresentar risco de queda de materiais e causar transtorno aos moradores. Sobretudo, por apresentar dificuldades de execução, torna-se uma obra onerosa. Atualmente observamos avanços tecnológicos em vários setores da construção civil, por isso devemos pesquisar novos métodos e materiais, com o intuito de reparar tais patologias, e quando possível evitar a substituição do revestimento, seja ele, cerâmico ou argamassado.

Assim, no decorrer deste trabalho, será elaborada a técnica de injeções de resina epóxi em revestimentos com a presença de som cavo, realizando um total de seis protótipos, em três edificações, avaliando a eficiência de três diferentes resinas epóxi. Os procedimentos consistem em formar “pregos” químicos por meio de aplicações de resinas, objetivando a ancoragem do revestimento ao substrato, além de eliminar a presença de som oco e aumentar a resistência de aderência à tração do revestimento, bem como, atingir os valores mínimos exigidos pelas normas brasileira de revestimentos externos.

1.1. Área

O presente trabalho foi desenvolvido na área da Patologia, mais especificadamente na área de materiais de construção, direcionada no estudo de identificação e correção de som cavo em fachadas com revestimento cerâmico por meio de ancoragem química, ou seja, injeções de resina epóxi.

1.2. Limitação do tema

A proposta do seguinte assunto é utilizar materiais a base de resina epóxi para reforço de revestimento argamassado que possuir som cavo. Esse método se restringe a áreas onde a base do revestimento deve ser concreto.

1.3. Justificativa

Em meio ao avanço da tecnologia na construção civil com melhorias da qualidade de materiais, produtos, utilização de métodos de cálculos refinados e após a vigência da NBR 15575 (2013), observa-se um aumento da qualidade das obras e uma preocupação por a parte das construtoras e engenheiros para oferecer um produto que satisfaça seus usuários. No que se refere a revestimento de fachada aderido, tem-se diversas possibilidades de acabamento, como pacas cerâmicas, argamassa decorativas, pintura e texturas. No entanto, mesmo com toda essa evolução, tem-se constatado cada vez mais, ocorrências de manifestações patológicas de origens diversas em revestimentos de fachadas, sejam elas pela falta de manutenção, falha ou ausência de projetos de fachadas, aliados à execução inadequada.

Juntamente com a incidência de problemas patológicos sobre as fachadas, seu desempenho vem sendo comprometido, além de suas funcionalidades básicas como estanqueidade, vedação e regularização, com isso a depreciação do imóvel e o desconforto estético são inevitáveis.

As patologias em revestimento de argamassa causam uma série de riscos e de incômodos, tanto para seus usuários quanto para aqueles que trafegam ao se entorno, dentre elas existem as de fácil detecção por serem visíveis e outras que apenas são identificadas quando o revestimento descola e cai (VERÇOZA, 1991). Geralmente a identificação patológica é realizada quando ela surge na superfície da edificação, na suposição da existência ou não de

uma anomalia, executa-se um ensaio de percussão para comprovar a presença de descolamento da fachada (MARIO, 2011).

Sendo assim, o revestimento que emitir som cavo consequentemente estará solto, dessa forma necessita-se de uma intervenção imediata. Uma das alternativas quando o revestimento cerâmico possuir som cavo é a utilização de reforço por ancoragem química com produtos à base de resina epóxi, evitando a remoção do revestimento, uma vez que é desaconselhado a retirada das pastilhas e do emboço nos trechos ociosos, para evitar a ampliação da região afetada, formando uma extensão do cisalhamento, como um efeito dominó.

Sendo assim, a utilização de “pregos” químicos é um método de reparo utilizado por empresas de engenharia, no entanto não há muitos estudos comprovando sua eficiência. Ao decorrer deste trabalho será apresentado suas formas de aplicações e diferentes materiais à base de resina epóxi, além de analisar sua eficiência.

1.4. Objetivos gerais

Realizar um estudo, a fim de analisar a eficiência de ancoragem química, utilizando materiais à base de resina epóxi como método de reparo em manifestações patológicas em fachadas, com ênfase em som cavo, além de detalhar sua aplicação e evidenciar os cuidados para o seu uso.

1.5. Objetivos específicos

Os objetivos específicos do trabalho consistem em estudos de casos em obras com manifestações patológicas de som cavo em fachadas, com o intuito de realizar reparos no revestimento cerâmico, evitando a sua remoção, para isso serão executados os seguintes processos:

- Identificar as patologias de som cavo em fachadas em diferentes edifícios;
- Mapear os locais que possuem som cavo quando submetidos a ensaio de percussão;
- Criar protótipos para realizar testes;
- Aplicar materiais à base de resina epóxi como método de reforço do revestimento cerâmico;
- Realizar ensaios de percussão e ensaios de tração;
- Analisar, por meio dos ensaios, a eficiência de diferentes materiais;
- Analisar, por meio dos ensaios, a eficiência de diferentes métodos de execução.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo, buscou-se conceitualizar os sistemas de revestimento argamassados e cerâmicos, identificar suas principais manifestações patológicas, bem como, os testes para identificá-las, além de conceituar a utilização do sistema epóxi na construção civil.

2.1. Normas e especificações

Este item irá abordar as principais normas técnicas e suas especificações relacionadas a argamassas para revestimento.

- NBR 13528 (ABNT, 2019) - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.

Esta Norma prescreve o método para a determinação da resistência de aderência à tração de revestimento de argamassa aplicados em obra ou laboratório sobre substratos inorgânicos não metálicos.

- NBR 13529 (ABNT, 2013) – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.

Esta norma define os elementos relativos a revestimento de paredes e tetos em argamassas inorgânicas à base de cimento, cal, ou ambos, e a materiais e instrumentos auxiliares de aplicação.

- NBR 13816 (ABNT, 1997), Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação.

Esta norma descreve que placas cerâmicas para revestimento são materiais compostos de argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes, sendo conformadas por diversos processos de fabricação e apresentando qualidades de incombustão e resistência à luz solar.

- NBR 7200 (ABNT, 1998) - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento.

Esta norma especifica padrões ideais de execução do revestimento de modo a evitar anomalias posteriores à execução. A norma abrange o assunto passo a passo desde o projeto do revestimento até o acompanhamento da execução

2.2. Histórico das fachadas e das argamassas de revestimento

As fachadas eram definidas, no Brasil colônia, a face limítrofe da edificação com o passeio público. Os outros lados eram conjugados aos lotes vizinhos ou escondidos, tendo em vista o pequeno porte das construções (QUEIROZ, 2007 *apud* BRAGA, 2010).

Com o passar do tempo, as edificações ficaram cada vez mais verticalizadas, atualmente são destaques nas grandes metrópoles, podendo ser observadas de diferentes pontos da rua. Com isso, a palavra fachada alterou-se podendo ser qualquer uma das faces de um edifício: a da frente, denominada fachada principal, e as demais, fachada posterior e fachadas laterais (SOARES, 2017).

Há mais de 3000 anos, as civilizações fenícias, gregas e romanas já utilizavam as argamassas hidráulicas, que é a mistura de um material aglomerante com materiais inertes, como revestimento das edificações e para assentamento de blocos. As misturas de aditivos são conhecidas, desde a antiguidade, por melhorar o desempenho pretendido com as argamassas. Os romanos, por exemplo, utilizavam o sangue, a banha e o leite como aditivos nas argamassas hidráulicas, talvez com o intuito de melhorar a trabalhabilidade. Hoje, sabe-se que estas substâncias provocam a introdução de ar na argamassa, o que pode ter contribuído para a duração das edificações romanas (MIRANDA, 2009 *apud* HERMANN e ROCHA, 2013).

2.3. Sistema de revestimento de fachadas aderido

O sistema de revestimento de fachada apresenta significativas funções, como: proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos; auxiliar os sistemas de vedações no cumprimento de suas funções, como o isolamento térmico e acústico e a estanqueidade à água e aos gases; regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de outros revestimentos; constituir-se no acabamento final, contribuindo significativamente para a valorização do imóvel (SABBATINI, 1988).

As fachadas, em função da configuração, da extensão de suas áreas e de funcionarem como filtros entre os ambientes interno e externo, apresentam-se como um dos mais importantes subsistemas de uma edificação. Consequentemente, seu custo de manutenção pode implicar em um grande impacto sobre o valor total da manutenção de um edifício (CHEW, 2003 *apud* SOUZA, 2014).

2.3.1. Características do sistema de revestimento externo

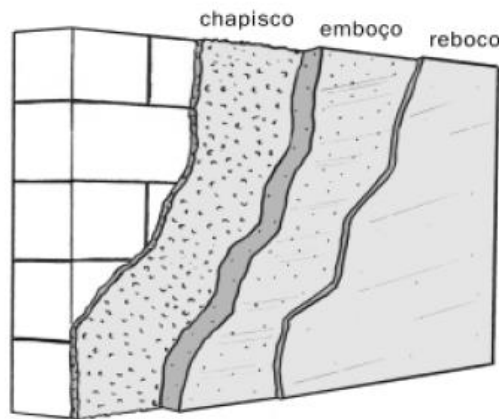
A definição de sistema de revestimento externo, segundo a Norma Brasileira Regulamentadora NBR 13755 (2017) é:

“[...]conjunto de camadas superposta e intimamente ligadas, constituído pela estrutura-suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação da ação da chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético.”

Os revestimentos argamassados contribuem com o isolamento térmico, em cerca de 30%, com o isolamento acústico, com cerca de 50%, além de regularizar a base, oferecer segurança ao fogo e auxiliar na resistência ao desgaste (CARAZEC, 2007).

Os revestimentos de argamassa constituem-se de uma ou duas camadas cujas denominações são emboço (massa grossa), reboco (massa fina) ou massa única (emboço paulista), conforme figura 1. De tal maneira que revestimentos de argamassa de uma camada se dividem em: massa única, quando tiverem acabamento em pintura e emboço quando for base para outros revestimentos. E os revestimentos em duas camadas têm usualmente acabamento em pintura e são constituídos pelo emboço e pelo reboco (RECENA, 2015).

Figura 1 - Sistema de revestimento argamassado



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

Segundo Erdly e Schwartz (2004), as fachadas não são estáticas, movimentam-se em função dos efeitos do vento e mudanças de temperatura, além de interagir com as estruturas as quais suportam. Com isso, degradam-se com o decorrer do tempo, perdendo ligação física com o material aplicado na construção, como ilustra a figura a seguir.

Figura 2 - Solicitações a que os revestimentos estão sujeitos



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

Assim necessitam de muita atenção na elaboração do projeto quanto às especificações dos materiais e, principalmente, na execução, buscando o completo desempenho em estanqueidade, agentes nocivos, ruídos, calor e acabamento. Oferecendo maior durabilidade ao sistema de revestimento, bem como, aos materiais empregados, diminuindo o custo com manutenções periódicas (SAYEGH, 2008).

2.3.2. Funções e propriedades das argamassas de revestimento

Recena (2015) cita alguns itens referentes as principais funções das argamassas de revestimento e algumas propriedades as quais devem ser obedecidas:

- Impermeabilizar o substrato de aplicação;
- Garantir bom acabamento ao sistema a ser revestido;
- Absorver deformações naturais que a estrutura está sujeita;
- Regularizar e/ou proteger mecanicamente substratos os quais possuem sistemas de impermeabilização ou isolamento termoacústico.

Para cumprir com as funções citadas anteriormente, as argamassas deverão necessariamente apresentar as seguintes propriedades:

- Trabalhabilidade de acordo com à função a que se destinam;
- Eficaz capacidade de retenção de água;
- Durabilidade compatível com a vida útil prevista para a edificação (Vida útil de projeto);
- Estabilidade química frente aos agentes de deterioração e sem ocorrências de alterações em seus constituintes representados por reações retardadas;

- Estabilidade física a partir de uma resistência mecânica compatível com as solicitações determinadas por ciclos alternados de molhagem e secagem;
- Capacidade de aderir ao substrato conforme as solicitações a qual foi projetada;
- Modulo de elasticidade tão baixo quanto o necessário para dotar as argamassas de capacidade de absorver por deformação tensões internas geradas pela movimentação da estrutura e/ou dos materiais que a compõem.

É importante ressaltar que não é função do revestimento de argamassa esconder imperfeições grosseiras da base. Na prática, essa situação ocorre com muita frequência, devido à falta de cuidado no momento da execução da estrutura e da alvenaria que ficam desaprumadas e desalinhadas. Com isso, é necessário “tirar na massa” essas imperfeições, o que compromete o cumprimento real de suas funções.

Baía (2001) afirma que, para que os revestimentos de argamassa de fachada possuam um comportamento adequado, cumprindo com as suas funções, eles precisam apresentar um conjunto de propriedades específicas. Essas propriedades são relativas à argamassa tanto no estado fresco como no endurecido e o seu entendimento permite avaliar o comportamento do revestimento em diferentes situações.

2.3.3. Base ou substrato

A definição segundo a NBR 13529 (2013) é, parede ou teto constituídos por material inorgânico, não-metálico, sobre os quais o revestimento é aplicado.

Na especificação do sistema de revestimento, não se deve limitar apenas ao conhecimento das argamassas a serem utilizadas, para se obter o desempenho satisfatório do produto final, é importante conhecer qual o tipo de base ou substrato utilizado, e também sua interação com a estrutura não somente pelo seu efeito estético, mas no sentido da escolha correta do revestimento em cada caso. O sistema de revestimento deve ser compatível com a natureza do substrato, para o desenvolvimento da aderência, pois a rugosidade superficial dele permite um maior intertravamento do revestimento à base, além de aumentar a superfície de contato, principalmente se a superfície for rugosa e tiver poros abertos (ANTUNES, 2010).

A base ou substrato tem papel fundamental no desempenho do revestimento, uma vez que suas propriedades, absorção capilar, porosidade e textura superficial, podem influenciar diretamente no bom funcionamento do sistema. Além disso, as condições após execução devem atender as exigências de planeza, prumo e nivelamento (SOARES, 2017).

Segundo a NBR 7200 (1998), a aderência do revestimento está relacionada diretamente ao grau de absorção da base, responsável pela microancoragem da argamassa; assim, em base com alta absorção deve-se pré-molhar a mesma, evitando a perda de água da argamassa para a base, alterando assim suas propriedades e conseqüentemente havendo perda de aderência entre a base e o chapisco.

A textura da base (rugosidade) é importante no desenvolvimento da aderência, pois é um ponto de ancoragem da argamassa aplicada. Assim, bases rugosas possuem maior área de contato com a argamassa aplicada, melhorando potencialmente as condições de aderência. Substratos lisos geralmente levam a valores de aderência menores, devendo-se sempre preparar as superfícies (chapiscar) com o intuito de torná-las adequadamente rugosas (BAUER, 1984).

2.3.4. Chapisco

Segundo a NBR 13529 (2013) 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.”

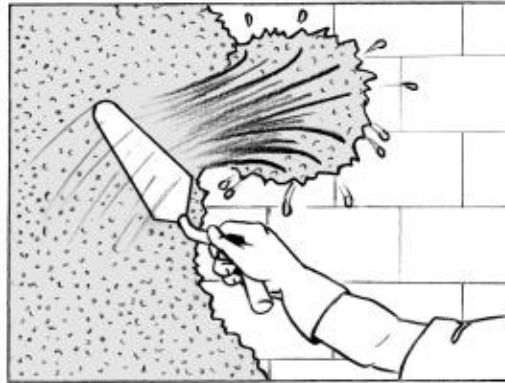
Azaredo (1987) e Silva (2006) afirmam que esta argamassa tem como finalidade proporcionar condições de aspereza em superfícies muito lisas e praticamente sem poros, como em elementos estruturais em concreto, blocos de vedação ou estruturais e tijolos. Bem como em revestimentos sujeito a ações de maior intensidade (revestimento externo e revestimento de teto), criando condições de receber outro tipo de argamassa, assim atuando como uma ponte de aderência entre a base e o emboço.

O chapisco, segundo Leal (2003), é um procedimento de preparação de base, utilizado em ambientes externos ou internos, e não se constitui de uma camada do revestimento. A espessura média desse tratamento situa-se próxima de 5 mm, dependendo das características granulométricas da área empregada.

Além do chapisco convencional dosado em obra, encontra-se três tipos de chapisco industrializados, que são eles o de colher, o desempenado e o rolado. São vendidos ensacados em embalagens de 25kg, onde na obra adiciona-se e mistura-se a quantia de água indicada pelo fornecedor.

a) **De Colher:** O lançamento da argamassa fluída é realizado com energia sobre a base com uma colher de pedreiro. A textura final é rugosa, aderente e resistente. Pode ser aplicado por projeção em fachadas (COSTA, 2013).

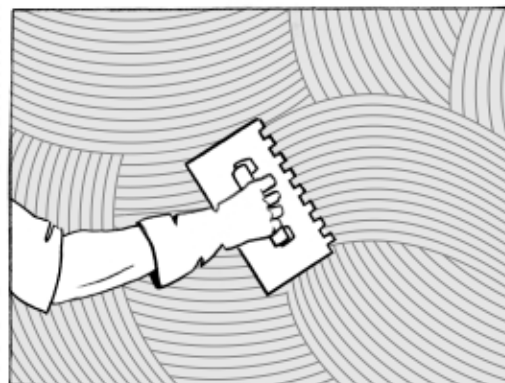
Figura 3 - Chapisco de Colher



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

b) **Industrializado ou desempenado:** Normalmente aplicado sobre a estruturas de concreto, esse tipo de chapisco é feito com argamassa industrializada. Sua aplicação é executada com desempenadeira dentada (COSTA,2013).

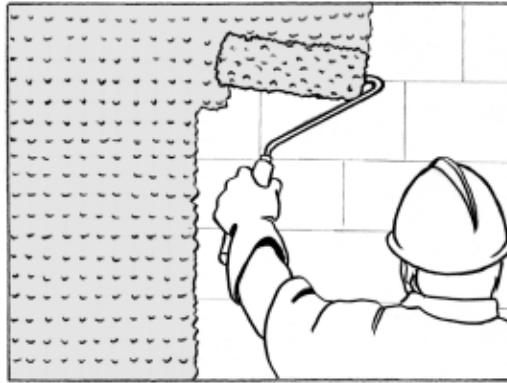
Figura 4 - Chapisco desempenado



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

c) **Rolado:** Utiliza argamassa fluída obtida pela mistura do cimento e areia, com adição e aditivo. Pode ser aplicado tanto na estrutura quanto na alvenaria. Sua aplicação é feita com rolo de espuma para textura acrílica (COSTA, 2013).

Figura 5 - Chapisco rolado



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

A NBR 7200 (1998) recomenda que a aplicação do chapisco convencional (dosado em obra) deve ser feita de tal forma:

- A argamassa de chapisco deve ter uma consistência fluida, proporcionando maior facilidade na penetração da pasta de cimento na base a ser revestida, melhorando a aderência na interface revestimento-base.
- O chapisco deve ser aplicado de baixo para cima energeticamente sobre a base que receberá o emboço, cuidando para não cobrir completamente a base.

Antes de iniciar a aplicação, o substrato deve ser umedecido, para evitar a absorção excessiva da água necessária para a cura do chapisco no substrato, o excesso de água de saturação pode ser prejudicial, uma vez que os poros saturados inibirão o microagulhamento da pasta de aglomerante dentro dos mesmos (YAZIGI, 2006 *apud* SANTOS, 2008).

Bauer et. al. (2005 *apud* HERMANN, 2013) mencionam a necessidade de cura do chapisco, por aspersão de água, com duração de no mínimo de 24 horas, recomendando-se estendê-la para 48 horas em condições de clima quente, seco e com muito vento. Geralmente, falhas de cura são pulverulência, fissuração intensa e desagregação.

2.3.5. Emboço

Segundo a NBR 13529 (2013) Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, é:

“Camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, proporcionando uma superfície que permita receber uma camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.”

Conforme Mota (2002 *apud* HERMANN, 2013), os traços mais comuns utilizados para emboço são:

- 1:1:4 (cimento:cal:areia) para emboço interno, base para reboco;
- 1:1,25:5 para emboço interno, base para cerâmica;
- 1:2:9 para emboço interno, para tetos ou externo, base para reboco;
- 1:2:8 para emboço externo, base para cerâmica.

A NBR 7200 (1998) recomenda que, o emboço só pode ser executado após a total cura do chapisco, que é de no mínimo três dias. Em locais que possuem características climáticas como temperatura elevadas (maiores ou próximas a 30°C), umidade do ar e ventilação adequada, este período de cura do chapisco, para a posterior aplicação da massa grossa, pode diminuir para 2 dias.

As argamassas de emboço são classificadas quanto a sua forma de produção em quatro tipos, os quais são citados abaixo:

a) **Argamassa industrializadas:** Segundo Recena (2015) são aquelas argamassas que chegam à obra necessitando apenas do acréscimo de água para serem utilizadas. São produzidas por processos industrializados com controle tecnológico efetivo, dosadas em massa e fornecidas ensacadas. A figura 6 indica o fluxograma para argamassa industrializada.

Figura 6 - Fluxograma para argamassa industrializada



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

Encontram-se argamassas industrializadas a base de cimento Portland, aditivos e adições que também utilizam cal na sua composição. O agregado utilizado pode ser uma areia natural ou areia artificial.

Sua estocagem é simples, evitando o contato com o solo, água e intemperes. Podendo ocorrer nas proximidades do local de aplicação onde poderá ser também misturada, acarretando

a diminuição do transporte dentro da obra, permitindo um maior controle sobre o consumo do material.

b) Argamassa Semi-industrializadas: Recena (2015) afirma que essas argamassas de cal e areia ditas intermediárias ou brancas são vendidas para posterior composição com cimento Portland na obtenção das argamassas finais com diferentes características.

Para se obter uma argamassa intermediária de boa qualidade, dependerá da qualidade dos insumos empregados em sua produção, da eficiência da mistura, do processo de dosagem, mas principalmente da composição com areia, ou seja, do traço. Para obter uma boa qualidade do produto final na obra, é necessário ter cuidado com a adequada estocagem e proporcionamentos com cimento Portland.

É um material amplamente utilizado apresentando como vantagem o menor custo comparado com as argamassas industrializadas, mas existe conhecimento e precauções para que sejam utilizados corretamente.

c) Argamassas dosadas em obra: São preparadas no próprio canteiro de obra, sendo composta por materiais aglomerantes, agregados e água, podendo ou não ser aditivadas. Estas argamassas são produzidas a partir de proporcionamentos preestabelecidos no projeto de revestimento de fachadas. Infelizmente, em uma grande quantidade de obras, a dosagem é feita de forma equivocada e sem o cuidado necessário por meio de pás, baldes ou, até mesmo, capacetes (RECENA, 2015). A figura 7 indica o fluxograma para argamassa produzida em obra.

Figura 7 - Fluxograma para argamassa produzida em obra



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

Tanto podem ser preparadas com cimento e areia, com ou sem emprego de aditivos incorporadores de ar, como mistas de cimento e cal. Em ambos, os casos uma dosagem prévia

deve ser realizada para a garantia do bom desempenho do material no atingimento das características exigidas para cada emprego.

d) Argamassas estabilizadas: São argamassas desenvolvidas para serem produzidas e fornecidas por centrais dosadoras, assim como o concreto usinado. Normalmente são produzidas com cimento Portland, agregado miúdo, água, aditivo incorporador de ar e aditivo estabilizante, eventualmente pode ser empregue pozolanas. Lembrando que não existe nenhuma norma regulamentadora vigente para este tipo de argamassa, alguns cuidados devem ser precavidos.

De fato, é possível considerar essas argamassas muito parecidas com as argamassas industrializadas vendidas em sacos, tanto com relação aos materiais como com os proporcionamentos. A grande diferença está no emprego de um aditivo chamado de estabilizador que tem a propriedade de proporcionar a estocagem dessa argamassa em mistura com água por períodos de até 36 horas sem a perda de trabalhabilidade e sem que ocorra o início de pega do cimento (RECENA, 2015).

No momento em que a argamassa é aplicada em camadas de pequena espessura, a evaporação da água permite que as reações de hidratação do cimento ocorram garantindo o desenvolvimento de todas as características desejáveis de uma argamassa tanto para o assentamento de elementos de alvenaria como para o revestimento de paredes e são armazenadas em caixas de material plástico.

2.3.6. Reboco

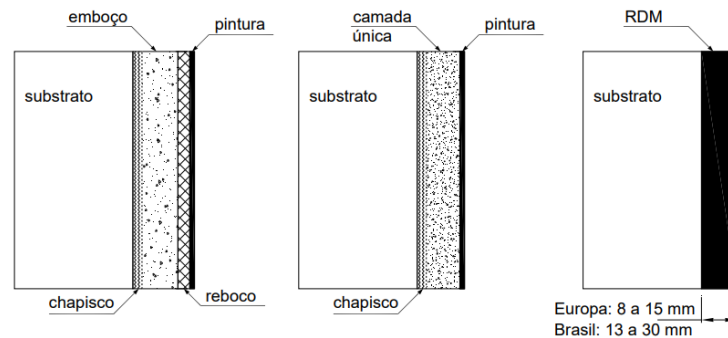
Segundo a NBR 13529 (2013) Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, é:

“É uma camada de revestimento utilizada para o cobrimento do emboço, proporcionando uma superfície que permita receber o revestimento final decorativo ou que se constitua no acabamento final.”

Atualmente o sistema de revestimento argamassado de camada única vem sendo muito empregado em substituição ao tradicional. Esse sistema é composto da associação do chapisco com o que é chamado de camada única, onde o emboço e reboco são executados em uma única etapa, produzindo, simultaneamente, o acabamento e decoração da base onde for aplicado. A junção do chapisco com emboço e/ou reboco, ou camada única, está presente também na

execução de revestimento de pintura e revestimento cerâmico. Geralmente, a camada única, quando houver a aplicação de placas cerâmicas, é denominada emboço e quando for realizada pintura é designada como reboco (SOARES, 2017).

Figura 8 - Diferentes alternativas de revestimento argamassado



Fonte: Materiais de Construção Civil e princípio de ciência e engenharia de materiais. IBRACON. In: CARASEK, Helena. Argamassas (2010).

A espessura total do revestimento internos e externos, de acordo com a NBR 13749 (2013), é apresentada no quadro a seguir:

Quadro 1 - Espessuras admissíveis de revestimentos

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: NBR 13749:2013 – Revestimento de paredes e tetos.

Caso seja necessário a utilização de revestimento com espessuras superiores aos indicados no quadro 01, diversos cuidados devem ser tomados em questão à aderência entre a argamassa e o substrato/base, sendo assim, a NBR 13749 (2013) estabelece o limite de resistência de aderência à tração dos revestimentos conforme quadro 02.

Quadro 2 - Limites de resistência de aderência à tração

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Fonte: NBR 13749:2013 – Revestimento de paredes e tetos.

Em caso de não atendimento das resistências a aderência à tração, devem ser realizados novos ensaios para melhor caracterização e delimitação da área a ser reparada.

O reboco não deve apresentar fissuras ou mapeamentos, pois a pintura é aplicada diretamente sobre ele. Portanto a argamassa deverá apresentar alta capacidade de acomodar deformações (SILVA, 2006 *apud* HERMANN, 2013).

2.4. Sistema de pintura

O sistema de revestimento com pintura, embora tenha capacidade de dar cor à superfície onde é aplicada, tem como responsabilidade desempenhar a função de proteger o substrato, auxiliando na estanqueidade contra água e agentes agressivos, sendo utilizado como acabamento em superfícies externas e internas de edifícios (SOARES, 2017).

Segundo Uemoto (2002 *apud* SOARES, 2017), as pinturas possuem grande influência no desempenho e durabilidade das edificações. Embora sua execução seja realizada na última etapa da obra, deve ser especificada e planejada na fase de projetos, portanto faz parte de um conjunto de fatores que influenciam no resultado final da obra.

Assim, um bom revestimento com pintura inicia-se pela escolha correta dos materiais, levando em conta a agressividade do ambiente a qual a edificação será exposta (umidade atmosférica e poluição do ar), do tipo de substrato (minerais porosos, madeiras e metais) e do uso da edificação.

Algumas pinturas com efeitos especiais, conhecidas como texturas, podem ser utilizadas, seguindo orientações dos fabricantes. Os efeitos decorativos, como marmorizado, em relevo, raspado e esponjado podem ser obtidos diversificando o produto, as ferramentas e os métodos de aplicação.

O sistema de pintura é definido como um conjunto de fundo preparador, massas de nivelamento e tintas (e vernizes) de acabamento (SABBATINI, 2003).

2.4.1. Fundo

Funciona como uma ponte entre o substrato e a tinta de acabamento. É conhecido como selador quando aplicado sobre superfícies de argamassa, com intuito de reduzir ou uniformizar a absorção do substrato. Quando aplicado sobre superfícies metálicas é denominado primer, possuindo propriedades anticorrosivas (SOARES, 2017).

2.4.2. Massa

Aplicada sobre o fundo tem finalidade de regularizar, uniformizar e nivelar as imperfeições da argamassa do revestimento. Proporcionando um bom acabamento para aplicação da tinta, sendo lançada em pequenas camadas para que não haja fissuras (SOARES, 2017).

2.4.3. Tinta de acabamento

É responsável por dar coloração, além de proteger as outras camadas do revestimento, por estar em contato direto com agentes de degradação e a intempéries (SOARES, 2017).

2.5. Revestimento cerâmico

No Brasil, a maioria das edificações utilizam revestimentos cerâmicos em suas fachadas, devido às vantagens que estes apresentam em relação aos demais revestimentos como: maior durabilidade, estanqueidade, facilidade de limpeza e manutenção, maior resistência à penetração de água, proporcionam desempenho térmico, acústico e segurança ao fogo, além de contribuir para a valorização estética e econômica do empreendimento. Entretanto, alguns autores enfatizam que estas vantagens potenciais do revestimento cerâmico só serão efetivas se ele for executado adequadamente, seguindo as orientações das normas técnicas e as boas práticas da engenharia, além de realizar todas as atividades de manutenções preventivas (MEDEIROS, 1999; JUST, 2001 *apud* OLIVEIRA, 2017).

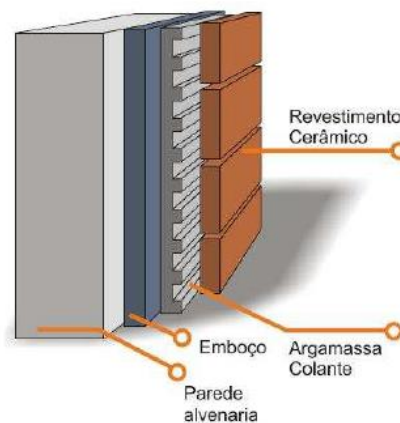
Costa (2013) propõe que, desde a concepção do projeto até a execução da obra, a escolha correta dos materiais construtivos é uma etapa importante e complexa. A definição do revestimento não significa escolher aleatoriamente ou esteticamente o mais interessante ou o

de menor custo, mas sim com base em uma análise detalhada do desempenho técnico necessário de revestimento cerâmico, do custo e do fator estético desejado.

2.5.1. Componentes do sistema de revestimento cerâmico

Segundo as Normas 13816 (1997) e 13755 (2017), o revestimento cerâmico é o conjunto de camadas, cuja capa externa é composta por placas cerâmicas, assentadas por argamassa colante e rejuntadas com material adesivo. A sequência das camadas que estão sob as placas, da mais externa para a mais interna, é o emboço, argamassa de regularização (quando necessário), chapisco e a base/substrato (estrutura ou alvenaria), conforme figura 9.

Figura 9 - Componentes do sistema de revestimento cerâmico



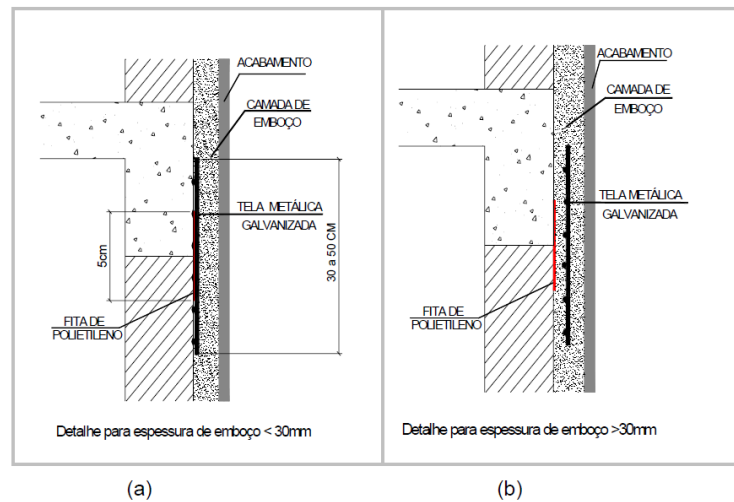
Fonte: Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília, Antunes 2010.

2.5.2. Detalhes construtivos

Segundo Ribeiro e Barros (2010), os detalhes construtivos são elementos que devem ser colocados em pontos estratégicos da fachada, buscando aumentar o desempenho do sistema, esses detalhes são executados durante a produção do revestimento, de acordo com sua função.

Os detalhes construtivos necessariamente estão previstos no projeto de fachadas, para proteção delas contra a ação da chuva, indicando os pontos de captação de águas pluviais, os beirais, as molduras e os frisos. Também servem para prevenir patologias como é o caso das juntas de movimentação e os reforços com telas metálicas (figura 10), que são detalhes indispensáveis muitas vezes esquecidos na fase de projetos.

Figura 10 - Tipos de reforços com tela metálica: (a) ponte de transmissão; (b) argamassa armada



Fonte: Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação; SAHADE, 2005.

As telas de aço soldadas são recomendadas para reforço de revestimento de fachada, para prevenção de fissuras nas regiões de elevadas tensões, como na união da alvenaria com a estrutura de concreto armado, além da estruturação do revestimento em casos de espessuras superiores a 30 mm que é o limite recomendado pela NBR 7200 (SAHADE, 2005).

As juntas de movimentação são posicionadas nas regiões de concentração das tensões que surgem nas camadas do revestimento, sua função é proporcionar alívio dessas tensões para que não haja o fissuramento do revestimento (BARROS e SABBATINI, 2004).

2.6. Execução de revestimentos argamassado em fachadas

A execução dos revestimentos argamassados de fachadas se baseia no livro de Baía (2001) e no manual de Revestimento ABCP (2002), onde será apresentada a seguir:

2.6.1. Equipamento e ferramentas

As ferramentas mais utilizadas para a execução dos revestimentos são, colher e linha de pedreiro, prumo, broxa, régua de alumínio, desempenadeira, nível de mangueira, caixas para argamassa, gabarito de junta, frisor, entre outros. Os equipamento são, balancim (movimentado manualmente ou motorizado) ou andaimes fachadeiros. O tipo de equipamento implica na definição do sequenciamento e na dinâmica das atividades de execução do revestimento de fachada (BAÍA, 2001).

2.6.2. Procedimento de execução

Segundo Baía (2001), a execução dos revestimentos de argamassa inclui uma série de etapas, com atividades próprias e procedimentos específicos, que devem estar bem definidos, para alcançar um maior nível de racionalização das atividades de execução.

As etapas de execução do revestimento de argamassa são: a preparação da base; a definição do plano de revestimento; a aplicação da argamassa; o acabamento das camadas e a execução dos detalhes construtivos.

2.6.3. Preparo da base

De acordo com Baía (2001), a preparação da base consiste em um conjunto de atividades que pretendem adaptá-la o recebimento da argamassa. Nessas atividades são executadas a limpeza da estrutura e da alvenaria, a eliminação das irregularidades superficiais, a retirada das incrustações metálicas e o preenchimento de furos.

Limpeza da base: Deve ser realizada por meio da escovação, lavagem ou jateamento, dependendo da dificuldade de remoção das sujeiras. Essa limpeza deve eliminar partículas que venham prejudicar a aderência, como: pó, barro, fuligem, graxas e óleos desmoldantes da estrutura, fungos e eflorescências.

Eliminação das irregularidades superficiais: É a retirada das rebarbas de concretagem e os excessos de argamassa de assentamento das alvenarias, além da remoção dos arames utilizados para montagem das formas. Também deve-se realizar o enchimento de furos, rasgos e depressões utilizando argamassa apropriada.

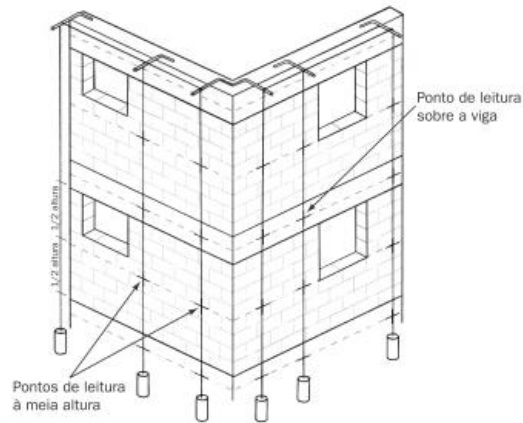
2.6.4. Definição de referência do plano do revestimento

Segundo o Manual de Revestimento ABCP (2002), devem ser criadas as referências para a definição do plano antes de iniciar a execução do revestimento. Os planos das paredes e tetos devem estar no prumo ou em nível e devem obedecer às espessuras admissíveis.

Nas fachadas são obtidas referências, primeiro, por meio da locação dos arames de fachadas e, em seguida, pelo mapeamento da mesma. O mapeamento envolve a medição das distâncias entre os arames e a superfícies da fachada em pontos específicos (nas vigas e na alvenaria à meia distância entre vigas). Os arames de fachada devem estar posicionados de

forma adequada, alinhados e em esquadro com a estrutura (figura 11). A partir do mapeamento é definido a espessura do revestimento da fachada.

Figura 11 - Pontos para mapeamento de fachada



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

Taliscamento: É a etapa seguinte à definição da espessura do revestimento, consistindo na fixação de pedaços cerâmicos, com a mesma argamassa utilizada para o revestimento, em pontos específicos, respeitando a espessura definida. É recomendado que o taliscamento seja realizado previamente em toda a extensão da base a ser revestida. As taliscas devem ser fixas e firmes, de forma que a argamassa se encontre endurecida, pois estas servirão de referência para a execução das mestras.

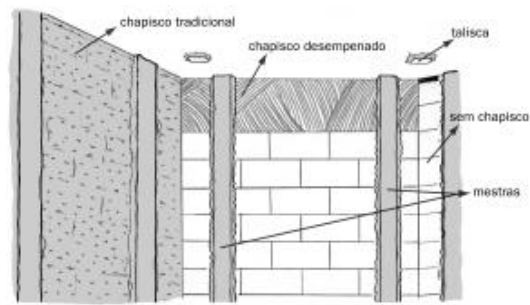
Figura 12 - Execução de talisca



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

Mestras: São faixas estreitas e contínuas de argamassa feitas entre duas taliscas, que servem de guia para a execução do revestimento. Por meio desses elementos, fica delimitada uma região onde será aplicada a argamassa. Sobre as mestras, a régua metálica é apoiada para a realização do sarrafeamento.

Figura 13 - Execução das mestras



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

2.6.5. Aplicação da argamassa

O Manual de Revestimento ABCP (2002) recomenda que a aplicação da argamassa deve ser efetuada por projeção energética sobre a base, de forma manual ou mecânica (argamassa projetada). Não excedendo 3 cm de espessura, caso seja maior de 3 cm, o revestimento deve ser executado em etapas. Para espessuras entre 3 cm e 5 cm, a argamassa deve ser aplicada em duas camadas; para espessuras entre 5 cm e 8 cm, a argamassa deve ser aplicada em três camadas, encasquilhando-se as duas primeiras. Nesse caso, deve-se prever ainda, o uso de tela metálica para estruturar o revestimento.

Quando o revestimento for do tipo massa única para o recebimento de pintura, a aplicação da argamassa deve acontecer logo após a execução das mestras, logo nos revestimentos do tipo emboço e reboco para pintura, ou emboço para cerâmica, isso não é necessário.

É recomendável que a aplicação da argamassa seja realizada após a delimitação pelas mestras em cada trecho. Após a aplicação da argamassa, deve ser feita uma compressão com a colher de pedreiro, a fim de eliminar os espaços vazios e analisar a superfície.

Durante a aplicação da argamassa, é importante o seu correto manuseio, atentando para as adequadas condições de estocagem no balancim ou andaime, para o seu tempo de utilização em aberto e para o seu reaproveitamento.

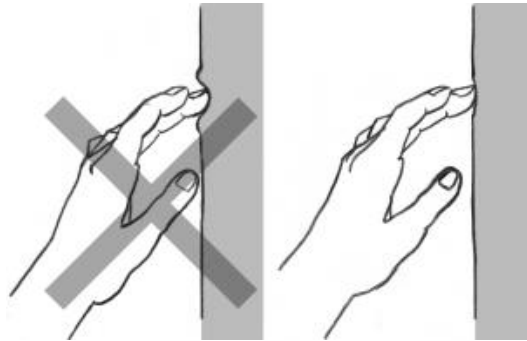
2.6.6. Acabamento superficial das camadas

Serrafeamento: Segundo Baía (2001), trata-se da atividade que irá definir o plano de revestimento, a partir das taliscas e mestras. É o aplainamento do revestimento, utilizando-se

uma régua de alumínio apoiada nos referenciais de espessuras, fazendo um movimento de vaivém de baixo para cima.

Essa atividade deve ser realizada no momento que a argamassa atingir o ponto de sarrafeamento, ou seja, quando apresentar consistência mais firme. O ponto ideal é quando os dedos não penetram na camada, deformando levemente a superfície, como ilustra a Figura 14.

Figura 14 - Ponto adequado para sarrafeamento da argamassa



Fonte: Manual de revestimento ABCP, 2002.

Concluída essa etapa, as taliscas devem ser retiradas e os espaços deixados por elas, preenchidos. Depois de um intervalo é realizado o desempeno e o camurçamento.

Desempenamento: Segundo Baía (2001), são classificados em três tipos conforme seu acabamento superficial e consiste na movimentação circular de uma ferramenta, denominada desempenadeira, sobre a superfície do emboço ou da massa única, imprimindo-se certa pressão. Essa operação pode exigir a aspersão de água sobre a superfície.

a) Desempeno grosso:

É utilizado quando a camada de revestimento de argamassa irá receber um revestimento decorativo com espessura maior que 5 mm, como cerâmica; a superfície de acabamento é regular e compacta sem ser muito lisa; são aceitas pequenas imperfeições e fissuras de retração.

b) Desempeno fino:

É acabamento base para revestimentos texturados e pintura acrílica em duas ou mais demãos; a textura final é homogênea, lisa e sem imperfeições visíveis.

c) Desempeno camurçado:

Acabamento final base para pintura com tintas minerais, látex PVA ou acrílico, sobre massa corrida ou textura acrílica em uma única demão; a textura final é homogênea, lisa e compacta e não são admitidas fissuras.

2.6.7. Execução dos detalhes construtivos

Os detalhes construtivos devem ser planejados e especificados no projeto de fachadas, a fim de contribuir para o melhor desempenho de revestimento de argamassa. Estes detalhes podem ser destacados as juntas de movimentações, juntas estruturais, os peitoris, as pingadeiras e o locais onde devem possuir reforço do revestimento com tela metálica.

Nos revestimentos em argamassa armada, agregam-se as propriedades frágeis da argamassa com as características dúcteis da tela metálica. A argamassa não deforma plasticamente, pelo contrário, o alívio de tensões ao superar o limite de resistência à tração ocasiona no fissuramento dela, sendo necessário soluções para correção desse problema, é nesse ponto que a tela age aumentando a resistência à tração, garantindo o desempenho do sistema, conforme a figura 15 (VANVLACK, 1970 *apud* ANTUNES, 2014).

Figura 15 - Reforço do emboço com tela metálica



Fonte: Disponível em: <<https://www.teciam.com.br>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

A argamassa reforçada com tela metálica é amplamente utilizada na construção civil sendo apoiada pela NBR 7200: 1998, a qual indica o uso de tela metálica ou plástica na junção da estrutura com a alvenaria (encunhamento ou fixação), na interface de diferentes materiais (pilar com a alvenaria) e quando for submetida a esforços que gerem deformações diferenciais (tais como balanços, platibandas e últimos pavimentos).

Os peitoris, as saliências e outros detalhes arquitetônicos inseridos na fachada têm a função de interromper os fluxos de água que escorrem pela parede, defletindo-os para fora da edificação, entretanto se esses detalhes não tenham sido bem projetados ou bem executados, poderão causar problemas em regiões localizadas da fachada, afirma Thomaz (2002).

2.6.8. Controle de execução

Segundo Baía (2001), o controle de execução do revestimento envolve um conjunto de ações realizadas antes do início da execução do revestimento, durante e após a sua conclusão. O controle, antes do início da execução do revestimento, envolve a verificação de todos os antecedentes que precisam ser atendidos para a adequada realização das atividades.

Ao iniciar a execução, deve ser feito um controle durante todo o processo para a garantia do atendimento às especificações do revestimento. Ao final do processo, deve-se realizar um controle para verificar o atendimento às especificações previamente definidas, considerando-se os limites de tolerância, que devem ser estabelecidos para cada aspecto verificado.

2.7. Projeto de fachadas

O desenvolvimento do projeto de revestimento de fachadas é indispensável para obtenção de um desempenho satisfatório no decorrer do tempo, refletindo no aumento da qualidade e produtividade, reduzindo falhas de execução, manifestações patológicas, desperdícios e custos. Tendo como finalidade a determinação dos materiais, geometria, juntas, reforços, acabamentos, procedimento de execução e controle.

O projeto de fachadas deve ir muito além do que um simples desenho, sendo necessário pensar a relação entre os materiais ao longo do tempo, as diferentes solicitações e suas futuras manutenções. As intervenções periódicas de manutenção e conservação devem ser realizadas para manter a capacidade funcional durante a vida útil prevista em projeto, sem os sinais de desgaste do edifício (BAUER, 2011).

Nesse projeto deve considerar as condições do ambiente, da arquitetura, da estrutura, as instalações e as vedações da edificação, bem como, os processos construtivos e os prazos, estando em concordância com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), recomendações dos fabricantes, processos de execução e os controles utilizados pela construtora (CEOTTO *et al.*, 2005).

O Manual de Revestimento de Fachadas (2006), cita as principais etapas para elaboração de um bom projeto de fachadas, que são elas:

- Detalhamento da fachada (pranchas), que envolve análise dos projetos de arquitetura, estrutural, instalações, vedações onde todos deverão estar compatibilizados;
- Escolha dos materiais a serem utilizados para execução dessa etapa;

- Planejamento para execução do revestimento externo; treinamento da mão-de-obra que irá realizar a atividade; logística para recebimento e aplicação do materiais;
- Execução do revestimento;
- Acompanhamento dos indicadores;
- Controle tecnológico das argamassas.

Os projetos arquitetônico e estruturais são extremamente importantes para o desenvolvimento do projeto de fachadas, pois dependendo de suas características, consegue-se definir: a quantidade de juntas na fachada, as áreas onde serão impermeabilizadas, os detalhes construtivos (reforços com tela metálicas, frisos e peitoris), as cores das pastilhas, incidência solar em cada uma das fachadas, os formatos da fachada (cantos retos ou arredondados) e as características da deformabilidade da estrutura da edificação.

Segundo Ceotto *et al.* (2005), para treinamento da equipe devem ser realizados painéis testes no canteiro de obras, nesse momento, o aplicador e a equipe técnica terão o primeiro contato direto com o produto. Recomenda-se para cada tipo de base (alvenaria e estrutura) um painel com área aproximadamente de 2m², aplicando-se o sistema de revestimento (chapisco/emboço/revestimento cerâmico) definido no projeto de fachadas. Deverão ser simuladas todas as condições previstas para execução do revestimento em escala real: tipo de base, processo de limpeza e preparação da base, tipo de argamassadeira, tempo de mistura e cura.

O engenheiro deve avaliar, em escala de 4 (ótimo, bom, regular e ruim), o rendimento, índice de percas e o consumos das argamassas. Durante a aplicação, devem ser analisados a qualidade da mistura, trabalhabilidade, tempo de puxamento e aderência inicial.

Salientando que as condições de caracterização no painel são melhores que as condições reais de aplicação na fachada, pois não há mudança da qualidade de aplicação (fadiga da mão-de-obra), condições climáticas, e de aplicação (altura, trabalho em balancim, variação de espessura).

O projeto de fachadas do edifício deve ser estudado cuidadosamente a fim de definir a posição dos balancins, a área das fachadas a serem revestidas, o cronograma dos serviços com base nos índices de produtividade e os equipamento e ferramentas a serem transportados para cada etapa de execução. Necessita-se determinar as atividades para cada subida e descida dos balancins, garantindo a qualidade dos serviços.

A qualidade da mão-de-obra é um dos mais importantes elementos para a correta execução do revestimento, para isso, é necessário que seja bem escolhida e capacitada. O

treinamento da equipe de pedreiros deverá ser praticado por um profissional capacitado em avaliar o aprendizado dos funcionários na execução do revestimento de argamassa. O período de treinamento deverá ser suficiente para mostrar aos alunos a parte teórica e realizar aulas práticas em painéis testes (MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADA, 2006).

O plano de ação define quais os pontos de execução do revestimento, com auxílio da planta baixa, o projeto de fachadas define a quantidade e o posicionamento dos balancins, garantindo que cada etapa seja executada corretamente seguindo o cronograma.

Em alguns locais da fachada, devem ser executados ensaios da resistência de aderência à tração, para avaliar se há falha na aderência do sistema (base/argamassa/revestimento), conforme a norma NBR 13528:2019 – Determinação da Resistência de Aderência à Tração.

Para fiscalizar se cada etapa do serviço foi executada conforme programado, podem ser utilizados gráficos de acompanhamento, onde se determina o início e o fim de cada atividade executada em cada balancim montado (MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADA, 2006).

2.8. Manifestações patológicas em revestimentos externos

As fachadas das edificações constituem aspectos importantes na apropriação de valor dos empreendimentos, a sua degradação causa o surgimento de manifestações patológicas que impactam negativamente, comprometendo não somente a imagem da construtora, mas também ocasionando desconforto e risco ao seus usuário. As manifestações patológicas são reconhecidas pelos usuários de forma visual e, quando expostas nas fachadas, estão à vista de todos (RAABE, 2014).

Braga (2010) afirma que as fachadas, devido ao seu contato direto com o ambiente externo, sofrem as primeiras agressividades dos agentes de degradação, perdendo desempenho e durabilidade, conseqüentemente reduzindo sua vida útil, afirmando que as inspeções devem ser realizadas de modo preventivo, programadas periodicamente pelo projetista da fachadas e indicadas no manual do proprietário, onde é sugerida a primeira inspeção ao término do primeiro ano e após a entrega do empreendimento, a cada três anos (CEOTTO; BANDUK; NAKAMURA, 2005 *apud* RAABE, 2014).

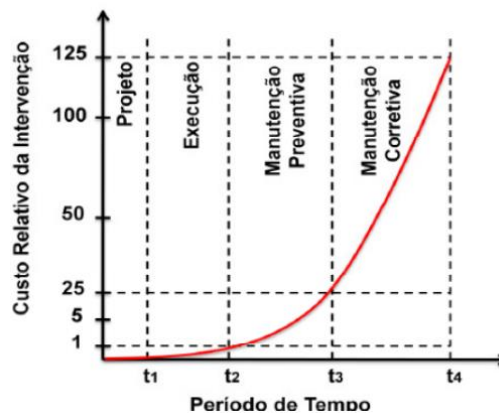
A temperatura é um dos agentes mais agressivos aos revestimentos de edifícios, provocando variações físicas e químicas nos materiais, que, por sua vez, promovem variações dimensionais, causando fissuras, descolamentos e deslocamentos. Assim, o nível de degradação varia para cada situação e dependerá da orientação solar em que a fachada está

posicionada, ou seja, as fachadas que estão mais expostas aos efeitos do meio ambiente e das ações atmosféricas têm uma probabilidade de apresentar maior degradação e comprometimento de sua vida útil precoce (SILVA, 2014; CONSOLI, 2006 *apud* AGOSTINHO, 2016).

O ar é o elemento básico que envolve qualquer edificação, sendo impossível desconsiderar seus efeitos, sua ação está diretamente relacionada com as partículas transportadas que se assentam em camadas sobre os edifícios, formando uma crosta ativa que pode provocar erosão progressiva da superfície. O vento transporta estes elementos, bem como, a água da chuva, e atua na modificação da distribuição das sujeiras depositadas sobre as superfícies do revestimento (GANDEMER, 1975 *apud* LIMA, 2014).

A Lei de Sitter (figura 16) estabelece que os custos com manutenção tardias em estruturas crescem em projeção geométrica de razão 5 em relação aos custos com medidas preventiva empregue na fase de projeto. Os custos das intervenções sobem quando se atrasa a correção das manifestações patológicas, sendo aconselhável atuar com a maior brevidade e se possível, agir na prevenção das mesmas (SITTER, 1983 *apud* OLIVEIRA, 2016).

Figura 16 - Lei de Sitter



Fonte: Identificação de fenômenos de pré-patologia nas fachadas dos edifícios, 2016.

Para que o sistema de revestimento argamassado ou com placas cerâmicas apresente desempenho satisfatório, é necessário um controle de qualidade, desde o projeto de execução, incluindo a alvenaria, a base para o revestimento cerâmico, as argamassas empregadas no assentamento, a execução das juntas e placas cerâmicas, bem como a mão de obra utilizada para tais serviços.

Segundo Antunes (2010), as manifestações patológicas nunca são atribuídas a uma única causa, normalmente são consequência da associação de diversos fatores e pode ser sucedida por uma sobreposição de efeitos que se acumulam até que se manifeste, causando uma maior deterioração. Entre as principais manifestações patológicas em sistemas de revestimento

cita-se as eflorescências, vesículas, manchas, fissuras, expansão por umidade, descolamento e deslocamento, os quais serão abordados a seguir.

As origens para a ocorrência dos problemas patológicos no revestimento podem estar associadas às fases de projeto, execução e utilização do revestimento ao longo do tempo. De acordo com o Costa (2013), pode-se sintetizar as origens para o aparecimento de manifestações patológicas nas edificações da seguinte forma:

MATERIAIS: Utilização de materiais (cerâmica, rejuntas, argamassa de assentamento, selantes, cimento, cal, areia, e suas misturas) em desacordo com as especificações e recomendações normativas.

PROJETO: Todos os aspectos ligados à concepção da edificação, desde a falta de compatibilização entre projetos, especificação incorreta dos materiais, negligência quanto a definição do posicionamento das juntas, das áreas que serão impermeabilizadas e os locais onde devem ser reforçados com telas metálica.

EXECUÇÃO: Envolve o controle de recebimento dos materiais, preparação das argamassas, respeito aos prazos mínimos para a liberação dos serviços e, principalmente o acompanhamento e fiscalização da execução de todas as camadas do sistema.

USO: Trata dos fatores à operação durante a vida do componente e, fundamentalmente, às atividades de manutenção requeridas para um desempenho adequado do conjunto com o decorrer dos anos.

2.8.1. Eflorescências

Segundo Barros e Sabatinni (2001 *apud* SOARES, 2017), eflorescências são formações salinas (cálcio, sódio, potássio, magnésio ou ferro) causadas na superfície dos materiais, que podem ser provenientes do próprio material de construção, como é o caso das placas cerâmicas ou decorrente de sua aplicação, como os componentes de alvenaria, argamassa de fixação e regularização. O meio de transporte de tais substâncias até a superfície é a água, que migra através de infiltrações por meio de trincas e fissuras, ou provenientes das várias camadas do revestimento aliados a condensação de vapor atmosférico dentro das paredes, conforme a figura 17.

Figura 17 - Eflorescência em revestimento cerâmico



Fonte: Instituto de Arquitetura e Urbanismo, UPS (2018).

Barros (1997 *apud* BRAGA, 2010) relacionam a absorção e permeabilidade das argamassas com a manifestação da eflorescência. Os poros presentes na argamassa ajudam a conduzir o fluxo de água que, por capilaridade ou pressão, transportam sais solúveis do material. A eflorescência pode ser encontrada em diferentes níveis de gravidade, desde alteração estética das fachadas, devido ao seu aspecto esbranquiçado, até o descolamento de placas cerâmicas e degradação da pintura:

a) **TIPO I (Machas brancas pulverulentas com aspecto de nuvem):** São solúveis em água, mas não desagregam o material, no entanto podem provocar o descolamento da pintura se a umidade não atravessar a mesma. Este tipo de eflorescência não causa danos à alvenaria, apenas altera a aparência estética.

b) **TIPO II (Manchas brancas escorridas):** São encontradas próximas a elementos de concreto, ou sua superfície, e sobre superfícies de alvenaria. Não oferecem qualquer perigo à estabilidade da alvenaria, apenas um efeito estético negativo e sendo muito difíceis de serem removidos.

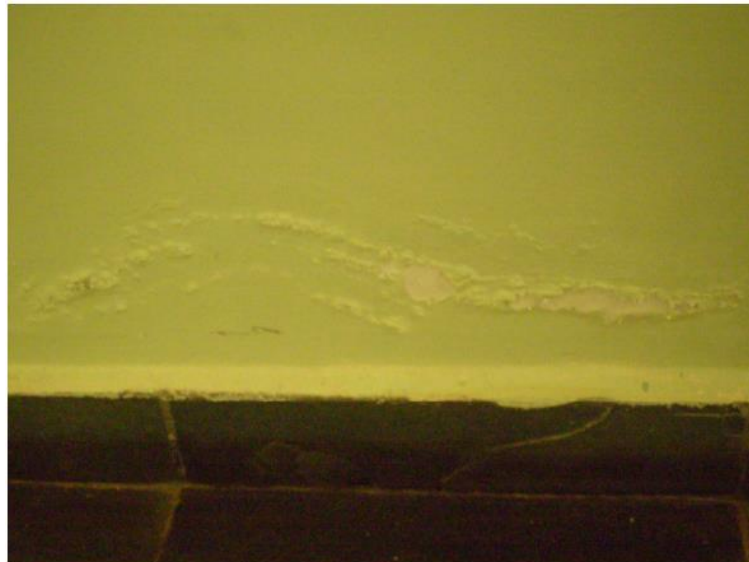
c) **TIPO III (Depósito de sal branco entre as juntas de alvenaria aparente):** Este tipo acontece quando a alvenaria aparente se apresenta fissurada pela expansão da argamassa de assentamento e ocorre pela exposição ou não das fachadas à chuva.

2.8.2. Vesículas

Segundo Bauer (1984), as vesículas manifestam-se, normalmente, no reboco e são oriundas por uma série de fatores, como a existência de pedras de cal não totalmente extintas, matérias orgânicas contidas nos agregados e torrões de argila dispersos na argamassa. Em muitas obras, por má disposição do local de estocagem da areia, ocorrem contaminações por pontas de arame recozido e serragem, contribuindo para a formação de vesículas.

As vesículas resultantes dos problemas apresentados pela cal hidratada aparecem em pequenos pontos localizados do revestimento, inchando progressivamente até destacar a pintura, deixando o reboco aparente, conforme figura 18.

Figura 18 - Vesículas



Fonte: Patologias em fachadas, Freitas (2017).

2.8.3. Manchas

As manchas podem se apresentar com colorações diferenciadas, como marrom, verde, preta, entre outras de acordo com a sua causa. Os revestimentos estão expostos à ação da chuva, umidade e de microrganismos, os quais proporcionam o aparecimento de algas e mofo, e o consequente aparecimento de manchas pretas ou verdes, já as marrons geralmente ocorrem devido a ferrugem, afirma Bauer (1984).

2.8.4. Fissuras

Sabatini & Barros (1990 *apud* BRAGA, 2010) definem as fissuras como aberturas com espessura menores que 0,5mm, já as aberturas com dimensões iguais ou maiores que 0,5mm, são definidas como trincas. Thomaz (2002) afirma que o aprimoramento tecnológico do concreto armado tornou as estruturas cada vez mais flexíveis, devido à fabricação de aços com grande limite de elasticidade, produção de cimentos de melhor qualidade e desenvolvimento de métodos refinados de cálculo.

As fissuras em revestimentos argamassados podem ser provocadas pelos seguintes fatores: movimentações higroscópicas, movimentações térmicas, deformações de estruturas, recalques de fundação, retração de produtos à base de cimento, alterações químicas dos materiais, pela concentração de cargas causadas pelas aberturas de vãos e também pela ineficiente execução (SILVA, 2007 *apud* FERREIRA; GARCIA, 2016).

3.6.4.1. Fissuras causadas por movimentações higroscópica

Segundo Thomaz (2002), a principal causa de fissuras em argamassas de revestimento de fachadas é a retração, apresentando mapeamento com ângulos próximos a 90°, sua principal causa é a retração da argamassa por excesso de finos nos agregados, cimento como único aglomerante, excesso de água no amassamento, base excessivamente absorvente e aplicação do revestimento em dias com muito sol e/ou muito vento.

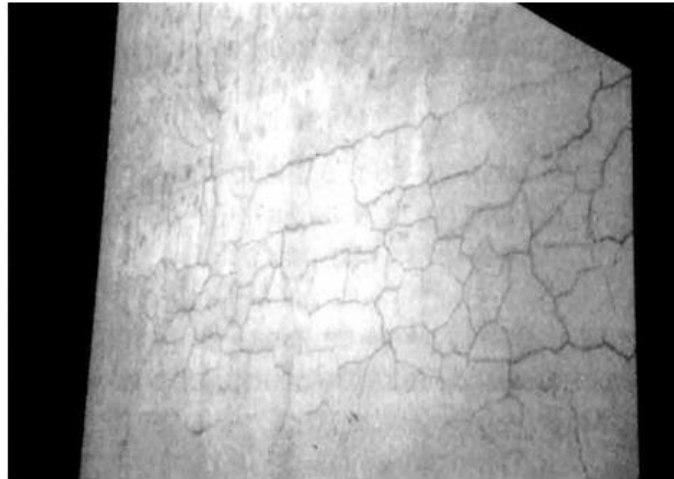
Recena (2015) classifica as fissuras características de retração das argamassas em fissuras superficiais, fissuras de escorrimento e fissuras de retração plástica. Em comum, todas terão o fato de os processos de origem hidráulica, ou seja, oriundos da movimentação de água do interior do material para a superfície.

FISSURA SUPERFICIAL: segundo Recena (2015), esse tipo de fissura caracteriza-se por apresentar em geral pequena abertura muitas vezes sendo visível somente após molhagem do revestimento. Seu desenvolvimento “mapeado” sugere a formação de poligonais fechadas aproximadamente hexagonais, conhecidas popularmente como “pés de galinhas” ou “pele de crocodilo”. Isso acontece quando há excessiva movimentação da camada superficial da argamassa na tentativa de melhorar o acabamento ou quando o desempenamento é iniciado antes do momento próprio, sem a argamassa ter “puxado”, ou seja, quando ela ainda possui muita plasticidade.

As fissuras, apresentam abertura pequena, sendo muitas vezes não perceptíveis, porque a retração ocorrerá, num primeiro instante, somente na camada superficial. Com o decorrer do

tempo essas fissuras tornam-se zonas de concentração de tensões, em algumas situações, podem surgir movimentações de origem termo-higrométrica, aumentando gradativamente sua abertura, conforme figura 19.

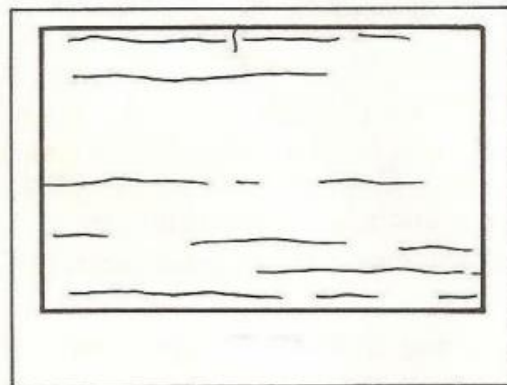
Figura 19 - Fissuração superficial



Fonte: Conhecendo argamassa, Recena (2015).

FISSURA DE ESCORRIMENTO: Segundo Recena (2015), quando a argamassa é produzida com excesso de água, há o escorrimento vertical nela na parede, ocasionado pela ação da gravidade, conforme figura 20.

Figura 20 - Fissuração por escorrimento



Fonte: Análise das manifestações patológicas nos empreendimentos de construtora em Porto Alegre.

FISSURA DE RETRAÇÃO PLÁSTICA: O desenvolvimento desse tipo de fissura ocorrerá de maneira semelhante ao processo de fissuração superficial, com a diferença de não apresentar a retração superficial do revestimento, mas sim de toda sua espessura. As fissuras serão no formato de mapeamento, com tendência à formação de poligonais fechadas, mas de grande abertura atravessando a camada de argamassa, chegando ao substrato (RECENA, 2015).

3.6.4.2. Fissuras causadas por movimentação térmica

Retração térmica ocorre pela diminuição de temperatura após o pico, aquecimento por exposição por acúmulo de calor de hidratação. O aparecimento de fissuras em revestimentos, devido a movimentações térmicas relaciona-se às propriedades físicas do material e à intensidade da variação de temperatura, surgindo quando o sistema de revestimento apresenta movimentações com intensidade diferente, normalmente na interface de diferentes materiais criando-se então restrições aos movimentos, causando tensões que podem causar trincas e fissuras (SCARTEZINI, 2002 *apud* SEGAT, 2005).

3.6.4.3. Fissuras em argamassa de rejunte

As fissuras em argamassa de rejunte de fachada são bastante comuns nas edificações, visto que o material fica exposto às intempéries e variações térmicas. As fissuras em rejunte geralmente ocorrem entre a interface do rejunte e da cerâmica, e isso ocorre devido à expansão da cerâmica por dilatação térmica ou utilização de rejunte com baixa capacidade de deformação. De acordo com Magalhães (2008), as fissuras nos rejunte podem ocorrer também devido a fatores como: excesso de água de amassamento, largura de junta incompatível com a indicação do fabricante, movimentações estrutural causada pelo encontro de materiais com diferentes dilatações e trabalhabilidade e alto índice de expansão por umidade. Por outro lado, cerâmicas com elevados índices de absorção de água também podem contribuir para o surgimento de fissuras, visto que a cerâmica irá absorver a água do rejunte causando fissuras por retração.

Figura 21 - Fissuras em argamassa de rejunte



Fonte: Carballal, 2019.

2.8.5. Expansão por umidade (EPU)

Segundo Bauer e Rago (2000), os minerais que entram na composição da matéria prima das placas cerâmicas contêm água em suas moléculas, porém no processo de queima no forno, durante a fabricação, essa água é volatizada. Logo após o processo de queima, e durante meses e anos após a fabricação, ocorrerá a reidratação por absorção de água em forma de vapor de umidade natural e do meio ambiente onde a placa cerâmica for assentada. A reidratação por absorção de água provoca um aumento das moléculas dos minerais, expandindo a estrutura física da placa cerâmica. A expansão por umidade (EPU), igualmente reconhecida como dilatação higroscópica, é, portanto, o aumento de tamanho da placa cerâmica na presença de umidade.

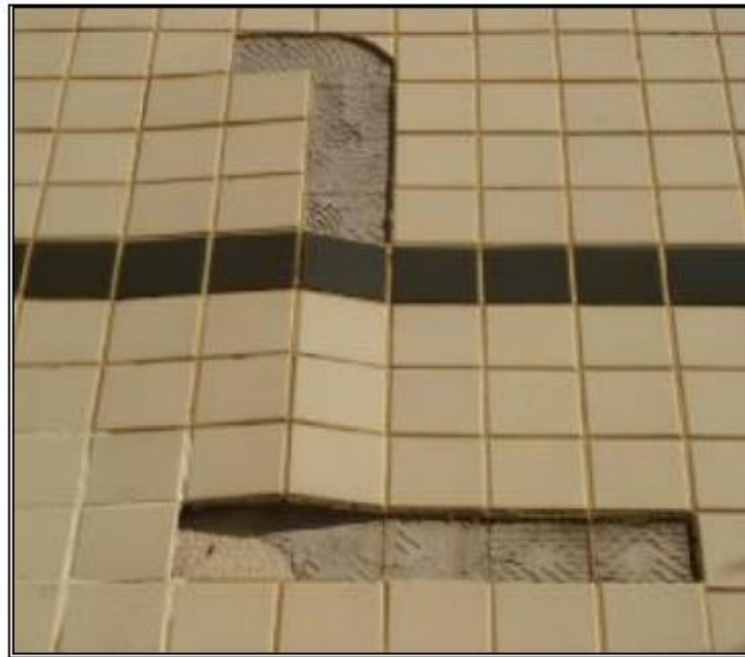
A EPU geralmente ocorre de forma lentamente e caracteriza-se por ser pequena, mas, mesmo assim, pode comprometer a aderência das placas cerâmicas. Inicia-se assim que a placa cerâmica entra em contato com o meio ambiente na saída do forno, assim, no momento do assentamento uma pequena parte da expansão já ocorreu, e o restante ocorrerá com o revestimento já assentado. Desta forma, para evitar problemas com descolamentos das placas cerâmicas, o limite de expansão por umidade efetiva recomendado é de 0,6 mm/m ou 0,6% proposto pela ABNT para revestimentos cerâmicos (MENDOÇA et al 2012).

2.8.6. Descolamentos

O descolamento consiste por falhas ou ruptura entre o substrato e o revestimento de argamassa (que engloba o chapisco, emboço e o reboco) e a perda de aderência é progressiva e não está associando necessariamente à queda imediata do revestimento ou placas cerâmicas. Essa manifestação patológica apresenta uma extensão variável, podendo conter pequenas áreas ou até compreender todo o sistema de revestimento. Os descolamentos surgem quando as tensões geradas superam a capacidade de aderência, onde os revestimentos afetados apresentam som cavo quando submetidos ao ensaio de percussão (BAUER, 2008 *apud* SILVA, 2016).

São causadores do descolamento: a instabilidade do suporte, devido à acomodação da edificação, a fluência da estrutura de concreto armado, as variações higrotérmicas e de temperatura, a falta de resiliência dos rejuntas, a ausência de detalhes construtivos (vergas, contravergas e juntas de movimentação), e a negligência na execução (aplicação da argamassa colante com a base contaminada por impurezas e o tempo em aberto vencido) (SILVA, 2014 *apud* OLIVEIRA, 2016).

Figura 22 - Descolamento localizado do revestimento cerâmico



Fonte: Congresso brasileiro de engenharia de avaliações e perícias, IBAPE/BA.

Segundo Lima (2014), as edificações necessitam de planos de preservação que englobam os procedimentos de manutenção como a substituição parcial ou completa de componentes danificados, objetivando aumentar ou recuperar o desempenho e a vida útil requerida. Algumas situações estão extremamente suscetíveis a acidentes quando há descolamento e as peças permanecem suspensas somente pelo rejunte existente entre elas. Normalmente, os descolamentos manifestam-se depois do primeiro ano da ocupação dos edifícios, ocorrendo em pontos isolados ou em grandes painéis, dependendo da origem do problema (BARROS; SABBATINI, 2001 apud RAABE, 2014).

Dentre os descolamentos podem se identificar os descolamentos com pulverulência e os descolamentos com empolamento, os quais são abordados a seguir.

Descolamentos com pulverulência pode ser identificado pela desagregação e esfarelamento da argamassa e pela baixa resistência à abrasão, evidenciada ao ser pressionada manualmente. Nesse caso, haverá som cavo no ensaio de percussão (BAUER, 2008 apud SILVA, 2016).

Figura 23 - Descolamento com pulverulência



Fonte: Estudo de manifestações patológicas em Brasília, ANTUNES (2010).

Descolamentos com empolamento é caracterizado pelo descolamento entre o reboco e a camada inferior (emboço ou substrato), formando bolhas que aumentam progressivamente. Também é causado pelas reações expansivas de substâncias presentes na argamassa (CINCOTTO, 1988 apud FERREIRA; GARCIA, 2016).

2.8.7. Desplacamento

Denomina-se de deslocamento a queda de placas do revestimento, levando, juntamente, ou não, a argamassa de assentamento, a argamassa do emboço ou até mesmo o chapisco. É uma manifestação patológica posterior ao descolamento em que a ruptura se dá por diferentes maneiras: se na interface placa cerâmica/argamassa colante, no interior da argamassa colante, na interface argamassa colante/substrato, no interior do substrato, na interface substrato/base ou até mesmo no interior da base (BAUER, 2008).

Barros e Sabbatini (2001) consideram diversos fatores como causas para o descolamento do revestimento cerâmico, principalmente, variações higrotérmicas e de temperatura e a instabilidade do suporte, devido à acomodação da estrutura da edificação. Outros casos que podem levar a esta manifestação patológica são: o grau de solicitação do revestimento, as características das juntas de assentamento e movimentação, e negligência na execução, sejam pela mão de obra desqualificada e/ou materiais em não conformidade com o previsto em projeto, as figuras 24 e 25 demonstram alguns casos de deslocamento cerâmico.

Figura 24 - Desplacamento cerâmico



Fonte: Estudo de manifestações patológicas em Brasília, ANTUNES (2010).

Figura 25 - Descolamento cerâmico junto à base



Fonte: Autor, 2020.

Para um diagnóstico adequado é interessante conhecer em que etapa do processo construtivo originou-se a deficiência e onde ocorreu a ruptura, pois em meio a gravidade desta patologia, normalmente um simples reparo localizado é incapaz de solucioná-la. A recuperação da fachada atingida requer a remoção total do revestimento, por isso é demasiadamente trabalhosa e bastante onerosa (ANTUNES, 2010).

Entre as manifestações patológicas em revestimento de fachada, o deslocamento é dos mais grave, pois além de prejudicar no desempenho da edificação (em termos de estética e estanqueidade), coloca em risco a integridade física dos usuários, inclusive a perda de vidas

humanas, em virtude dos riscos de acidente com a queda de placas ou partes das camadas. Nota-se ainda que a ocorrência desses deslocamentos tenha sido mais intensa nos primeiros e últimos andares, nas regiões de deslocamento estrutural mais intenso (como em balanço) e nas fachadas maior incidência solar (MEDEIROS E SABBATINI, 1999 e ESQUIVEL; BARROS; SIMÕES, 2005 *apud* RAABE, 2014).

2.9. Teste para identificar patologias nos revestimentos

A seguir serão citados os principais testes para identificar patologias em revestimentos de fachadas.

2.9.1. Resistência Superficial

Segundo Ceotto, Banduk e Nakakura (2005), para a verificação das condições de dureza da superfície, são realizados os testes do risco, que é uma técnica adotada pelas empresas e não é um ensaio normatizado. O ensaio consiste na execução de riscos cruzados na superfície com força constante, utilizando prego de aço. Deve-se observar o sulco produzido pelo risco, sendo esse quanto mais profundo, menor a resistência superficial do revestimento.

2.9.2. Ensaio de percussão

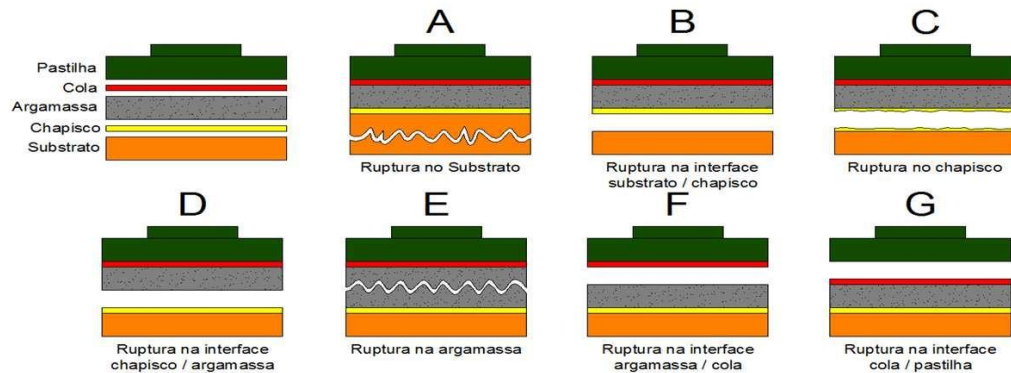
A norma NBR 13749: 2013 descreve como e quando deve ser realizado teste de percussão em revestimentos argamassados: “...ensaios de percussão, realizados através de impactos leves, não contundentes, com martelo de madeira ou outro instrumento rijo. A avaliação deve ser feita em cerca de 1m², sendo a cada 50m² para tetos e a cada 100m² para paredes. Os revestimentos que apresentarem som cavo nesta inspeção, por amostragem, devem ser integralmente percutidos para se estimar a área total com falha de aderência, a ser reparada.”

2.9.3. Ensaio de resistência de à aderência a tração

A NBR 13528: 2019 recomenda fazer testes de resistência de aderência à tração quando a equipe técnica achar necessário ou a cada 100 m². Nesse teste são retirados 12 corpos de prova, devendo pelo menos 8 apresentarem resistência superior a 0,30MPa nos revestimentos

argamassados externos, a figura 26 representa as formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração.

Figura 26 - Formas típicas de ruptura ocorridas em ensaio de aderência à tração



Fonte: NBR 13528: 2019.

2.9.4. Resistência à abrasão

Segundo Ceotto, Banduk e Nakakura (2005), após a execução do risco indica-se lixar a região com uma lixa número 120 por dez vezes. Se a superfície tiver adequada resistência à abrasão, os riscos permanecerão visíveis.

2.10. Epóxi na construção civil

O uso dos sistemas epóxi para corrigir manifestações patológicas tem-se intensificado nos últimos anos, Carmona e Marega observam que as medidas adotadas para estes reparos, ocupam a segunda posição das soluções adotadas para problemas patológicos recorrentes na construção civil, com um percentual de 35%.

A resina epóxi tem uma história muito recente na construção civil, sua primeira utilização, em 1954, foi para aderir sinais de tráfego na capa de rolamento das estradas. A produção comercial dos sistemas epóxi formulados especificamente para concreto apareceram no mercado americano a partir de 1956.

A utilização com sucesso deste produto como material colante, desencadeou uma série de pesquisas voltadas para reparação das estruturas de concreto. Atualmente estes adesivos são utilizados basicamente para unir concreto “velho” ao concreto “novo” e para fixar sólidos como aço, vidro e cerâmica em estruturas de concreto.

As resinas epóxi são produtos sintéticos capazes de transformarem-se quando combinados com agentes de curas ou endurecedores. Desta combinação chamada de polimerização, resultam em um excelente equilíbrio propriedades físicas, químicas e mecânicas.

Os sistemas epóxi são formados pela resina epóxi (epicloridrina e bisfenol A e F), endurecedor (poliamidas, poliaminas e polissulfídeas) e modificadores (diluentes, flexibilizadores, cargas e pigmentos). São comercialmente fornecidos em dois componentes: componente A (resina) e componente B (endurecedor e modificador). Atualmente a construção civil necessita de produtos com propriedades e características que o epóxi fornece, como por exemplo:

- Elevada resistência a compressão, tração e cisalhamento e abrasão;
- Alta resistência em um pequeno intervalo de tempo;
- Termo estabilidade a temperaturas entre -20 a 60°C;
- Elevada resistência a agentes químicos;
- Forte adesão ao concreto, aço e outros materiais.

3. METODOLOGIA

Com intuito de atingir os objetivos propostos no início do presente trabalho, a metodologia passa a ser descrita, neste tópico.

Neste trabalho foram realizados ensaios em três edifícios habitados, localizados nas cidades de Porto Alegre e Florianópolis, onde os respectivos representantes administrativos cederam espaços em suas edificações para testar a eficiência de “pregos” químicos, objetivando eliminar manifestações patológicas no revestimento cerâmico que apresentaram som cavo por meio de injeções de resina epóxi.

O som cavo ocorre devido ao descolamento do revestimento cerâmico ou à falta de aderência em algumas camadas do sistema de revestimento, sendo ela no chapisco, no emboço ou na argamassa colante, representando resistência a aderência à tração igual a zero. Quanto às origens do som cavo, estas foram classificadas em origem construtiva e adquirida:

Origem Construtiva: provenientes de irregularidades de projeto ou de execução, em função da não observância das normas técnicas, emprego de mão-de-obra despreparada e a ausência de metodologia para execução dos serviços.

Origem Adquirida: provenientes de ausentes e/ou incorretas inspeções e manutenções preventivas como lavagem do revestimento e revisão da vedação das juntas de assentamento e movimentação.

Buscando o desempenho do sistema de revestimento de fachada, foram testados e analisados diferentes métodos de aplicações e materiais a base de resina epóxi com o intuito de eliminar a presença do som cavo, elaborando uma solução para reestabelecer à aderência do revestimento cerâmico, sem a necessidade de substituí-lo.

O sistema de recuperação, a base de injeções de resina epóxi, deve atender as seguintes características:

Compatibilidade: As técnicas e os materiais utilizados devem minimizar a alteração das características originais da construção, de seus componentes (compatibilidade estética), do seu funcionamento, bem como, evitar o aparecimento de novas patologias.

Durabilidade: Visa manter a durabilidade dos componentes recuperados por um longo período de vida útil, preservando a integridade e desempenhando suas funções normais de uso, em frente as situações que estarão sujeitos ao longo do tempo. Além disso, devem atender as funções do revestimento (tração, compressão e absorver deformações).

Estanqueidade: Capacidade em resistir à penetração de água e impedir a passagem de gases, sons, e materiais sólidos em suspensão (areia, poeira e fuligem).

Esse método de recuperação de sistemas de revestimento cerâmico com a presença de som cavo por meio de injeções de resina epóxi, deve seguir as seguintes etapas de execução, desenvolvidas pelo autor:

- realização dos furos de injeção, espaçados a cada 10cm na junta de assentamento da cerâmica;
- limpeza dos furos utilizando ar comprimido;
- injeção do flúor silicato;
- limpeza da superfície utilizando esponja, água e sabão neutro;
- injeção da resina epóxi (após a cura do flúor silicato de 24 horas);
- limpeza da superfície utilizando esponja, água e sabão neutro;
- realizar de ensaio de percussão;
- realizar ensaio de aderência à tração.

No decorrer deste trabalho foram realizados seis protótipos com 1,0m², nomeados respectivamente de A, B, C, D, E e F, os materiais utilizados para execução e os procedimentos serão abordados a seguir.

3.1. Materiais utilizados para execução dos “pregos” químicos

Em todos os protótipos utilizou-se para execução dos “pregos” químicos flúor silicato e resina epóxi bicomponente das marcas A, B e C.

3.1.1. Flúor silicato

Foi utilizado flúor silicato da mesma marca em todos os protótipos, cuja sua principal função é endurecer a superfície, aumentando a impermeabilidade, resistência à abrasão e evitando a formação de pó, reagindo quimicamente com substâncias do concreto, formando cristais de alta dureza e insolúveis na porosidade do concreto.

Preparo da superfície: A superfície deve estar limpa, seca e isenta de óleos, graxas, tintas, desmoldantes, asfaltos ou qualquer tipo de material que possa prejudicar a absorção do produto. Executar uma lavagem com jato de alta pressão para limpeza dos poros do concreto um dia antes da aplicação.

3.1.2. Resina epóxi

É um produto à base de resina epóxi, bicomponente, componente A (resina) e componente B (endurecedor e modificador), de baixa viscosidade. O tempo de manuseio prolongado do produto possibilita o total preenchimento das fissuras, evitando o endurecimento da resina antes do término do serviço de injeção.

Mistura: Adicionou-se a totalidade do endurecedor (componente B) à base (componente A) e misturou-se até a completa homogeneização do produto, o tempo de mistura varia de 2 a 4 minutos e as embalagens não devem ser fracionadas.

Propriedades e características:

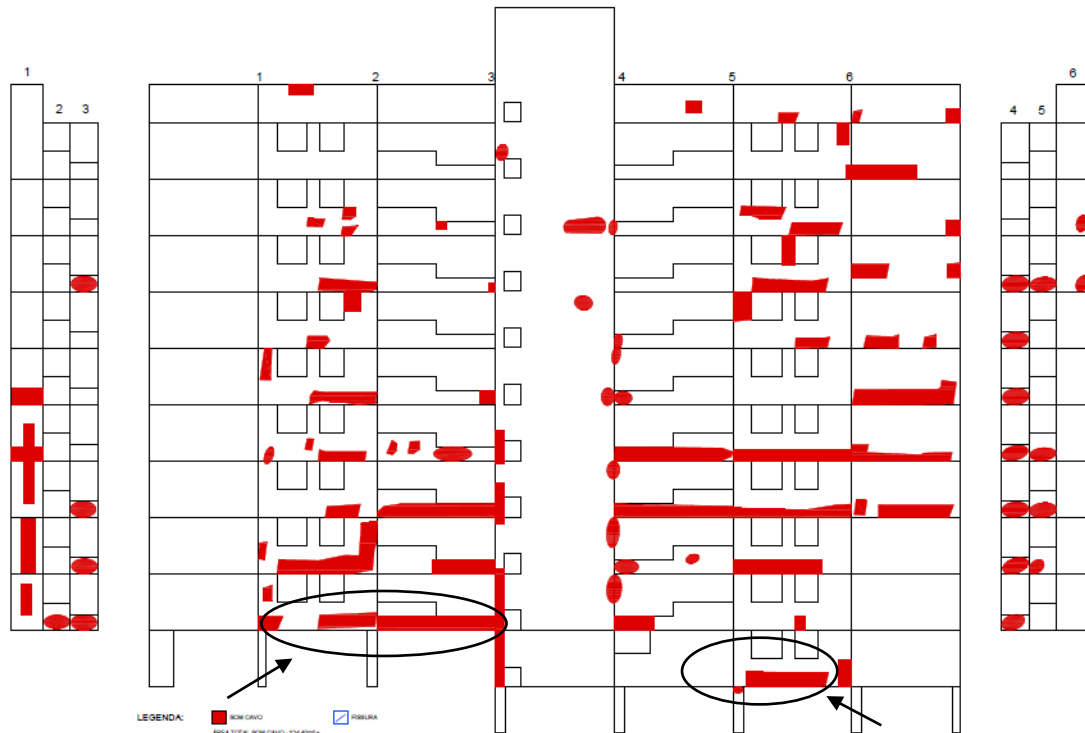
Massa específica	1,060 kg/dm ³
Tempo de manuseio	50 ~ 70 minutos
Cura final	7 dias
Viscosidade	150 a 200 cP
Dureza inicial	24 horas
Res. à compressão às 24 horas	40 MPa
Res. à compressão às 14 dias	70 MPa

3.2. Execução dos Protótipos A e B

A edificação, que possui idade superior a dez anos, localiza-se na cidade de Porto Alegre, onde, por meio de ensaios de percussão realizados por alpinistas em todas as fachadas da obra, foram identificadas e mapeadas as regiões que apresentaram som cavo.

Os locais selecionados para execução dos protótipos foram: o segundo pavimento da fachada dos fundos, onde utilizou-se andaimes e o sétimo pavimento da lateral direita, utilizando balancim. A figura 27 indica os locais que apresentaram som cavo apontando as áreas onde foram executados os protótipos.

Figura 27 - Mapeamento das áreas com som cavo – Fachada dos fundos



Fonte: MMC LAB, 2020.

Observou-se a presença de som cavo foi predominante nas regiões da estrutura, e com ensaios de arrancamento, confirmou-se falha na aderência entre o chapisco/estrutura, onde o chapisco apresentou baixa resistência à tração. Essa manifestação patológica é muito comum nas edificações com mais de 20 anos de idade que não utilizam de chapiscos industrializados, assim os chapiscos dosados em obras não tinham o controle tecnológico necessário, ou seja, o controle da dosagem, relação água cimento e nem utilizavam aditivos em seu traço, apresentando uma baixa aderência aos concretos com Fck elevado ou com baixa porosidade. Assim recomenda-se a utilização de chapisco industrializado de colher ou rolado na região das alvenarias e chapisco adesivo desempenado nos elementos estruturais (pilares e vigas).

As possíveis causas da falta de aderência do chapisco podem ser da aplicação do chapisco com a estrutura de concreto armado contaminada com poeira ou desmoldante, utilização do chapisco com o traço inadequado (excesso de água ou dosagem inadequada), bem como, cura inadequada do mesmo.

A fim de remover a presença do som cavo no revestimento, iniciou-se a execução dos protótipos A e B baseando-se nas etapas de execução elaboradas pelo autor.

Figura 28 – Vista lateral do prédio



Fonte: Autor, 2020.

Após delimitação da área dos protótipos, iniciou-se a execução dos “pregos” químicos, pela realização de furos, utilizando uma furadeira no modo martetele com broca de 5mm. O furos foram espaçados a cada 10cm entre si nas juntas de assentamento da cerâmica.

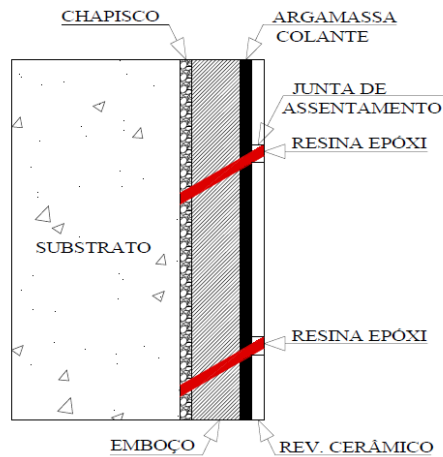
Figura 29 - Furadeira utilizada para realização dos furos



Fonte: Autor, 2020.

Os furos devem ter inclinação de aproximadamente 45 graus evitando o escorrimento da resina epóxi e devem atingir e perfurar a base (concreto), independente da espessura do emboço. A figura 30 mostra o detalhamento dos pregos químicos.

Figura 30 - Detalhamento dos pregos químicos



Fonte: Autor, 2020.

Figura 31 - Protótipos A e B - Furos 5mm de diâmetro



Fonte: Autor, 2020.

Foram realizadas duas tentativas que se diferenciam apenas pela limpeza dos furos e uma terceira tentativa utilizando uma outra resina epóxi. Na primeira tentativa, a limpeza dos furos ocorreu de forma improvisada, com uma bomba manual (inadequada), a qual não tinha

pressão suficiente para retirar o material (sujeira e pó) retido no interior dos furos. O ensaio foi comprometido e desconsiderado devido a não formação dos “pregos”, pois o interior dos furos estavam obstruídos, dificultando o seu preenchimento com a resina epóxi.

Na segunda e terceira tentativa (protótipos A e B), a etapa de limpeza foi aprimorada. Passou-se utilizar um compressor, composto por uma pistola com uma agulha acoplada em sua extremidade (figuras 32 e 33), injetando ar comprimido no furo, assim removendo toda sujeira retida no seu interior.

Figura 32 – Protótipos A e B - Compressor utilizado para limpeza dos furos



Fonte: Autor, 2020.

Figura 33 – Protótipos A e B - Pistola com agulha acoplada para limpeza dos furos



Fonte: Autor, 2020.

A imagem 34 demonstra como deve ser realizado a limpeza dos furos, salientando que não pode haver sujeira, pó ou quaisquer partículas no interior do furo para que não haja o comprometimento do ensaio.

Figura 34 - Protótipos A e B - Limpeza dos furos com ar comprimido



Fonte: Autor, 2020.

Figura 35 - Protótipos A e B - Furos 5mm de diâmetro para injeção do Flúor Silicato



Fonte: Autor, 2020.

Após a limpeza dos furos, iniciou-se a aplicação do flúor silicato, material responsável por endurecer a superfície, aumentando a impermeabilidade, resistência à abrasão e evitando a

formação de pó. A aplicação ocorreu em duas etapas com intervalos de duas horas entre si, para garantir que o produto penetre nos poros da argamassa de emboço, conforme figura 36.

Figura 36 - Protótipos A e B - Injeção do Flúor Silicato



Fonte: Autor, 2020.

Antes de iniciar as injeções da resina epóxi, recomenda-se realizar a limpeza do revestimento cerâmico (figura 37), a cada dois a três metros quadrados de injeção executada. Para isso, utiliza-se uma esponja molhada com sabão neutro, realizando movimentos circulares até completa remoção do produto, evitando que manche a superfície.

Figura 37 - Protótipos A e B - Limpeza da superfície



Fonte: Autor, 2020.

As injeções foram diferentes nos protótipos A e B, onde no protótipo A, utilizou-se resina epóxi com característica fluida (Marca A), aplicada com uma seringa, como demonstra a figura 38. Já no protótipo B, utilizou-se resina epóxi pastosa (Marca B) utilizando um aplicador com bico misturador.

Figura 38 - Protótipo A - Seringa utilizada para injeção da resina



Fonte: Autor, 2020.

Para iniciar as injeções de resina epóxi no protótipo A, realizou-se a misturas dos componentes, adicionando a totalidade do endurecedor (componente B) à resina (componente

A), misturando-as por 2 a 4 minutos, até a completa homogeneização do produto, salientando que não pode haver fracionamento das embalagens.

Figura 39 - Protótipo A - Mistura da resina epóxi bicomponente Marca A



Fonte: Autor, 2020.

As injeções foram executadas em duas etapas, na primeira preencheu-se a metade do furo, após 10 minutos, finalizou-se o preenchimento. Esse intervalo é necessário para que o material preencha totalmente o furo, conforme figura 40.

Figura 40 - Protótipo A - Injeção da resina epóxi



Fonte: Autor, 2020.

Por último, após a aplicação da resina, realizou-se a limpeza do revestimento cerâmico, como na etapa anterior (figura 36), dessa forma finalizou-se o protótipo A (figura 41).

Figura 41 - Protótipo A - Ensaio finalizado



Fonte: Autor, 2020.

Em seguida, iniciou-se a execução do protótipo B, onde as etapas de realização e limpeza do furos, injeção do flúor silicato e limpeza do revestimento foram idênticas ao protótipo A.

Após as etapas citadas serem concluídas, aplicou-se a resina epóxi no protótipo B, essa resina utilizada é vendida em bisnagas, cuja a marca fornecedora possui um aplicador com bico misturador estático (figura 42) que faz a mistura dos componentes no momento da aplicação sem a necessidade de pré-mistura como nos adesivos epóxis em lata convencionais. Essa resina epóxi tem características pastosa e seu sistema injetável garante alta produtividade, evitando desperdício do material e tempo.

Figura 42 - Protótipo B - Resina epóxi com aplicador e bico misturador



Fonte: Autor, 2020.

As injeções de resina epóxi do protótipo B (figura 43) ocorreram em apenas uma etapa, pois a resina tem características tixotrópica, ou seja, não escorre. Dessa forma, a resina preenche totalmente o furo, sem ocorrer perda do material.

Figura 43 - Protótipo B - Injeção da resina epóxi



Fonte: Autor, 2020.

A imagem 44 mostra os furos sem injeção da resina (furos do lado esquerdo) e os furos com injeção da resina (furos do lado direito).

Figura 44 - Protótipo B - Injeção da resina epóxi



Fonte: Autor, 2020.

Esse tipo de resina é ideal para aplicação, pois tem característica tixotrópica, podendo ser utilizado em regiões onde necessitam aplicação de baixo para cima, como em tetos, regiões de janelas e fundos de viga.

Por último, após a aplicação da resina no protótipo B, realizou-se a limpeza do revestimento cerâmico, semelhante as etapas anteriores. Esta resina possui tempo de cura de 6 horas, quando aplicada em superfície seca e com temperatura próxima aos 30°.

Figura 45 - Protótipos B - Ensaio finalizado



Fonte: Autor, 2020.

Após os protótipos serem finalizados, foram realizados testes de percussão e ensaio de arrancamento, a fim de avaliar a eficiência dos pregos químicos.

3.3. Execução dos Protótipos C e D

A edificação, que possui idade superior a dez anos, localiza-se na cidade de Porto Alegre, foram realizados os protótipos C e D na região da garagem no segundo pavimento da fachada leste.

Antes de iniciar a execução dos protótipos, foram realizados testes de arrancamento no revestimento cerâmico, avaliando as condições do chapisco, da argamassa de emboço e da argamassa assentamento.

Por meio do teste de arrancamento, observou-se ruptura na interface argamassa colante/placa cerâmica, bem como, na interface argamassa colante/emboço, conforme figuras 46 e 47.

Figura 46 - Corpo de prova em local com som cavo – Ruptura na interface argamassa colante/placa cerâmica



Fonte: Autor, 2020.

Figura 47 - Corpo de prova em local com som cavo – Ruptura na interface argamassa colante/emboço



Fonte: Autor, 2020.

Pelas rupturas no teste de arrancamento serem na interface argamassa colante/placa cerâmica e na interface argamassa colante/emboço, evidencia-se falha de aderência na argamassa de assentamento. As possíveis causas podem ser: a aplicação incorreta da argamassa colante, utilização de desempenadeira inadequada, a não utilização da técnica de dupla colagem, ou então, aplicação da argamassa com tempo em aberto excedido.

A fim de remover a presença do som cavo no revestimento, iniciou-se a execução dos protótipos C e D baseando-se nas etapas de execução elaboradas pelo autor, onde os processos de execução, bem como, os materiais foram semelhantes aos do protótipos A.

Logo após a delimitação das áreas para realização dos protótipos, iniciou-se a realização dos furos, utilizando uma furadeira no modo martetele com brocas de 5mm (protótipo C) e 4mm (protótipo D), esses furos foram espaçados a cada 10cm entre si nas juntas de assentamento da cerâmica.

Os furos foram limpos com injeção de ar comprimido, em seguida injetou-se flúor silicato. Após a cura do flúor silicato (24 horas), injetou-se a resina epóxi, utilizando uma seringa, conforme figura 48.

Figura 48 - Protótipos C e D - Injeção da resina epóxi



Fonte: Autor, 2020.

As injeções foram executadas em duas etapas, na primeira preencheu-se a metade do furo, após 10 minutos, finalizou-se o preenchimento. O revestimento cerâmico foi limpo após as injeções, cuidando para o material não escorrer, pois ele é difícil de ser removido da superfície, dessa maneira evita-se manchas. A figura 49 mostra os protótipos C e D finalizados.

Figura 49 - Protótipos C e D – Ensaio finalizados



Fonte: Autor, 2020.

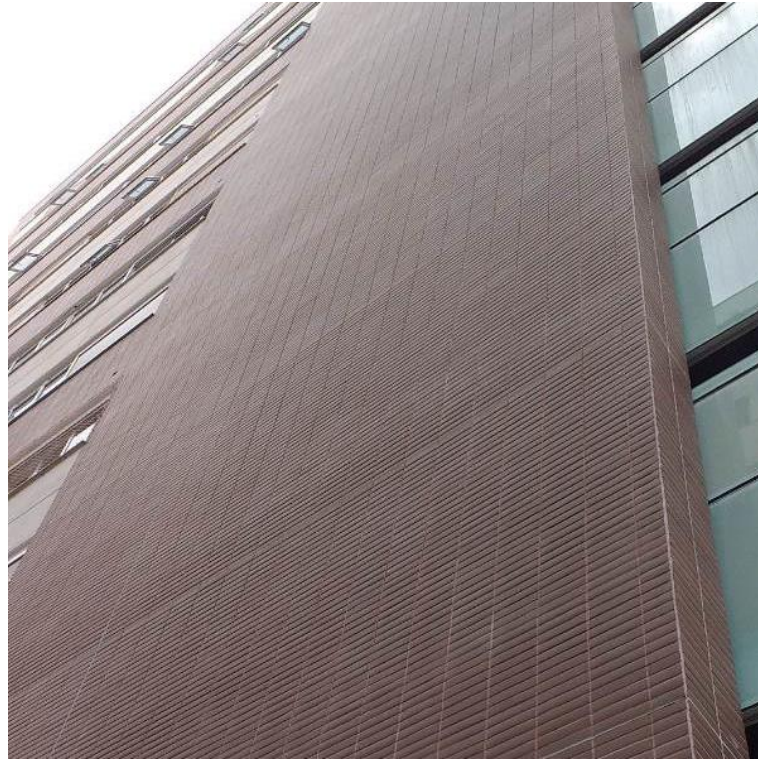
3.4. Execução dos Protótipos E e F

A edificação se localiza na cidade de Florianópolis, onde por meio de ensaio de percussão realizado por alpinistas foram identificadas e mapeadas as regiões que apresentaram som cavo.

Os locais selecionados para execução dos protótipos foram no segundo e terceiro pavimento da fachada sul. Antes de iniciar a execução dos protótipos, foram realizados testes de arrancamento no revestimento cerâmico, avaliando as condições do chapisco, da argamassa de emboço e da argamassa assentamento.

Segundo o condomínio, a argamassa utilizada no emboço foi do tipo pré-dosada com adição de cimento na obra, as pastilhas cerâmicas foram assentadas com argamassa colante tipo AC III sendo que a técnica indica foi de dupla colagem. O chapisco utilizado sobre a estrutura foi produzido na obra com areia grossa e cimento, traço 1:3, a figura 50 mostra a vista lateral esquerda do prédio.

Figura 50 - Vista lateral esquerda do prédio



Fonte: Autor, 2020.

Figura 51 - Vista lateral esquerda do prédio



Fonte: Autor, 2020.

Foi realizado teste de percussão na metade das laterais direita e esquerda do prédio por profissionais treinados utilizando um martelo com ponta rígida, conforme figura a seguir.

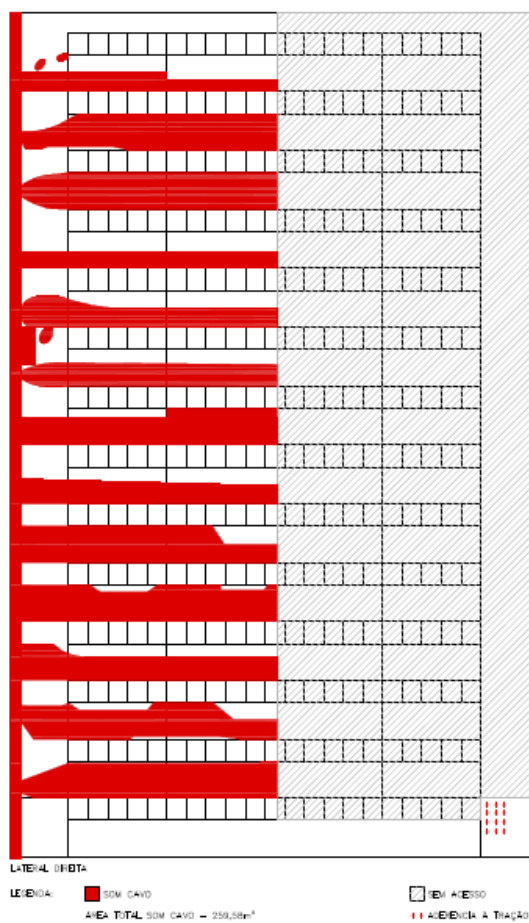
Figura 52 - Teste de percussão na fachada para verificação de som cavo



Fonte: Autor, 2020.

Foram identificados pontos com a presença de som cavo em grande parte da estrutura e área significativa da alvenaria de vedação, conforme figura 53. Observou-se, devido à percepção auditiva, que o som cavo na estrutura se localiza entre o chapisco e o concreto.

Figura 53 – Mapeamento das áreas com som cavo



Fonte: MMC LAB, 2020.

Observou-se fissuras ao longo de algumas vigas das laterais esquerda e direita do prédio, decorrentes do descolamento do revestimento argamassado na interface chapisco/estrutura, indicando risco iminente de queda (figuras 54 a 57).

Figura 54 - Fissura decorrente do descolamento do revestimento cerâmico



Fonte: Autor, 2020.

Figura 55 - Fissura decorrente de descolamento do revestimento argamassado da base



Fonte: Autor, 2020.

Figura 56 - Revestimento com risco de queda pela ruptura da argamassa junto à base



Fonte: Autor, 2020.

Figura 57 - Fissura no revestimento, indicando região com risco de queda



Fonte: Autor, 2020.

Por meio do teste de arrancamento, observou-se que o ruptura aconteceu entre as chapadas do emboço, indicando falha na aplicação do revestimento argamassado (emboço), pois foi aplicado com chapadas em momentos inadequados, além de apresentar falhas na dosagem, ocorrendo o esfarelamento da argamassa, conforme a figura 58.

Figura 58 - Corpo de prova – Descolamento entre chapadas



Fonte: Autor, 2020.

Observou-se também, ruptura na interface chapisco/estrutura, demonstrando falha de aderência do chapisco (figuras 59 e 60), sendo as possíveis causas podem ser da aplicação do chapisco com a estrutura de concreto armado contaminada com poeira ou desmoldante, bem como, utilizar chapisco com o traço inadequado (excesso de água ou dosagem inadequada).

Figura 59- Corpo de prova – Descolamento entre chapisco e base



Fonte: Autor, 2020.

Figura 60 - Corpo de prova – Descolamento entre chapisco e base



Fonte: Autor, 2020.

Evidenciou-se falha na aplicação do revestimento cerâmico, pois não houve o espalhamento dos cordões da argamassa no tardo das peças, assim o descolamento ocorreu entre a peça cerâmica a argamassa colante (imagem 61).

Figura 61 - Corpo de prova– Descolamento entre cerâmica e argamassa colante



Fonte: Autor, 2020.

Houve também descolamento entre a argamassa de emboço e o chapisco, conforme a imagem 62.

Figura 62 - Corpo de prova – Descolamento entre argamassa de emboço e chapisco



Fonte: Autor, 2020.

Sendo assim, a fim de analisar a possibilidade de injeção de resina epóxi para fixação do revestimento argamassado na estrutura, efetuaram-se dois protótipos utilizando resina epóxi da Marca A (Protótipo E) e Marca C e (Protótipo F), ambas são resinas bicomponentes fluidas.

Dessa forma, seguindo todas as etapas de execução elaboradas pelo autor, realizaram-se 60 furos, em dois protótipos, com broca de 6mm de diâmetro, nas juntas de assentamento da cerâmica, conforme figura 63.

Figura 63 - Protótipos E e F - Furos com broca 6mm para injeção de resina



Fonte: Autor, 2020.

A limpeza dos furos é fundamental, pois não pode haver material retido no seu interior, para que não comprometa o ensaio. Dessa forma, realizou-se a limpeza dos furos com a injeção de ar comprimido, removendo totalmente a sujeira e pó, conforme a figura 64.

Figura 64 - Protótipos E e F - Limpeza dos furos com ar comprimido



Fonte: Autor, 2020.

Em seguida, injetou-se flúor silicato para enrijecer o revestimento argamassado, e por último, aplicou-se a resina epóxi bicomponente com a utilização de uma seringa. As injeções da resina aconteceram em duas etapas, na primeira preenchendo até a metade do furo, após 10 minutos, preenchendo o restante. Por último, realizou-se a limpeza do revestimento cerâmico para evitar o surgimento de manchas.

4. ANÁLISES DOS RESULTADOS

A seguir foram abordados os resultados obtidos na execução da ancoragem química por meio de injeções de resina epóxi. Após a cura da resina, em todos os protótipos, foram realizados testes de percussão, e em seguida foram extraídos 6 corpos de prova para cada protótipo, pois não havia espaço para extrair 12 corpos de prova, como recomenda a ABNT NBR 13528: 2019.

Conforme a ABNT NBR 13528: 2019, o limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, com acabamento de pintura ou base para reboco, aos 28 (vinte e oito) dias, deve, em pelo menos quatro dentre seis valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa.

4.1. Protótipo A

Neste protótipo, utilizou-se resina epóxi bicomponente fluida da Marca A, com furos de injeção de 5mm de diâmetro. A figura 65 demonstra a execução do teste de percussão, realizando impactos leves, não contundentes, com martelo rijo.

Figura 65 - Protótipos A - Ensaio de percussão após as injeções de resina epóxi



Fonte: Autor, 2020.

Durante o teste de percussão, o protótipo A não apresentou som cavo em todas as regiões onde foi aplicada a resina epóxi. Dessa forma, foi realizado teste de aderência à tração onde a média na ruptura predominante foi de 0,31 MPa, conforme o quadro 3.

Quadro 3 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo A

Identificação (Obra)	Área Efetiva	Carga de Ruptura	Resistência de aderência à tração	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
n°	mm ²	N	MPa								(mm)
1	1.924	830	0,43					30	70		48
2	1.924	1110	0,58						100		50
3	1.924	630	0,33		100						49
4	1.924	650	0,34		100						49
5	1.924	510	0,27						100		45
6	1.924	500	0,26		100						49

Fonte: Autor, 2020.

Notou-se ruptura predominante do tipo B, onde acontece na interface substrato/chapisco, em três corpos de prova, como observado na figura 66.

Figura 66 - Ensaio de arrancamento protótipo A – Ruptura na interface substrato/chapisco



Fonte: Autor, 2020.

Além desse tipos de ruptura, verificou-se também três corpos de prova com ruptura do tipo F, onde a ruptura acontece na interface argamassa/cola, conforme figura 67.

Figura 67 - Ensaio de arrancamento protótipo A – Ruptura na interface argamassa/cola



Fonte: Autor, 2020.

Neste protótipo, os corpos de prova demonstraram que as injeções de resina ocorreram de maneira correta, observando que elas atingiram todas as camadas do revestimento, bem como, o substrato. Assim, formando o “prego” no interior do revestimento, como observar-se no corpo de prova extraído (figura 68).

Figura 68 - Ensaio de arrancamento protótipo A - Corpo de prova



Fonte: Autor, 2020.

Quanto ao teste de percussão, o resultado do protótipo A foi considerado bom, pois o som cavo desapareceu em toda a região dos furos onde ocorreram as injeções de resina epóxi, considerando a espessura do revestimento entre 45 e 50 mm.

Houve um aumento significativo na aderência do revestimento com a utilização da resina epóxi da Marca A, com furos de diâmetro 5mm, sendo o valor mais alto de resistência de aderência à tração de 0,58 MPa e o mais baixo de 0,26 MPa.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, deve, em pelo menos quatro dentre seis valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim, quatro corpos de prova estão acima do limite, o que indica que a amostra atende o mínimo exigido pela NBR 13528:2019.

4.2. Protótipo B

Neste protótipo, utilizou-se resina epóxi bicomponente fluida da Marca B, com furos de injeção de 5mm de diâmetro. Realizou-se teste de percussão, por meio de impactos leves, não contundentes, com martelo rijo.

Durante o teste de percussão, o protótipo B não apresentou som cavo em toda as regiões onde foi aplicada a resina epóxi. Dessa forma, foi realizado teste de aderência à tração onde a média na ruptura predominante foi de 0,40 MPa, identificada no quadro 4.

Quadro 4 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo B

Identificação (Obra)	Área Efetiva	Carga de Ruptura	Resistência de aderência à tração	Formas típicas de ruptura (%)						Espessura
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
nº	mm ²	N	MPa							(mm)
1	1.924	290	0,15		60			40		28
2	1.924	2420	1,26		100					29
3	1.924	550	0,29		100					33
4	1.924	370	0,19		60			40		33
5	1.924	450	0,23		100					28
6	1.924	590	0,31		100					32

Fonte: Autor, 2020.

Notou-se ruptura predominante do tipo B em todos os corpos de prova, onde acontece na interface substrato/chapisco, como observado na figura 69.

Figura 69 - Ensaio de arrancamento protótipo B – Ruptura na interface substrato/chapisco



Fonte: Autor, 2020.

Neste protótipo, os corpos de prova demonstraram que as injeções de resina ocorreram de maneira correta, observando que elas atingiram todas as camadas do revestimento, bem como, o substrato. Assim formando o “prego” no interior do revestimento, como observa-se no corpo de prova extraído (figura 70).

Figura 70 - Ensaio de arrancamento protótipo B - Corpo de prova



Fonte: Autor, 2020.

Quanto ao teste de percussão, o resultado do protótipo B foi considerado bom, pois o som cavo desapareceu em toda a região dos furos onde ocorreram as injeções de resina epóxi, considerando a espessura do revestimento entre 28 e 33mm.

Houve um aumento significativo na aderência do revestimento com a utilização da resina epóxi da Marca B, com furos de diâmetro 5mm, sendo o valor mais alto de resistência de aderência a tração de 1,26 MPa e o mais baixo de 0,15 Mpa.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, deve, em pelo menos quatro dentre seis valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim, apenas dois corpos de prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende o mínimo exigido pela NBR 13528:2019.

4.3. Protótipo C

Neste protótipo, utilizou-se resina epóxi bicomponente fluida da Marca A, com furos de injeção de 5mm de diâmetro. Realizou-se teste de percussão, por meio de impactos leves, não contundentes, com martelo rijo.

Durante o teste de percussão, o protótipo C não apresentou som cavo em toda as regiões onde foram aplicadas a resina epóxi. Dessa forma, foi realizado teste de aderência à tração, conforme figura 71.

Figura 71 - Ensaio de arrancamento protótipo C



Fonte: Autor, 2020.

O ensaio de aderência à tração obteve média na ruptura predominante de 0,39 MPa, identificados no quadro 5.

Quadro 5 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo C

Identificação (Obra)	Área Efetiva	Carga de Ruptura	Resistência de aderência à tração	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
n°	mm ²	N	MPa								(mm)
1	1.924	690	0,36					100			31
2	1.924	730	0,38					100			35
3	1.924	780	0,41					100			37
4	1.924	290	0,15						100		33
5	1.924	610	0,32						100		35
6	1.924	780	0,41					100			40

Fonte: Autor, 2020.

Notou-se ruptura predominante do tipo E, onde acontece no interior da argamassa de emboço, em quatro corpos de prova, como observado na figura 72.

Figura 72 - Ensaio de arrancamento protótipo C - Ruptura na argamassa de emboço



Fonte: Autor, 2020.

Além desse tipos de ruptura, verificaram-se também dois corpos de prova com ruptura do tipo F, onde a ruptura acontece na interface argamassa/cola, conforme figura 73.

Figura 73 - Ensaio de arrancamento protótipo C - Ruptura na interface argamassa/cola



Fonte: Autor, 2020.

Neste protótipo, os corpos de prova demonstraram que as injeções de resina ocorreram de maneira correta, observando que elas atingiram todas as camadas do revestimento, bem

como, o substrato. Assim, formando o “prego” no interior do revestimento, como observa-se no corpo de prova extraído (figura 74).

Figura 74 - Ensaio de arrancamento protótipo C - Corpo de prova



Fonte: Autor, 2020.

Quanto ao teste de percussão, o resultado do protótipo C foi considerado bom, pois o som cavo desapareceu em toda a região dos furos onde ocorreram as injeções de resina epóxi, considerando a espessura do revestimento entre 31 e 40 mm.

Houve um aumento significativo na aderência do revestimento com a utilização da resina epóxi da Marca A, com furos de diâmetro 5mm, sendo o valor mais alto de resistência de aderência à tração de 0,41 MPa e o mais baixo de 0,15 MPa.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, deve, em pelo menos quatro dentre seis valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim, cinco corpos de prova estão acima do limite, o que indica que a amostra atende o mínimo exigido pela NBR 13528:2019.

4.4. Protótipo D

Neste protótipo, utilizou-se resina epóxi bicomponente fluida da Marca A, com furos de injeção de 4mm de diâmetro. Realizou-se teste de percussão, por meio de impactos leves, não contundentes, com martelo rijo.

Durante o teste de percussão, o protótipo D não apresentou som cavo em toda as regiões onde foi aplicada a resina epóxi. Dessa forma, foi realizado teste de aderência à tração, conforme figura 75.

Figura 75 - Ensaio de arrancamento protótipo D



Fonte: Autor, 2020.

O ensaio de aderência à tração obteve média na ruptura predominante de 0,30 MPa, identificados no quadro 6.

Quadro 6 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo D

Identificação (Obra)	Área Efetiva	Carga de Ruptura	Resistência de aderência à tração	Formas típicas de ruptura (%)						Espessura	
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		(g)
n°	mm ²	N	MPa								(mm)
1	1.924	1200	0,62					100			29
2	1.924	440	0,23					100			36
3	1.924	760	0,39					100			33
4	1.924	450	0,23		100						30
5	1.924	330	0,17					100			35
6	1.924	160	0,08					100			31

Fonte: Autor, 2020.

Notou-se ruptura predominante do tipo E, onde acontece na argamassa de emboço, em cinco corpos de prova, como observado na figura 76.

Figura 76 - Ensaio de arrancamento protótipo D - Ruptura na argamassa de emboço



Fonte: Autor, 2020.

Além desse tipos de ruptura, verificou-se também um corpo de prova com ruptura do tipo B, onde a ruptura acontece na interface substrato/chapisco, conforme figura 77.

Figura 77 - Ensaio de arrancamento protótipo D - Ruptura na interface substrato/chapisco



Fonte: Autor, 2020.

Neste protótipo, os corpos de prova demonstraram que as injeções de resina ocorreram de maneira correta, observando que elas atingiram todas as camadas do revestimento, bem como, o substrato. Assim, formando o “prego” no interior do revestimento, observa-se no corpo de prova extraído (figura 78).

Figura 78 - Ensaio de arrancamento protótipo D - Corpo de prova



Fonte: Autor, 2020.

Observou-se que os resultados foram inferiores comparados ao protótipo C, devido ao diâmetro dos furos serem menores. Quanto ao teste de percussão, o resultado do protótipo D foi considerado bom, pois o som cavo desapareceu em toda a região dos furos onde ocorreram as injeções de resina epóxi, considerando a espessura do revestimento entre 29 e 36mm.

Houve um aumento significativo na aderência do revestimento com a utilização da resina epóxi da Marca A, com furos de diâmetro 4mm, sendo o valor mais alto de resistência de aderência à tração foi de 0,62 MPa e o mais baixo de 0,08 MPa.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, deve, em pelo menos quatro dentre seis valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim, apenas dois corpos-de-prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende o mínimo exigido pela NBR 13528:2019.

4.5. Protótipos E e F

No protótipo E, utilizou-se resina epóxi bicomponente fluida da Marca A, com furos de injeção de 6mm de diâmetro. Durante o teste de percussão, o som cavo desapareceu em apenas 9 dos 30 furos.

Já no protótipo F, utilizou-se resina epóxi bicomponente fluida da Marca C, com furos de injeção de 6mm de diâmetro. Durante o teste de percussão, o som cavo desapareceu em apenas 18 dos 30 furos. A figura 79 indica com “X” os pontos onde houve a permanência do som cavo nos protótipos E e F.

Figura 79 - Protótipos E e F - Pontos marcados com X onde o houve a permanência do som cavo após injeção da resina epóxi



Fonte: Autor, 2020.

Dessa forma, foi realizado teste de aderência à tração nos locais onde não apresentaram som cavo, conforme figura 80.

Figura 80 - Protótipos E e F - Teste de aderência à tração



Fonte: Autor, 2020.

O ensaio de aderência à tração do protótipo E obteve média na ruptura predominante de 0,11 MPa, identificados no quadros 7.

Quadro 7 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo E

Identificação (Obra)	Área Efetiva	Carga de Ruptura	Resistência de aderência à tração	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
n°	mm ²	N	MPa								(mm)
1	1.924	90	0,05					100			34
2	1.924	40	0,02						100		31
3	1.924	200	0,11						100		32
4	1.924	80	0,04					100			30
5	1.924	100	0,06						100		33
6	1.924	450	0,25						100		30

Fonte: Autor, 2020.

Notou-se ruptura predominante do tipo F, onde acontece na interface argamassa/cola, em quatro corpos de prova, conforme a figura 81.

Figura 81 - Ensaio de arrancamento protótipo E – Ruptura na interface argamassa/cola



Fonte: Autor, 2020.

Além desse tipo de ruptura, verificaram-se também dois corpos de prova com ruptura do tipo E, onde a ruptura acontece no interior da argamassa, conforme figura 82.

Figura 82 - Ensaio de arrancamento protótipo E – Ruptura no interior da argamassa



Fonte: Autor, 2020.

Quanto ao teste de percussão, o resultado do protótipo E foi considerado ruim, pois o som cavo desapareceu em apenas 9 dos 30 furos onde ocorreram as injeções de resina epóxi, considerando a espessura do revestimento entre 30 e 34 mm.

Houve um aumento na aderência do revestimento com a utilização da resina epóxi da Marca A em apenas dois corpos de prova com furos de diâmetro 6mm, sendo o valor mais alto de resistência de aderência à tração de 0,25 MPa e o mais baixo de 0,02 MPa.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, deve, em pelo menos quatro dentre seis valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim, nenhum dos corpos de prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende o mínimo exigido pela NBR 13749:2013.

Já o ensaio de aderência a tração do protótipo F obteve média na ruptura predominante de 0,15 MPa, identificados no quadros 8.

Quadro 8 - Ensaio de aderência à tração - Protótipo F

Identificação (Obra)	Área Efetiva	Carga de Ruptura	Resistência de aderência à tração	Formas típicas de ruptura (%)							Espessura
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	
n°	mm ²	N	MPa								(mm)
1	1.924	200	0,11					100			37
2	1.924	290	0,16					100			35
3	1.924	330	0,18					100			36
4	1.924	130	0,07					100			35
5	1.924	400	0,22					100			37
6	1.924	210	0,12						100		38

Fonte: Autor, 2020.

Notou-se ruptura predominante do tipo E, onde acontece no interior da argamassa, em cinco corpos de prova, conforme a figura 83.

Figura 83 - Ensaio de arrancamento protótipo F – Ruptura no interior da argamassa



Fonte: Autor, 2020.

Além desse tipo de ruptura, verificou-se também um corpo de prova com ruptura do tipo F, onde a ruptura acontece na interface da argamassa/cola, conforme figura 84.

Figura 84 - Ensaio de arrancamento protótipo F - Ruptura na interface argamassa/cola



Fonte: Autor, 2020.

Quanto ao teste de percussão, o resultado do protótipo E foi considerado ruim, pois o som cavo desapareceu em apenas 18 dos 30 furos, onde ocorreram as injeções de resina epóxi, considerando a espessura do revestimento entre 35 e 38 mm.

Houve um aumento na aderência do revestimento com a utilização da resina epóxi da Marca C em apenas quatro corpos de prova com furos de diâmetro 6mm, sendo o valor mais alto de resistência de aderência à tração foi de 0,22 MPa e o mais baixo de 0,07 MPa.

O limite de resistência de aderência à tração, para revestimento em camada única para paredes externas, deve, em pelo menos quatro dentre seis valores, ter resistência superior ou igual a 0,30MPa. Sendo assim, nenhum dos corpos de prova estão acima do limite, o que indica que a amostra não atende o mínimo exigido pela NBR 13528:2019.

O principal motivo foi a baixa resistência da argamassa de emboço, apresentando baixa aderência da argamassa ao chapisco. Após a remoção do revestimento cerâmico, na região onde foi realizado teste de aderência à tração, observou-se baixa resistência superficial da argamassa de emboço, onde a argamassa se esfarelou quando submetida ao teste do risco, conforme figura a seguir.

Figura 85 - Protótipos E e F - Argamassa de emboço com baixa resistência superficial



Fonte: Autor, 2020.

Observou-se que as peças cerâmicas descolaram juntamente com a argamassa de emboço, conforme figura 86.

Figura 86 - Protótipos E e F - Peças cerâmicas removidas juntamente com a argamassa de emboço



Fonte: Autor, 2020.

O segundo motivo do teste nos protótipos E e F não atender o especificado, para locais com injeção de resina epóxi em pontos com som cavo, foi devido a fissura encontrada na verga da janela, desta forma, o flúor silicato e a resina percolam por este espaço, não formando uma camada para solidarização da argamassa à superfície de concreto.

5. CONCLUSÃO

Seguindo o cronograma deste trabalho, dentre os objetivos propostos, foram realizados testes em seis protótipos, onde executaram-se injeções de resina epóxi objetivando remover a presença de som cavo e contribuir para a aderência à tração em sistemas de revestimentos cerâmicos, onde, por meio deste trabalho, evidenciou-se que os protótipos A, B, C e D apresentaram bons resultados ao ensaio de percussão, removendo totalmente a presença de som cavo das amostras.

Entretanto apenas, os protótipos A e C obtiveram valores de resistência de aderência à tração superiores ao estabelecido pela NBR 13528:2019, ou seja, no mínimo quatro dos seis corpos de prova serem maiores que 0,30MPa. Em ambos os protótipos se utilizou resina epóxi da marca A, com furos de 5mm de diâmetro, onde o protótipo A apresentou ruptura predominante do tipo B e o protótipo C apresentou ruptura predominante do tipo E.

Ao comparar os protótipos C e D, que se diferem apenas pelo diâmetro dos furos, observa-se que o resultado na aderência à tração está diretamente ligado ao diâmetro, ou seja, quanto maior diâmetro, melhor resultado, devido à maior área para ancoragem da resina. Comparando as três marcas de resina epóxi utilizadas, conclui-se que a Marca A apresentou melhores resultados, onde dois protótipos com sua utilização foram aprovados, entretanto a resina da Marca B mostrou-se melhor de ser executada por possuir o equipamento adequado para injeções sob pressão.

No protótipo E, o som cavo desapareceu em apenas 9 dos 30 furos e no protótipo F em 18 dos 30 furos, nesses pontos houve um aumento na aderência do revestimento com a utilização da resina epóxi da Marca C, mas nenhum dos corpos de prova ficaram acima do limite estabelecido pela NBR 13749:2013. Os resultados foram considerados ruins, devido à baixa resistência superficial da argamassa de emboço, onde ela se esfarelou ao teste do risco. Além disso, os resultados ruins foram devido a fissura encontrada na verga da janela, desta forma o flúor silicato e a resina percolam por este espaço, ocorrendo a perda do material para o meio.

Observou-se que a limpeza dos furos é de extrema importância, pois não pode haver sujeira ou pó retido no interior do furo, para que ocorra a correta formação do “prego” químico. Além disso, deve-se atentar para a especificação da resina epóxi quando aplicada em fachadas, pois alguns tipos, quando expostas ao calor, podem perder suas propriedades, desta forma devem-se utilizar resinas própria para tal uso.

É fundamental, antes de qualquer aplicação de resinas em revestimento de fachadas com a presença de som cavo, realizar um estudo detalhado das manifestações patológicas encontradas, bem como, suas origens, além de verificar a qualidade de todos os componentes do sistema de revestimento como: o chapisco, a argamassa de emboço e a argamassa de assentamento. Também deve-se fazer uma análise crítica e cirúrgica de qual interface do revestimento se encontra o trecho oco, que buscamos reconstituir, sendo que o procedimento é o mesmo para qualquer trecho, assim a técnica de injeções pode ser utilizada em todos os componentes/interfaces do revestimento, sendo: entre placas cerâmicas e argamassa colante; argamassa colante e substrato; nas interfaces entre cheias do emboço; na interface entre emboço e chapisco; entre o chapisco e a base.

Objetivando manter o desempenho do sistema de revestimento ao longo de sua vida útil, quando utilizado injeções de resina epóxi em revestimento de fachada, recomenda-se realizar inspeções visuais ou com a utilização de termografia, bem como, testes de percussão, a cada dois anos, a fim de verificar a existência de som cavo, e se necessário realizar testes de arrancamento. Além de seguir com as manutenções recomendados pela construtora da edificação.

Por fim, a utilização de resina epóxi, a fim retirar a presença do som cavo em revestimentos cerâmico de fachada, demonstrou ser uma boa alternativa quando o revestimento não apresentar deslocamento e quando a argamassa de emboço não apresentar baixa resistência superficial ou esfarelamento. Assim, esse procedimento demonstrou ser uma técnica inovadora, onde não se faz necessário a remoção do revestimento cerâmico dos edifícios. Sendo uma técnica mais fácil de ser executada, comparada à substituição do revestimento, além de ser mais viável economicamente.

Sugestões para futuras pesquisas/aplicações

- A realização de novos estudos comparativos como o realizado neste trabalho para esclarecer padrões qualitativos do uso de injeções de resina epóxi.
- Avançar nos estudos experimentais modificando os materiais utilizados, bem como o diâmetro dos furos e a forma de aplicação da resina epóxi.
- Realizar um estudo em laboratório para diferentes espessuras de revestimentos.
- Realizar um estudo para aplicação de resina epóxi em bases de alvenaria.
- Realizar estudos para a durabilidade dos pregos químicos.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 7200. Execução de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR 13279. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 13528. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2019.

_____. NBR 13529: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 13749 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 13755 Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento . Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 13816. Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

ABITANTE, Ana Luiza Raabe; GROFF, Cristine. Manifestações Patológicas Encontradas em Revestimento de Fachada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]** . Maceió: Entac, 2014. p. 1-7.

ANTUNES, Giselle Reis. **Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimento de Fachada em Brasília - Sistematização da Incidência de Casos**. 2010. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ANTUNES, Giselle Reis; MASUERO, Angela Borges; MAÇANEIRO, Mikael Nathan. Avaliação do Desempenho de Argamassa Reforçada com Tela Metálica Através do Ensaio de Tração na Flexão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]** . Maceió: Entac, 2014. p. 1-10.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de Revestimentos de Argamassa**. 104 p. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2002, Porto Alegre. **Retração e Desenvolvimento de Propriedades Mecânicas em Argamassa de Revestimento**. Porto Alegre: Antac, 2002. 14 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2009, Porto Alegre. **Influência dos Parâmetros de Ensaio na Determinação da Resistência de Aderência de Revestimentos de Argamassa**. Porto Alegre: Antac, 2009. 20 p.

BRAGA, Célia Cavalcanti. **Manifestações Patológicas em Conjuntos Habitacionais: a degradação das fachadas**. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

CARASEK, Helena. **Argamassas**. São Paulo: Ibracon, 2007. 79 slides, color.

CARASEK, Helena. **Avaliação e Interpretação de Resultados de Ensaios de Aderência de Sistemas de Revestimento de Argamassas**. Goiás: NUTEA-EEC, 2010. 69 slides, color.

CARASEK, Helena. **Garantindo o Desempenho de Revestimentos de Argamassa**. Salvador: XII Semana Pensando em Argamassa, 2019. 50 slides, color.

CARBALLAL JUNIOR, José Lois. **Manifestações Patológicas em Edificações da Região Metropolitana do Recife: levantamento e análise de materiais e métodos de reparo ou reforço estrutural**. 2019. 201 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

COSTA, Pedro Laranja D'araujo. **Patologias do Processo Executivo de Revestimento de Fachadas de Edifícios**. 2013. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DA SILVA, Eliseu Mezzomo. **Manifestações Patológicas em Revestimentos: Análise e Terapia**. 2016. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

FERREIRA, Diogo Martins; GARCIA, Guido Cavalcanti. **Patologia de Revestimentos Históricos de Argamassa**. 2016. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

FIGUEIREDO, Enio Jose Pazini. **Terapia das Construções de Concreto: metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto**. 1989. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

GROFF, Cristine. **Revestimentos em Fachadas: Análise das Manifestações Patológicas nos Empreendimentos de Construtora em Porto Alegre**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

LIMA, Gustavo Emilio Soares de Lima; SOUZA, Kelly Diniz; TIBIRIÇÁ, Antônio Cleber Gonçalves. Investigação e Diagnóstico de Patologias Relacionadas às Fachadas de uma Edificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: Entac, 2014. p. 1-10.

MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADA. Salvador: Comunidade da Construção - Sistema à Base de Cimento, v. 1, 2006.

MELO JUNIOR, Carlos Mariano et al. Geração de Mapas de Danos de Fachadas a partir de Processamentos Digital de Imagens. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: Entac, 2014. p. 1-10.

RAABE, Ana Luiza; GROFF, Cristine. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS EM REVESTIMENTOS DE FACHADA: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. 2014. 7 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Maceió - Al, 2014. Cap. 1.

SEGAT, Gustavo Tramontina. **Manifestações Patológicas Observadas em Revestimento de Argamassa: Estudo de Caso em Conjunto Habitacional Popular na Cidade de Caxias do Sul (RS)**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SOARES, Carlos Henrique Araújo. **Análise de Desempenho de Revestimentos Externos da Fachada: Cerâmico e Argamassado com o Intuito de Avaliar a Manutenção Corretiva Adequada a Ser Utilizada no Estudo de Caso em Águas Claras - DF**. 2017. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

SOUZA, Jéssica Siqueira de. **Evolução da Degradação de Fachadas: efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. 2016. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Editora Pini, 2002. 194 p.