



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

GERALDO JOSAFÁ DE FIGUEIREDO JÚNIOR

**PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS DE
FACHADAS – DIAGNÓSTICO, PREVENÇÃO E
CAUSAS**

**Belo Horizonte,
2017.**

GERALDO JOSAFÁ DE FIGUEIREDO JÚNIOR

**PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS DE
FACHADAS – DIAGNÓSTICO, PREVENÇÃO E
CAUSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Construção Civil do departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior.

**Belo Horizonte,
2017.**

GERALDO JOSAFÁ DE FIGUEIREDO JÚNIOR

**PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS DE FACHADAS – DIAGNÓSTICO,
PREVENÇÃO E CAUSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 09 de fevereiro de 2017, ao Curso de Especialização em Construção Civil, aprovado pela banca examinadora constituída dos professores:

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior
UFMG – Escola de Engenharia

Prof^a Dra. Danielle Meirelles de Oliveira
UFMG – Escola de Engenharia

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, por ter me concedido a oportunidade de estudar em uma Universidade Federal.

Ao Professor Doutor Antônio Neves de Carvalho Júnior pela orientação, paciência e confiança.

Aos meus familiares e a minha namorada Isabella Gabrich por estarem sempre ao meu lado.

Aos demais professores da especialização por todo o conhecimento transmitido.

Aos meus colegas de classe por grandes e inesquecíveis momentos compartilhados.

RESUMO

Os revestimentos de fachada possuem grande importância para as edificações, mas normalmente não recebem os cuidados necessários para garantia de um bom desempenho. A falta de cuidados necessários com os mesmos resulta no surgimento de patologias, que por sua vez, geram prejuízos a todos os envolvidos na cadeia produtiva da construção civil, podendo, em algumas situações, causar até graves acidentes. Conhecer as características das manifestações patológicas incidentes sobre estes revestimentos torna-se imprescindível para conseguir evitá-las. Este trabalho objetiva estudar sobre os componentes mais comuns dos revestimentos aderidos de fachada e analisar as patologias com maior incidência sobre eles. Para atingir o objetivo proposto, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do assunto e estudos de casos de seis edificações, nas quais foram encontradas sete manifestações patológicas em suas respectivas fachadas. Através dos estudos de caso ficou evidenciado que a origem das patologias quase sempre está associada a fase de projetos e execução, seguidas pela má qualidade dos materiais, falta de manutenção e planejamento, sendo comum elas acontecerem também devido a associação de dois ou mais destes fatores.

Palavras-chave: patologias; manifestações patológicas; revestimentos; fachadas; edificações.

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	Objetivos	12
1.2	Estrutura e organização do trabalho	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Principais constituintes de sistemas de fachada	14
2.1.1	Revestimentos argamassados	14
2.1.2	Revestimentos cerâmicos	17
2.1.3	Rochas ornamentais	19
2.1.4	Rejuntas	20
2.1.5	Juntas	22
2.1.6	Tintas e Sistemas de Pinturas	25
2.2	Principais patologias em sistemas de fachada	27
2.2.1	Patologias em revestimentos argamassados de fachada	29
2.2.1.1	Descolamentos	31
2.2.1.1.1	Descolamento com pulverulência	31
2.2.1.1.2	Descolamento em placas	32
2.2.1.1.3	Descolamento por empolamento	33
2.2.1.2	Eflorescência	34
2.2.1.3	Patologias causadas por umidade	38
2.2.1.3.1	Umidade acidental	39
2.2.1.3.2	Umidade ascendente	40
2.2.1.3.3	Umidade de condensação	41
2.2.1.3.4	Umidade de infiltração	42
2.2.1.4	Patologias decorrentes de processos biológicos	43
2.2.1.5	Trincas e fissuras	45
2.2.1.5.1	Fissuras causadas por movimentação térmica	46
2.2.1.5.2	Fissuras causadas por movimentação higroscópica	47
2.2.1.5.3	Fissuras causadas por atuação de sobrecargas	48
2.2.1.5.4	Fissuras causadas por movimentos da fundação	49

2.2.1.5.5 Fissuras causadas por retração de produtos à base de cimento	50
2.2.2 Patologias em revestimentos cerâmicos de fachada (RCF)	52
2.2.2.1 Destacamentos ou descolamentos	52
2.2.2.2 Deterioração das juntas	53
2.2.2.3 Eflorescência	54
2.2.2.4 Trincas, fissuras e gretamento	55
2.2.3 Patologias em rochas ornamentais de fachadas	55
2.2.3.1 Falhas na aderência	56
2.2.3.2 Fissuração	56
2.2.3.3 Mudanças de coloração	57
2.2.4 Patologias em revestimentos de fachada por pintura	58
2.2.4.1 Baixa resistência às manchas	59
2.2.4.2 Calcinação	59
2.2.4.3 Crateras/Espumação	59
2.2.4.4 Descamação	59
2.2.4.5 Descolamento	60
2.2.4.6 Desbotamento	60
2.2.4.7 Eflorescência/Manchas	60
2.2.4.8 Encardimento da superfície	61
2.2.4.9 Enrugamento	61
2.2.4.10 Saponificação	61
2.2.4.11 Surgimento de bolhas	61
2.2.4.12 Surgimento de trincas na superfície	62
3 ESTUDOS DE CASOS	63
3.1 Edificação I	64
3.2 Edificação II	66
3.3 Edificação III	68
3.4 Edificação IV	71
3.5 Edificação V	73
3.6 Edificação VI	77

4	RESULTADOS OBTIDOS	81
5	CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1 – Partes constituintes do revestimento cerâmico aderido (JUNGINGER, 2003).....	17
Figura 2 – Condição para rejuntamento conforme largura das juntas (JUNGINGER, 2003).....	22
Figura 3 – Esquema de juntas em área externa (O GUIA WEBER DIGITAL, 2008).....	23
Figura 4 – Fluxograma com a classificação das tintas (ANGUINETTI, 2012)....	27
Figura 5 – Elementos atuantes nas fachadas das edificações (CINCOTTO, SILVA, CARASEK, 1995).....	29
Figura 6 – Processo de deterioração dos revestimentos argamassados (CARASEK, 2007).....	30
Figura 7 – Descolamento do revestimento argamassado em placas devido a ausência da tela soldada para fachada na interface entre estrutura e alvenaria (Edificação III dos estudos de casos).....	33
Figura 8 – Eflorescência, cristalização dos sais solúveis na superfície da argamassa de revestimento (FERREIRA, 2010).....	37
Figura 9 – Desagregação com descolamento do revestimento devido a infiltração de água na fachada (FERREIRA, 2010).....	42
Figura 10 – Edificação com diversos tipos de bioterização (SILVA, 2009).....	44
Figura 11 – Foto ampliada mostrando o aspecto da textura de colônia de fungos (THOMAZ, 1992).....	45
Figura 12 – Fissuras decorrentes da retração da argamassa provocadas pela falha da pintura e exposição contínua da parede à água da chuva (THOMAZ, 1992).....	48
Figura 13 – O fluxo de água interceptado do peitoril da janela escorre lateralmente, provocando a fadiga do reboco desenvolvendo sua fissuração (THOMAZ, 1992).....	48
Figura 14 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (THOMAZ, 1989).....	49

Figura 15 – Recalque provocado geralmente em solo pouco compactado (THOMAZ, 1989).....	50
Figura 16 – Recalque provocado por corte e aterro (THOMAZ, 1989).....	50
Figura 17 – Granito amarelo em acelerado processo de alteração com perda de cor (BRANCO, 2010).....	58
Figura 18 – Deslocamento cerâmico (Acervo do autor).....	64
Figura 19 – Edificação com superfície encardida (Acervo do autor).....	66
Figura 20 – Deslocamento da argamassa de reboco (Acervo do autor).....	68
Figura 21 – Detalhe da argamassa de reboco deslocada (Acervo do autor).....	69
Figura 22 – Descamação da pintura externa (Acervo do autor).....	71
Figura 23 – Detalhe da eflorescência em revestimento cerâmico (Acervo do autor).....	73
Figura 24 – Detalhe da deterioração das juntas (Acervo do autor).....	74
Figura 25 – Trincas e fissuras na fachada externa da edificação (Acervo do autor).....	77
Figura 26 – Trincas e fissuras na fachada externa da edificação por outro ângulo (Acervo do autor).....	78
Figura 27 – Tratamento de quinas de janela com tela de poliéster (CARVALHO JR.,2012).....	80

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1 – Prováveis origens das patologias considerando às etapas de produção e uso das obras civis (Acervo do autor).....	81
---	----

LISTA DE QUADROS:

Quadro 1 – Classificação das argamassas (CARASEK, 2007).....	15
Quadro 2 – Classificação das argamassas de acordo com sua função (CARASEK, 2007).....	16
Quadro 3 – Natureza química das eflorescências (BAUER, 1994).....	40

LISTA DE NOTAÇÕES

ABREVIATURAS

ABNT : Associação Brasileira de Normas Técnicas

A/C : fator água/cimento

EPU : expansão por umidade

NBR : denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

RCF : revestimento cerâmico de fachada

IPT : instituto de pesquisas tecnológicas

UNIDADES

CM : centímetros

M: metros

MM : milímetros

SÍMBOLOS E COMPOSTOS QUÍMICOS

CaCO_3 : carbonato de cálcio

Ca (OH)_2 : hidróxido de cálcio

CO_2 : dióxido de carbono

HCl : ácido clorídrico

H_2O : água

K_2O : óxido de potássio

Na_2O : óxido de sódio

SO_2 : dióxido de enxofre

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de revestimentos de fachadas são compostos fundamentalmente por materiais que proporcionam proteção aos elementos de vedação da ação direta de agentes agressivos, melhoria do desempenho térmico e acústico, além de agregar valor e embelezar as edificações.

A execução da fachada deve ser orientada por um projeto específico e realizada por profissionais qualificados, utilizando materiais determinados em projetos, para que manifestações patológicas como trincas, fissuras, perdas de aderência, gretamentos e mudanças de coloração, dentre tantos outros problemas tenham sua ocorrência minimizada.

A palavra patologia tem origem no grego, onde *Páthos* significa doença e *Lógos*, estudo, e é amplamente utilizada nas diversas áreas da Ciência. Esta terminologia passou a ser adotada em áreas da engenharia e no caso das edificações significa estudo das “doenças” (anomalias ou problemas) que causam a redução do desempenho de um ou mais sistemas integrantes da edificação.

As patologias nas edificações, na maioria das vezes, não ocorre apenas por um fator, mas por uma combinação destes e traz prejuízos para todos os membros da cadeia produtiva da construção envolvidos, além de causar grande impacto na estética da edificação como um todo e, em algumas circunstâncias, ocasionar graves acidentes.

Normalmente, os moradores dos edifícios percebem a necessidade de realizar reparos nas fachadas quando as manifestações patológicas já estão bem evidentes. A partir deste momento é que começam a ser organizadas as assembleias condominiais com o objetivo de arrecadar fundos para a realização dos reparos necessários. Neste tempo, que costuma a durar vários meses, os

problemas são sensivelmente agravados, outras patologias podem surgir e existe um acréscimo natural do custo das obras, primeiro devido ao aumento da quantidade de serviço e segundo devido a possíveis reajustes de materiais e mão de obra (SILVA, 2007).

As patologias incidentes nos revestimentos de fachada comprometem a imagem da Engenharia e Arquitetura do país, sendo uma agressão as vistas da população, à integridade das edificações e ferindo o conceito da habitabilidade. Além da desvalorização natural do imóvel devido aos aspectos visuais, a base dos revestimentos (alvenaria ou concreto), sem o devido acabamento final, torna-se propícia às infiltrações de água e gases, o que conseqüentemente conduz a sérias deteriorações internas nos edifícios, podendo ser de ordem estética ou até mesmo estrutural (CARVALHO JR. *et al.*,1999).

Diante de tal cenário, torna-se relevante um melhor entendimento das causas de patologias nas fachadas das edificações, a fim de buscar ferramentas de prevenção e correção das mesmas, evitando-se prejuízos financeiros e acidentes.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral estudar as manifestações patológicas com maior incidência nos revestimentos de fachada aderidos, por meio de revisões da literatura existente e estudos de casos de edificações em Belo Horizonte/MG.

Para se atender o objetivo principal proposto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- caracterizar os principais componentes dos sistemas de fachada aderidos;
- identificar suas patologias mais comuns;

- exemplificar com fotografias de manifestações patológicas de fachadas em Belo Horizonte, sugerindo suas prováveis causas e formas de prevenção.

1.2 Estrutura e organização do trabalho

O trabalho é composto por cinco capítulos, cujo conteúdo será apresentado a seguir.

O primeiro capítulo consiste na introdução sobre o tema em estudo, levando em consideração a importância dos revestimentos de fachada para as edificações e algumas idéias sobre patologias em fachadas. Posteriormente, são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo. No final, é divulgada a forma como o trabalho está dividido.

O segundo capítulo apresenta uma revisão da literatura existente acerca do tema. Inicialmente são conceituados e caracterizados os principais constituintes dos revestimentos de fachada aderidos. Por fim, é feita uma análise sobre as patologias mais comuns incidentes sobre os mesmos.

O terceiro capítulo consiste na apresentação dos estudos de casos que foram realizados com intuito de melhor ilustrar a revisão bibliográfica. O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos nos estudos de casos e o quinto e último capítulo traz as conclusões sobre este estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Principais constituintes de sistemas de fachada

A seguir serão apresentados os constituintes mais importantes dos sistemas de fachada aderidos, os quais serão caracterizados.

2.1.1 Revestimentos argamassados

A ABNT NBR 13529:2013 define a argamassa para revestimento como uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

Os aglomerantes inorgânicos são, em geral, o cimento Portland e a cal hidratada, desta forma, tem-se argamassa de cal, de cimento ou mista de cal e cimento. A determinação de qual aglomerante ou mistura deles será utilizado depende da aplicação da argamassa.

Para Szlak *et al.* (2002) o revestimento argamassado pode ser entendido como uma superfície porosa de uma ou mais camadas superpostas, normalmente com espessura uniforme, com a finalidade de receber de maneira adequada uma decoração final.

Carasek (2007) classifica as argamassas de uma forma mais abrangente, devido a vários fatores e suas funções, apresentadas no quadro 1 e 2.

Quadro 1 - Classificação das argamassas.

Critério de classificação	Tipos
Quanto à natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa aérea • Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa de cal • Argamassa de cimento • Argamassa de cimento e cal • Argamassa de gesso • Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa simples • Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa seca • Argamassa plástica • Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa pobre ou magra • Argamassa média ou cheia • Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa leve • Argamassa normal • Argamassa pesada
Quanto à forma de preparo ou fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassa preparada em obra • Mistura semipronta para argamassa • Argamassa industrializada • Argamassa dosada em central

Fonte: CARASEK, 2007.

Quanto à forma de aplicação da argamassa, ela pode ser manual ou mecanizada. A primeira utiliza a colher de pedreiro e a segunda jateador a ar comprimido e bombas com mangotes, sendo estas, as duas principais opções mecanizadas (CAVANI, 2004).

Quadro 2 - Classificação das argamassas de acordo com sua função.

Função	Tipos
Para construção de alvenarias	Argamassa de assentamento (elevação de alvenaria); Argamassa de fixação ou encunhamento.
Para revestimento de paredes e tetos	Argamassa de chapisco; Argamassa de emboço; Argamassa de reboco; Argamassa de camada única; Argamassa para revestimento decorativo monocapa.
Para revestimento de pisos	Argamassa de alta resistência para piso; Argamassa de contrapiso.
Para revestimentos cerâmicos	Argamassa de assentamento de peças cerâmicas - colante; Argamassa de rejuntamento.
Para recuperação de estruturas	Argamassa de reparo

Fonte: CARASEK, 2007.

De acordo com Solano (2010), as principais propriedades que o revestimento de argamassa deve ter para cumprir bem a sua função são:

- aderência;
- resistência mecânica;
- capacidade de absorver bem deformações;
- permeabilidade à água;
- propriedades requeridas pelo sistema de vedação;
- características superficiais;
- durabilidade.

Um revestimento argamassado com espessura entre 30% a 40% da espessura da parede, pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do

isolamento térmico e 100% da estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum (SZLAK *et al.*, 2002).

2.1.2 Revestimentos cerâmicos

Os revestimentos cerâmicos de fachada podem ser aderidos ou não aderidos. Quando eles possuírem camadas com função de isolamento térmico, acústico e de impermeabilização que não permitem aderência entre as camadas, os revestimentos necessitam ser fixados por meio de dispositivos especiais e são chamados de não aderidos (MEDEIROS e SABBATINI, 1999).

Ainda de acordo com Medeiros e Sabbatini (1999), o revestimento cerâmico de fachada aderido é o conjunto monolítico de camadas (inclusive o emboço de substrato¹), aderidas à base suportante da fachada do edifício, cuja capa exterior é formada de placas cerâmicas, assentadas e rejuntadas com argamassa ou outro material adesivo. A figura 1 representa as partes constituintes do revestimento cerâmico aderido.



Figura 1 – Partes constituintes do revestimento cerâmico aderido (JUNGINGER, 2003).

¹ Substrato: no caso de paredes internas e externas é constituído pelo chapisco e emboço.

As placas cerâmicas são elementos que possuem uma medida irrelevante com relação as outras duas, ou seja, a espessura é consideravelmente menor que a largura e o comprimento. De acordo com a ABNT NBR 13816:1997, elas são compostas por argila e outras matérias-primas inorgânicas, utilizadas para revestimento e formadas por extrusão, prensagem ou processo similar e queimadas em altas temperaturas.

A ABNT NBR 13818:1997 classifica as cerâmicas de acordo com seu processo de fabricação, mercado, absorção de água e módulo de ruptura.

O revestimento cerâmico, o qual é muito difundido no Brasil, apresenta vantagens importantes para ser utilizado como revestimento de fachada. De acordo com a Revista Showroom (2001), são:

- facilidade de limpar, reduzindo o custo de manutenção, por dispensar procedimentos complicados e caros;
- antiinflamável: não propaga fogo, como outros materiais de acabamento (madeira, por exemplo). Trata-se, portanto, de um material que oferece segurança;
- durabilidade: sua composição química estável permite um longo tempo de uso, sem que suas características técnicas ou estéticas se alterem;
- possui elevada impermeabilidade;
- possui baixa higroscopicidade;
- propicia excelente isolamento;
- o custo final do sistema de revestimento cerâmico é compatível com os benefícios;
- beleza estética: a cerâmica evoluiu muito nos últimos anos, no campo do *design*, desenvolvendo novos produtos, cada vez mais adequados ao bom gosto dos usuários;
- versatilidade: a evolução da tecnologia produtiva e o avanço do *design* permitiram a criação de coleções voltadas para diversos usos.

2.1.3 Rochas ornamentais

Segundo Rodrigues (2016), tem-se que rochas ornamentais são todos os materiais de caráter geológico extraídos da natureza em formato de blocos ou placas, que possam ser cortados em formas diversas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro. Seus principais campos de aplicação incluem desde peças isoladas como esculturas e arte funerária, até revestimentos internos e externos de paredes como pisos, pilares, soleiras, bancadas, rodapés, dentre outros.

As pedras para revestimento se dividem basicamente em dois grandes grupos: granitos e mármore. Os granitos são rochas de composição silicática e os mármore são de composição carbonática, em sua maioria. Outros tipos de rochas como o quartzito, serpentinitos, travertinos e ardósias também são considerados rochas ornamentais (MARÇAL, 2011).

O termo granito refere-se a um conjunto de rochas silicáticas compostas por associações variáveis de quartzo, feldspato, micas e anfibólios e abrange os monzonitos, granodioritos, charnockitos, sienitos, dioritos, diabásios/basaltos. A variação dos seus constituintes mineralógicos proporciona cores e texturas diferentes entre as rochas (RODRIGUES, 2016).

De acordo com Mello (2006), os mármore são rochas metamórficas constituídas sobretudo por calcita e/ou dolomita. Estes constituintes conferem a coloração branca à rocha, mas seu padrão cromático é definido pelos minerais acessórios e pelas impurezas presentes em seus constituintes.

Em revestimentos de fachadas, existe uma preponderância no uso de granitos, mas o mesmo não ocorre para os mármore. A justificativa para isso é que a dureza Mohs dos granitos varia entre 6 e 7, dependendo dos teores de feldspato e quartzo, enquanto a dos mármore está entre 3 e 4, que é o valor

correspondente a dureza Mohs dos seus constituintes principais, calcita e dolomita. Esta diferença proporciona aos granitos uma resistência ao desgaste abrasivo bem superior a dos mármore e uma durabilidade também maior (MELLO, 2006).

De acordo com Branco (2010), pode-se dizer que, independente do tipo de rocha escolhido, sua aplicação sempre irá enobrecer e valorizar a construção, pois a rocha se impõe como um material de construção tradicional e moderno ao mesmo tempo, graças as suas propriedades de resistência, suas diversas tonalidades e aos inigualáveis arranjos de sua textura. Um exemplo de aplicação com efeitos surpreendentes é a paginação.

2.1.4 Rejuntas

De acordo com Junginger (2003), rejunte é um composto destinado a preencher as juntas entre placas cerâmicas, que apresenta-se trabalhável durante a etapa de aplicação, endurecendo após certo tempo. Pode ser chamado de massa de rejunte, pasta de rejunte, argamassa de rejunte, dentre outros nomes.

Ainda de acordo com Junginger, as principais funções dos rejuntas são:

- auxiliar no desempenho estético do revestimento;
- estabelecer regularidade superficial;
- compensar variação de bitola e facilitar assentamento de placas;
- vedar o revestimento cerâmico;
- permitir difusão do vapor de água;
- proporcionar alívio de tensões;
- otimizar a aderência das placas.

Mesmo com tantas funções, a argamassa para rejuntamento não recebe a importância devida, principalmente por parte de leigos, e acaba sendo um dos

componentes menos estudados dos sistema de revestimento, o que consequentemente resulta em desempenhos inferiores ao que produto poderia oferecer.

Os três principais tipos de rejuntas presentes no mercado são:

- rejuntas cimentícios monocomponentes;
- rejuntas cimentícios bicomponentes;
- rejuntas de base orgânica.

Levando em consideração que o objetivo principal deste trabalho é elencar as principais patologias presentes nos revestimentos de fachada, propondo meios para evitá-las e repará-las, o detalhamento de cada tipo de rejunte torna-se desnecessário.

Uma correta preparação e aplicação do rejunte garante um melhor desempenho e durabilidade do produto. Após verificar em projeto qual tipo de rejunte empregar, as juntas de assentamento devem ser totalmente limpas, a dosagem de água deve estar de acordo com a recomendada na embalagem do produto (os rejuntas industrializados são basicamente preparados com adição de água) e a aplicação deve ser realizada preferencialmente com desempenadeira de borracha dura. Cuidados com a limpeza das placas são importantes.

Quando as juntas de assentamento são mais estreitas que o recomendado, a penetração do rejunte pode ser prejudicada, o que afeta diretamente seu desempenho. Junginger (2003) mostrou as condições para rejuntamento na figura 2.

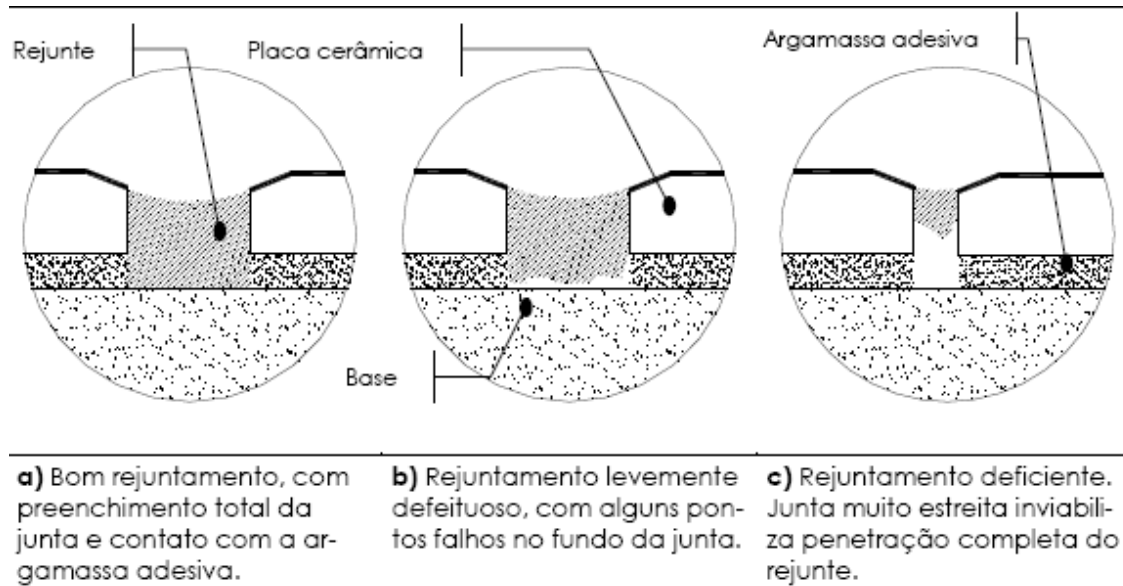


Figura 2 - Condição para rejuntamento, conforme largura das juntas (JUNGINGER, 2003).

2.1.5 Juntas

Existem diferentes tipos de juntas que podem ser executadas nos revestimentos, cada uma possuindo função específica e devendo ser preenchida por materiais distintos. A figura 3 representa as juntas externas à edificação.

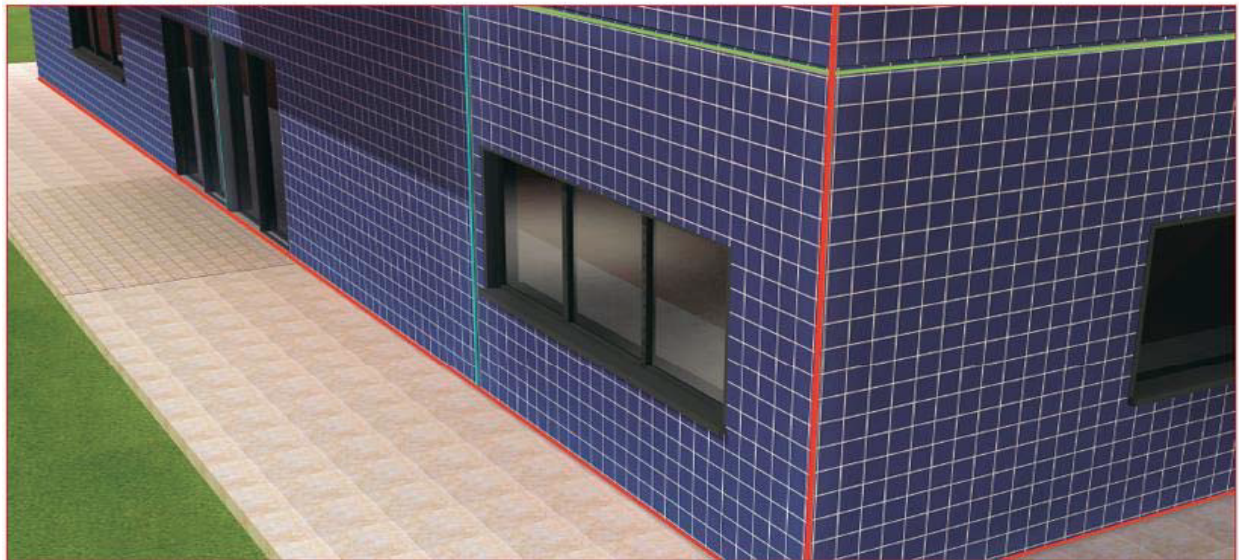
Juntas de assentamento

São os espaços regulares entre duas placas cerâmicas adjacentes (MAGALHÃES, 2008). De acordo com as NBR's 13753, 13754 e 13755 (ABNT, 1996), são funções das juntas de assentamento:

- compensar a variação de bitola das placas cerâmicas, facilitando o alinhamento;

- atender a estética, harmonizando o tamanho das placas e as dimensões do pano a revestir com a largura das juntas entre as placas cerâmicas;
- oferecer relativo poder de acomodação às movimentações da base e das placas cerâmicas;
- facilitar o perfeito preenchimento, garantindo a completa vedação da junta;
- facilitar a troca de placas cerâmicas.

Área externa



— Junta de dessolidarização

— Junta de movimentação vertical

— Junta estrutural

— Junta de movimentação horizontal

Figura 3 - Esquema de juntas em área externa (O Guia Weber Digital, 2008).

Podem ser preenchidas com produtos de base cimentícia, epóxi ou resinas furânicas. A largura da juntas depende do revestimento e deve estar especificada na caixa do material. Entretanto, diversos autores defendem que ela deve ser de aproximadamente 5 mm, principalmente para fachadas (MAGALHÃES, 2008).

Juntas de movimentação ou dilatação

São os espaços regulares, normalmente mais largos que as juntas de assentamento, cuja função é subdividir o revestimento para aliviar tensões provenientes do próprio revestimento ou de sua base.

De acordo com a ABNT NBR 13755:1996 devem ser executadas juntas verticais em fachadas no máximo a cada 3 m ou a cada pé direito, na região de encunhamento da alvenaria ou a cada 6 m na horizontal.

As juntas de movimentação devem ser preenchidas com selantes flexíveis, à base de poliuretano, polissulfetos ou silicones (ROSCOE, 2008). De acordo com o *Handbook for Ceramic Tile Installation* (TCA, 2002), a largura destas juntas deve ser de no mínimo 9,6 mm, se a distância entre elas for de até 3,7 m e no mínimo 12,8 mm, se a distância for de até 4,9 m. As larguras podem variar com as características do material cerâmico.

Juntas de dessolidarização

Consistem em espaços regulares cuja função é separar o revestimento da base para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou até mesmo do próprio revestimento. Devem ser executadas no perímetro da área revestida, no encontro de áreas revestidas com pisos e forros, pilares, vigas ou com outros tipos de revestimentos, e onde ocorre mudança de materiais (MAGALHÃES, 2008).

Ainda de acordo com Magalhães (2008), elas devem ser dimensionadas em função de movimentações previstas para o revestimento e da deformabilidade admissível do selante. O selante deve ser à base de poliuretano, silicone ou polissulfetos.

Juntas estruturais

São espaços regulares entre duas estruturas previstos em projeto para aliviar as tensões provocadas por movimentações das mesmas e cargas mecânicas (O Guia Weber Digital, 2016). Devem ser respeitadas em posição e largura em toda espessura do revestimento.

O material escolhido para preenchimento deve ser altamente deformável, como borracha alveolar, espuma de poliuretano, manta de algodão para calafetação, cortiça, etc. Para vedação devem ser empregados selantes à base de elastômeros, como o poliuretano, polissulfeto, silicone, dentre outros (MAGALHÃES, 2008).

2.1.6 Tintas e Sistemas de Pinturas

A tinta é um material que se apresenta na forma líquida, e que quando aplicada em uma camada fina sobre uma superfície adequada no estado em que é fornecida ou após fusão, diluição ou dispersão em produtos voláteis, origina ao final de um certo tempo uma película sólida, contínua, corada e opaca (UEMOTO *in* ISAIA, 2007).

Geralmente, as tintas são aplicadas como mecanismos de proteção contra agentes deletérios do meio como água, umidade e poluição atmosférica e decoração dos edifícios, apresentando bom desempenho funcional, estético e econômico.

Ainda de acordo com Uemoto *in* Isaia (2007), a maior parte das tintas é constituída pelos seguintes componentes básicos:

- resina;
- pigmentos;
- solventes;
- aditivos.

Sendo que a resina pode ser substituída por polímero ou veículo e nem sempre todos esses componentes estão simultaneamente presentes nas tintas, como é o caso dos vernizes, que nem sempre possuem pigmentos, já que são películas transparentes.

A resina ou ligante é a substância responsável pela ligação dos pigmentos e adesão do filme ao substrato. Os pigmentos são substâncias minerais ou orgânicas, com capacidade de conferir cor, opacidade, volume e algumas características de resistência. Os solventes são a base de água ou orgânicos e servem para dissolver o aglutinante, possibilitando a consistência desejada. Os aditivos realçam uma ou mais características especiais e/ou melhoram propriedades das tintas, sendo geralmente empregados em concentrações menores que 5% (ANGHINETTI, 2012).

O que distingue um tipo de tinta de outro é a composição e proporção destes componentes, que variam também de acordo com sua finalidade específica (retardante de chama, isolante, antiderrapante, etc) e fatores de ordem econômica.

A classificação dos principais tipos de tintas, elaborada a partir da base, que é a responsável por suas principais características e ainda dá nome as tintas, foi feita por Anghinetti (2012) na figura 4.

O desempenho e durabilidade de um sistema de pintura não depende apenas da tinta a ser aplicada, mas também da qualidade da base, que deve estar limpa e seca, características do meio, como o clima, técnicas corretas de

aplicação e a escolha apropriada do produtos complementares, como os seladores.

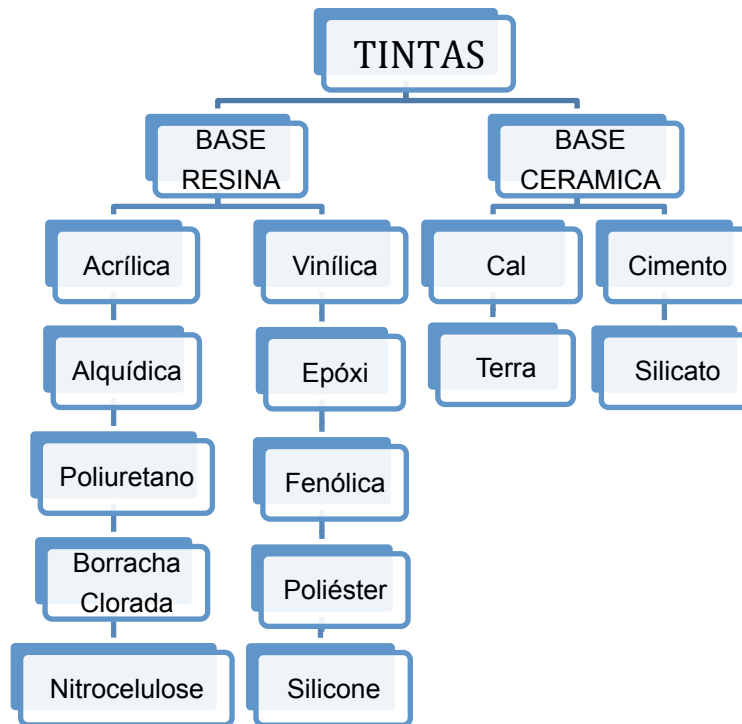


Figura 4 - Fluxograma com a classificação das tintas (ANGHINETTI, 2012).

Embora a pintura seja uma das últimas etapas da obra, Uemoto *in* Isaia (2007) destaca que ela deve ser planejada na fase de elaboração de projeto e não no final da obra.

2.2 Principais patologias em sistemas de fachada

As inúmeras patologias que podem ocorrer em uma edificação possuem diversas causas ou origens. Thomaz (1989) explica que a evolução tecnológica da construção civil e as conjunturas sócio-econômicas do Brasil resultaram em obras cada vez mais esbeltas e leves, e realizadas com velocidades cada vez maiores. Tais fatores, atrelados com o despreparo de profissionais, tanto de

projeto quanto de produção, e a falta de rigor necessário no controle de materiais e serviços, vêm provocando a queda gradativa da qualidade das construções.

De acordo com Bauer (1994) as patologias em revestimentos podem ter as seguintes causas:

- deficiência de projeto;
- por desconhecimento das características dos materiais empregados e/ou emprego de materiais inadequados;
- por erros de execução, seja por deficiência de mão-de-obra, desconhecimento ou não observância de Normas Técnicas;
- por problemas de manutenção.

É importante salientar que as superfícies das edificações estão sujeitas a diversos tipos de pressão (estáticas e dinâmicas), o que contribui para o surgimento de patologias. A figura 5 representa os elementos atuantes nas fachadas dos edifícios.

Neste trabalho serão abordadas as principais patologias existentes em revestimentos argamassados, cerâmicos, por rochas ornamentais e por pinturas, em fachadas, com foco para os revestimentos argamassados. As patologias ocasionadas devido a ausência ou incoerência de juntas e aquelas provenientes dos rejuntas serão abordadas juntamente com os revestimentos cerâmicos e rochas ornamentais de fachada, devido a proximidade entre estes componentes.

Serão estudadas suas possíveis causas e meios de recuperação e prevenção. Revestimentos não aderidos, como as fachadas aeradas, não serão abordados.

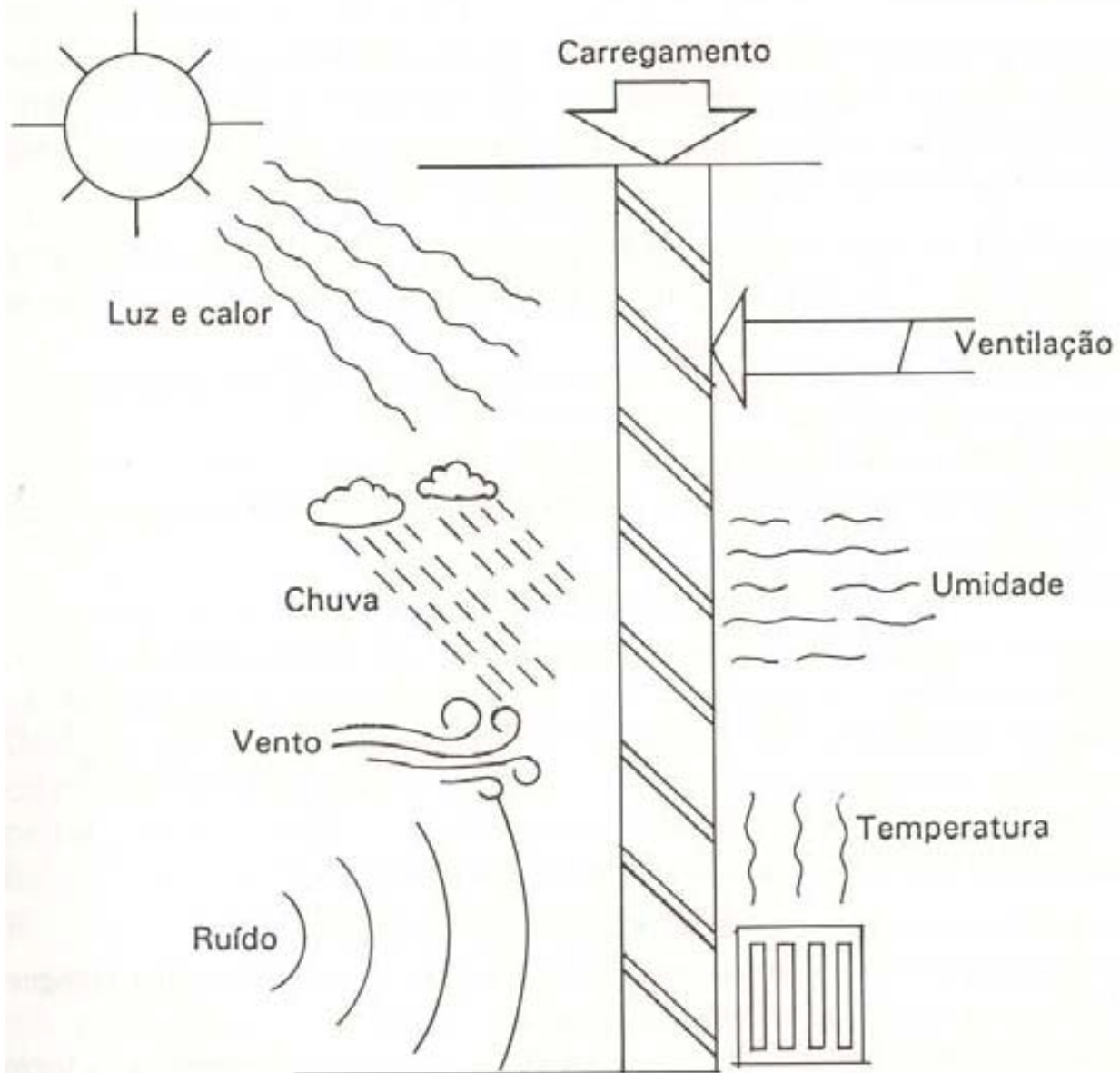


Figura 5 – Elementos atuantes nas fachadas das edificações (CINCOTTO, SILVA, CARASEK, 1995).

2.2.1 Patologias em revestimentos argamassados de fachada

A deterioração prematura dos revestimentos de argamassa é decorrente de processos físicos, mecânicos, biológicos e químicos. Porém, essa distinção é apenas didática, pois na prática estes processos frequentemente se sobrepõem

e também podem atuar simultaneamente. As patologias sobre as argamassas se manifestam através de efeitos físicos nocivos como a desagregação, descolamento do revestimento, vesículas, fissuração e aumento da porosidade e permeabilidade (CARASEK, 2007).

A figura 6 apresenta uma classificação dos processos de deterioração dos revestimentos de argamassa, com exemplos de causas típicas associadas a eles.

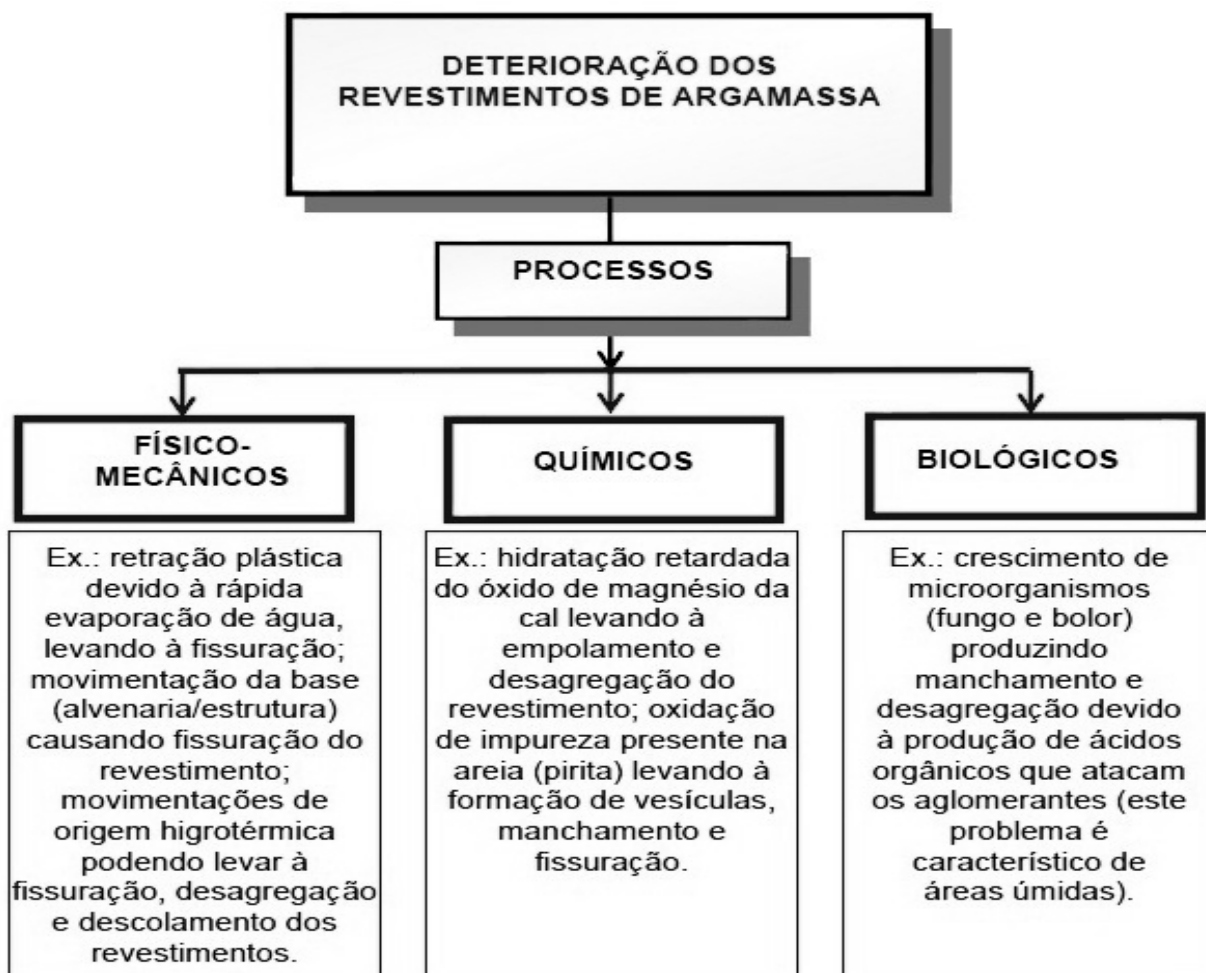


Figura 6 - Processo de deterioração dos revestimentos argamassados (CARASEK, 2007).

Ainda de acordo com a autora, existe outra forma de classificação destes problemas, que seria com relação à origem da fonte causadora. Assim, a deterioração das argamassas pode ser originada tanto por fatores externos ao revestimento como por causas internas à própria argamassa. Sendo assim, podem ser citados como fatores que interferem na durabilidade dos revestimentos argamassados:

- a qualidade dos materiais constituintes da argamassa;
- a composição ou traço da argamassa;
- os processos de execução;
- os fatores externos (intempéries, poluição atmosférica, umidade de infiltração, etc).

2.2.1.1 Descolamentos

Os descolamentos em revestimentos de argamassa ocorrem de modo a separar uma ou mais camadas dos revestimentos argamassados e apresentam extensão variada. Podem se manifestar com empolamento em placas, ou com pulverulência (BAUER, 1994).

Para Bauer (1994), em argamassas de cal, os principais fatores causadores do problema são o uso de produtos não hidratados, a hidratação incompleta da cal extinta, a má qualidade da cal e o preparo inadequado da pasta de cal. Em argamassas mistas, o excesso de cimento costuma ser o principal fator causador de descolamento.

2.2.1.1.1 Descolamento com pulverulência

Apresenta como sinal mais comum a desagregação e conseqüente esfarelamento da argamassa quando pressionada manualmente. A argamassa se torna friável, ocorrendo descolamento com pulverulência (BAUER, 1997).

Segundo Bauer (1997) e Cincotto (1988) as principais causas deste tipo de descolamento são o excesso de materiais pulverulentos e/ou torrões de argila no agregado, o traço pobre em aglomerantes ou com cal em excesso e o tempo insuficiente para carbonatação da cal existente na argamassa, principalmente quando é aplicada pintura sobre o revestimento em intervalo inferior a 30 dias.

2.2.1.1.2 Descolamento em placas

No descolamento da argamassa em placas, estas podem apresentar-se endurecidas (difíceis de serem quebradas) ou quebradiças e, em ambos os casos, apresentam som cavo, ao serem percutidas. Este descolamento geralmente ocorre na ligação entre o emboço e a base (BAUER, 1994).

Compilando as informações de Bauer (1997) e Cincotto (1988) tem-se como as principais causas para esta patologia:

- argamassa muito rica e/ou aplicada em camada muito espessa;
- superfície da base muito lisa, impregnada com substância hidrófuga ou impregnada com pó ou outros resíduos;
- ausência de chapisco ou utilização de chapisco preparado com areia fina;
- molhagem deficiente da base comprometendo a hidratação do cimento e etc.

O chapisco possui papel fundamental para que este problema não ocorra, pois possibilita um aumento substancial na aderência da argamassa de revestimento à base, devido as suas características básicas, como o alto teor de cimento e elevada granulometria.

A figura 7 mostra um descolamento argamassado na área de um guarda-corpo de uma fachada, devido a ausência de tela soldada para fachada entre o revestimento argamassado de reboco e o chapisco.



Figura 7 – Descolamento do revestimento argamassado em placas devido a ausência da tela soldada para fachada na interface entre estrutura e alvenaria (edificação III dos estudos de casos).

2.2.1.1.3 Descolamento por empolamento

De acordo com Bauer (1994) a cal é o material que está diretamente associado a esta patologia, portanto ela acontece nas camadas com maior proporção deste constituinte das argamassas. Normalmente o reboco se destaca do emboço, formando bolhas cujo diâmetro aumenta progressivamente.

De acordo Cincotto (1988) as causas prováveis são a infiltração de umidade e a existência de cal parcialmente hidratada na argamassa que, ao se extinguir após ser aplicada, aumenta de volume e se expande.

2.2.1.2 Eflorescência

As eflorescências são depósitos cristalinos, formados na superfície e no interior de painéis de alvenaria através de cristalização de soluções salinas. Esse fenômeno surge como resultado do processo de evaporação ou variação de temperatura, geralmente acompanhando a presença de umidade (GONÇALVES, 2007).

Segundo Guimarães (2002), as eflorescências são caracterizadas por depósitos brancos, pulverulentos, normalmente solúveis em água. São compostas por carbonatos (cálcio e magnésio), hidróxido de cálcio, sulfatos (cálcio ou magnésio ou potássio ou sódio), cloretos (cálcio ou magnésio) e nitratos (potássio ou sódio ou amônio). As causas desta patologia são três fatores:

- teor de sais solúveis nos materiais ou componentes (tijolos, materiais cerâmicos, cimento Portland, água de amassamento, agregados, materiais provenientes da poluição);
- presença de água para dissolver e carrear os sais solúveis até a superfície do revestimento;
- pressão hidrostática para propiciar a migração da solução para a superfície.

Souza (1997) explica que grande parte das eflorescências são causadas pela ação da água, que após infiltrar nos poros das argamassas, atinge diferentes camadas, reage com íons livres e podem gerar:

- formação de sais solúveis por capilaridade, em que o vapor de água aflora a superfície trazendo estas formações químicas;

- corrosão das argamassas devido a exposição por demasiado tempo aos agentes agressivos na poluição, tais como CO_2 e SO_2 , pela ação dos íons cloro originados pela lavagem dos revestimentos com HCl ou pela ação da umidade do ar em regiões litorâneas, que reagem causando uma deterioração superficial da argamassa.

De acordo com o local de cristalização dos sais, o fenómeno pode ser dividido em eflorescência e criptoflorescência. No caso de existir uma rede de capilares bem formada na argamassa endurecida, quantidade de água suficiente para o transporte dos sais e condição de evaporação adequada, os sais irão se cristalizar na superfície do revestimento, recebendo o nome de eflorescência. No caso da criptoflorescência os poros capilares não estão bem conectados, ou seja, não formam uma rede, existe pouca água ou ainda a evaporação é muito intensa, levando, desta maneira, os sais a se depositarem a uma certa distância da superfície. Na prática, ambos são normalmente chamados de eflorescência (CARASEK, 2007).

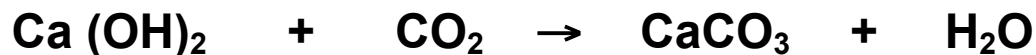
Ainda segundo a autora, o depósito destes sais exerce pressão devido à hidratação e cristalização dos mesmos, culminando na desagregação da argamassa. Caso estes sais se cristalizem na região de interface argamassa-substrato, o fenómeno pode resultar no descolamento da camada de revestimento.

Uemoto (1988), afirma que os depósitos salinos na superfície de alvenarias e revestimentos, são geralmente alcalinos (sódio e potássio) ou alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), resultantes da migração de sais solúveis presentes nos materiais de revestimento ou componentes da alvenaria. O autor propõe a classificação da eflorescência em três tipos:

Tipo I – é aquele mais comum e caracteriza-se por um depósito de sal branco, muito solúvel em água e pulverulento. Normalmente aparece em superfícies de

alvenaria aparente, ou revestidas com argamassa, em juntas de assentamentos, regiões próximas a caixilhos mal vedados, ladrilhos e juntas de ladrilhos cerâmicos e azulejos. Caso o acúmulo de sal ocorra na interface alvenaria/pintura, a película de pintura poderá se destacar. Os principais sais neste caso são os sulfatos de sódio e de potássio, que podem ser provenientes de tijolos, de cimentos, da reação química entre os compostos do tijolo com o cimento, da água de amassamento, dos agregados e de substâncias contidas em solos adensados ou contaminados por produtos químicos e da poluição atmosférica.

Tipo II – é o menos comum e caracteriza-se por um depósito branco e com aspecto de escorrimento, muito aderente e com baixa solubilidade em água, e que quando em contato com ácido clorídrico apresenta efervescência. Estes sais geralmente formam-se em regiões de superfície de concretos ou alvenarias e são basicamente carbonato de cálcio, formado por meio da reação:



Hidróxido de cálcio
(cimento)

Carbonato de cálcio

Na hidratação do cimento ocorre liberação de cal; esta, em presença da água proveniente de chuvas ou de infiltração de umidade, dissolve-se e deposita-se na superfície das fachadas. Quando ocorre a evaporação da água, em presença do anidrido carbônico do ar, esta cal transforma-se em carbonato de cálcio, que é um composto pouco solúvel em água.

Em casos de utilização de argamassas mistas (cal e cimento), com alto teor de cal não hidratada, está cal em contato com água, também será dissolvida e se deposita sobre a superfície, carbonatando-se. Este caso não costuma a causar perigo para a estabilidade da alvenaria, mas trata-se de um problema estético difícil de ser eliminado. A figura 8 apresenta um exemplo de eflorescência.



Figura 8 – Eflorescência, cristalização dos sais solúveis na superfície da argamassa de revestimento (Ferreira, 2010).

Tipo III – não é muito frequente e apresenta-se como um depósito de sal entre juntas de alvenaria aparente, que se encontram fissuradas.

Os sais solúveis do cimento agem como fonte causadora da eflorescência. Cimentos que contenham alto teor de álcalis (Na_2O e K_2O) na sua hidratação podem transformar-se em carbonato de sódio e potássio, muito solúveis em água. Outra situação possível é a reação entre o cimento da argamassa que contém hidróxidos alcalinos e os tijolos cerâmicos que possuem sulfato de cálcio, resultando em sulfatos de sódio e potássio.

De acordo com Bauer (1994), os sais mais comuns em eflorescências, as fontes de seu surgimento e a sua solubilidade em água são indicados no quadro 3.

2.2.1.3 Patologias causadas por umidade

Segundo Verçosa (1991) a umidade é fundamental para o surgimento de diversas patologias, como: eflorescência, ferrugem, mofo, bolor, descolamento da pintura do reboco e até acidentes estruturais.

As manchas, as fissuras e as desagregações provocadas pela umidade, são as manifestações patológicas mais frequentes nos edifícios (SILVA, 2007).

Oliveira, Moreira e Mitidieri Filho (2005), em levantamento realizado pelo IPT no ano de 2004, concluiu que 58% dos problemas patológicos das edificações com um a quatro anos de idade, são causados por umidade. A classificação da umidade em função da sua origem pode ser feita em quatro tipos:

- umidade proveniente do solo, decorrente da ascensão capilar da água do terreno;
- umidade de infiltração proveniente da ação da água de chuva (infiltração por fissuras, caixilhos, revestimentos, juntas, entre outros);
- umidade de condensação, decorrente da condensação superficial ou no interior dos materiais de vapor de água;
- umidade acidental, proveniente de vazamentos em instalações hidráulicas ou de coleta de água da edificação, falhas localizadas, etc.

Quadro 3 – Natureza química das eflorescências.

Composição Química	Fonte Provável	Solubilidade em água
Carbonato de calico	Carbonatação da cal, da argamassa ou concreto e de argamassa de cal não carbonatada	Pouco solúvel
Carbonato de magnésio	Carbonatação da cal lixiviada de argamassa de cal não carbonatada	Pouco solúvel
Carbonato de potássio	Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimentos com elevado teor de álcalis.	Muito solúvel
Carbonato de sódio	Carbonatação dos hidróxidos alcalinos de cimentos com elevado teor de álcalis	Muito solúvel
Hidróxido de calico	Cal liberada na hidratação do cimento	Solúvel
Sulfato de magnésio	Tijolo, água de amassamento	Solúvel
Sulfato de calico	Tijolo, água de amassamento	Parcialmente solúvel
Sulfato de potássio	Reação tijolo-cimento, agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Sulfato de sódio	Reação tijolo-cimento agregados, água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de calico	Água de amassamento	Muito solúvel
Cloreto de magnésio	Água de amassamento	Muito solúvel
Nitrato de potássio	Solo adubado ou contaminado	Muito solúvel
Nitrato de sódio	Solo adubado ou contaminado	Muito solúvel
Nitrato de ammonia	Solo adubado ou contaminado	Muito solúvel

Fonte: Bauer 1994.

2.2.1.3.1 Umidade acidental

Acontece devido a falhas nas tubulações, que acabam gerando infiltrações, causando manchamentos nas paredes.

Segundo Klein (1999), a origem das umidades podem ser encontradas, de acordo com o quadro 4, nos seguintes locais.

Quadro 4 – Origem da umidade nas construções.

Origens	Presentes em
Umidade ascendente	Terra, através do lençol freático.
Umidade de infiltração	Coberturas Lajes de terraço Paredes
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Compartimentos com pouca ventilação Banheiros, cozinhas e garagens
Umidade acidental	Paredes Telhados Pisos Terraços

Fonte: adaptado de Klein (1999).

2.2.1.3.2 Umidade ascendente

A água presente no solo poderá ascender por capilaridade à base da construção se os diâmetros dos poros capilares e o nível do lençol d'água permitirem. Caso não exista uma impermeabilização adequada entre o solo e a base da construção, ela pode chegar aos seus componentes, trazendo problemas a pisos e paredes do andar térreo (THOMAZ, 1989).

Muller (2010) reforça que a umidade ascendente ou ascensional é caracterizada pela presença da água oriunda geralmente do solo absorvida pelas fundações, a qual migra para as paredes e pisos das edificações.

Segundo Bauer (1994), os materiais de construção absorvem água na forma capilar quando estão em contato direto com a umidade, situação que normalmente ocorre com a fachada por exemplo. No transporte da água pelos capilares é importante a velocidade de absorção capilar e a altura de elevação. A velocidade de absorção capilar aumenta para raios de capilares maiores, já a altura de elevação é inversamente proporcional ao raio do capilar. Caso a água

seja absorvida permanentemente pelo material de construção em região com contato direto com o terreno e não seja eliminada por ventilação, será transportada paulatinamente para cima através do sistema capilar.

De acordo com Silva e Abrantes (2007), para que ocorra o fenômeno da ascensão capilar é necessário que se verifiquem, simultaneamente, três condições:

- a presença de água;
- a existência de materiais com porosidade capilar;
- a possibilidade de comunicação entre a primeira e os segundos.

Ainda de acordo com os dois autores, o fenômeno da ascensão capilar provoca as seguintes manifestações patológicas nos revestimentos:

- acúmulo de sais visíveis na superfície da parede;
- degradação da tinta e dos revestimentos numa faixa de altura variável, geralmente junto à base das paredes do piso térreo;
- manchas nos revestimentos interiores na faixa citada;
- descolamento de revestimentos.

2.2.1.3.3 Umidade de condensação

Esta umidade é produzida quando o vapor de água existente em um local entra em contato com superfícies em temperaturas abaixo do ponto de orvalho formando pequenas gotas de água (MULLER, 2010).

O fenômeno ocorre pela diminuição da capacidade de absorção da umidade pelo ar quando este é resfriado na interface da parede, precipitando-se (QUERUZ, 2007).

Feilden (2003) *apud* Muller (2010) considera que a umidade por condensação é mais danosa que a água da chuva, pois fixa, junto com o vapor partículas em suspensão que podem ser prejudiciais à edificação.

2.2.1.3.4 Umidade de infiltração

É originada principalmente pela ação da chuva e sua associação com os ventos pode agravar uma série de patologias, variando de acordo com o estado de conservação do edifício, sendo as paredes e coberturas os pontos mais suscetíveis a infiltrações (MULLER, 2010).

Petrucci (2000) considera que a orientação da fachada tem papel importante em relação a incidência de chuva, quando esta está associada a ventos. Segundo o autor, as fachadas expostas aos ventos receberão maior quantidade de chuva que aquelas não expostas e que a incidência de chuva não é a mesma em toda a fachada, existindo inicialmente uma incidência maior no topo e nas esquinas de faces expostas. A figura 9 apresenta alguns dos resultados causados pela infiltração no revestimento por pintura.



Figura 9 - Desagregação com descolamento do revestimento devido a infiltração de água na fachada (Ferreira, 2010).

2.2.1.4 Patologias decorrentes de processos biológicos

A bioterização de uma fachada é um fenômeno que pode contar com a presença de microorganismos invisíveis a olho nu, como por exemplo, algas, bactérias, cianobactérias e fungos, que podem causar uma camada indesejada na superfície dos materiais, o biofilme (QUERUZ, 2007).

Muller (2010) complementa que a bioterização pode ocorrer pela assimilação de compostos do próprio material, pelo microorganismo ou pela excreção de produtos agressivos, durante a sua reprodução, como ácidos.

De acordo com Saad (2003) os fatores principais que influenciam o crescimento e desenvolvimento de microorganismos nas construções são: umidade, falta de ventilação, utilização que se dá na edificação, qualidade do ar interno, condições térmicas, ar externo, variações sazonais, temperatura, microclimas internos, projetos de construção, tipos de materiais utilizados nas construções, tipo de acabamentos, distribuição geográfica, materiais orgânicos, ocupação, manutenção e gerenciamento.

Verifica-se que a maioria dos fatores citados estão relacionados a umidade e temperatura, podendo ser solucionados ou minimizados na fase de projeto, com premissas de ventilação e iluminação.

Segundo Allsopp (1986) *apud* Uemoto, Agopyam e Brazolin (1999) os fungos são os principais agentes de degradação dos revestimentos superficiais de fachadas, pois possuem boa adaptação a meios estressantes tais como baixa umidade, variações bruscas de temperatura e quantidade mínima de nutrientes para sua alimentação.

Shirakawa *et al.* (1995) afirma que os fungos são organismos nucleados, que por possuírem clorofila, não podem fotossintetizar seu alimento. São heterotróficos, ou seja, necessitam de compostos orgânicos pré-elaborados.

Segundo a autora o termo “bolor” é utilizado para designar o crescimento de fungos filamentosos sobre um dado substrato, causando manchas geralmente escuras de tonalidade preta, marrom e verde. Em menor frequência aparecem as manchas claras esbranquiçadas ou amareladas. A figura 10 apresenta variados tipos de “bolor”, enquanto a figura 11 mostra o aspecto da textura de fungos de forma ampliada.



Figura 10 - Edificação com diversos tipos de bioterização (SILVA, 2009).

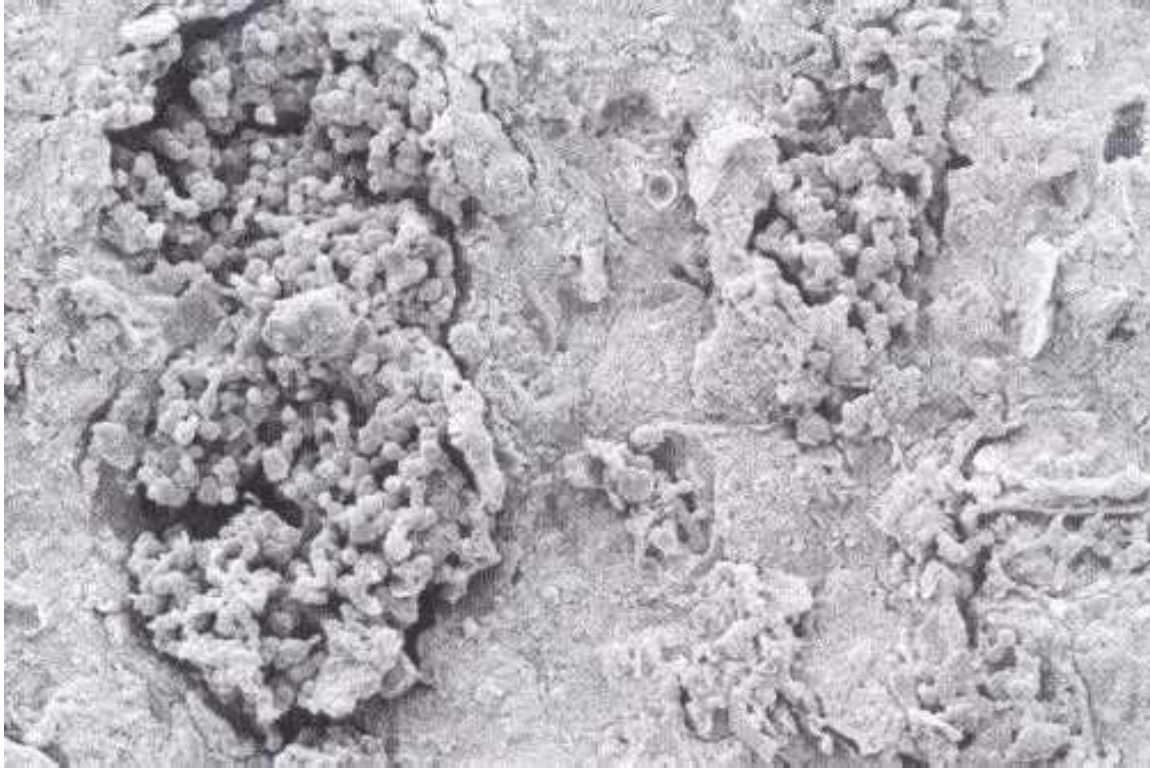


Figura 11 – Foto ampliada mostrando o aspecto da textura de colônia de fungos (THOMAZ, 1992).

2.2.1.5 Trincas e fissuras

A ABNT NBR 9575:2010 classifica as aberturas maiores que 0,5 mm e menores que 1 mm como trincas, as aberturas maiores que 0,05 mm e menores que 0,5 mm como fissuras e as menores que 0,05 mm como microfissuras.

Thomaz (1989) destaca que dentre as inúmeras patologias que atingem uma edificação, as trincas e fissuras merecem destaque por três motivos: podem ser o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, comprometem o desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústico, etc) e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.

Ainda de acordo com Thomaz (1989) o surgimento de trincas e fissuras pode estar associado aos seguintes fenômenos:

- movimentações térmicas;
- movimentações higroscópicas;
- atuação de sobrecargas;
- deformabilidade excessiva das estruturas;
- recalques diferenciais de fundação ou movimentos da fundação;
- retração de produtos à base de cimento;
- alterações químicas de materiais.

A seguir será abordado o surgimento de trincas e fissuras devido a estes fenômenos, exceto devido a deformabilidade excessiva das estruturas e por alterações químicas de materiais.

2.2.1.5.1 Fissuras causadas por movimentação térmica

Ferreira (2010) afirma que todos os materiais estão sujeitos a dilatações com o aumento de temperatura e a contrações com a diminuição da mesma. A intensidade desta variação dimensional, dada uma certa temperatura, varia de acordo com o material.

A movimentação térmica ocorre devido às variações de temperatura sazonais e diárias, e à radiação incidente sobre os revestimentos externos. Este fenômeno caracteriza-se por mudanças dimensionais, cuja intensidade e amplitude dependem do coeficiente de dilatação térmica da argamassa, das variações de umidade relativa e da ação de forças externas. As tensões geradas por estas movimentações podem ser de compressão ou tração, considerando que o movimento pode ser de expansão ou de retração (CINCOTTO, SILVA e CARASEK, 1995).

As fissuras em argamassas de revestimento, provocadas por movimentações térmicas das paredes, dependem principalmente do módulo de deformação da argamassa, sendo desejável que a capacidade de deformação do revestimento supere com folga a capacidade de deformação da parede propriamente dita (THOMAZ, 1989).

Segundo ele as fissuras induzidas por movimentações térmicas no revestimento, normalmente são regularmente distribuídas e com aberturas bem reduzidas (espécie de gretagem).

2.2.1.5.2 Fissuras causadas por movimentação higroscópica

A movimentação higroscópica acontece quando existe movimentação de água ou umidade no interior dos materiais, ocorrendo por variados mecanismos de transporte.

A quantidade de água absorvida por um determinado material de construção depende de dois fatores: porosidade e capilaridade. O fator mais importante é a capilaridade, que na secagem de materiais porosos, provoca o aparecimento de forças de sucção, responsáveis pela condução da água até a superfície do componente, onde ela é posteriormente evaporada (THOMAZ, 1989).

Para o autor, quanto menor a espessura dos poros, maior será o poder de sucção. O material, ao ter seus poros preenchidos com água, aumenta de volume, e diminui à medida que perde água por evaporação. O resultado desta expansão e contração por higroscopicidade, pode causar a fadiga do material, causando fissuras similares às decorrentes de variação térmica, como mostram as figuras 12 e 13.

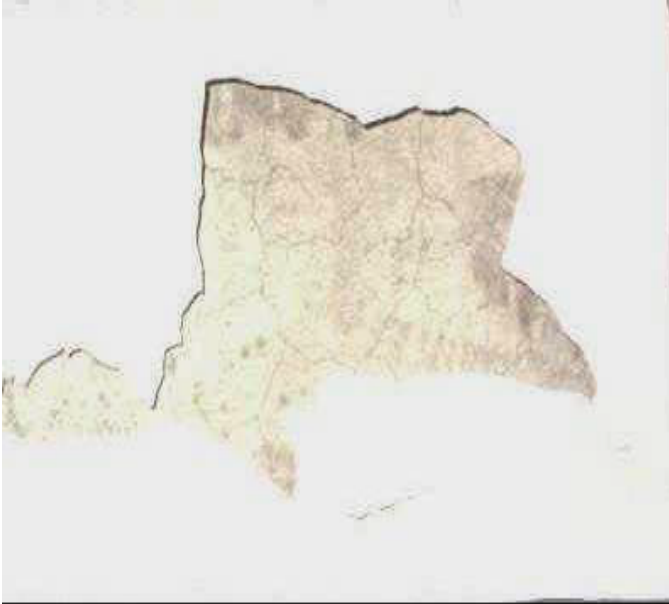


Figura 12 – Fissuras decorrentes da retração da argamassa provocadas pela falha da pintura e exposição contínua da parede a água da chuva (THOMAZ, 1992).



Figura 13 – O fluxo de água interceptado do peitoril da janela escorre lateralmente, provocando a fadiga do reboco desenvolvendo sua fissuração (THOMAZ,1992).

2.2.1.5.3 Fissuras causadas por atuação de sobrecargas

Trata-se de solicitações externas, previstas ou não em projetos, que são capazes de provocar fissuras em um componente estrutural ou até mesmo de vedação (THOMAZ, 1989). Podem se manifestar nas fachadas em função dos esforços de compressão e de flexão (SILVA, 2007).

O surgimento de fissuras devido a atuação de sobrecargas não implica necessariamente em ruptura do componente ou instabilidade da estrutura, pois acontece uma redistribuição de tensões ao longo do componente fissurado e mesmo nos componentes vizinhos, de forma que a solicitação externa normalmente acaba sendo absorvida de forma globalizada pela estrutura ou parte dela (THOMAZ, 1989).

As configurações típicas das fissuras causadas por sobrecarga são apresentadas na figura 14.

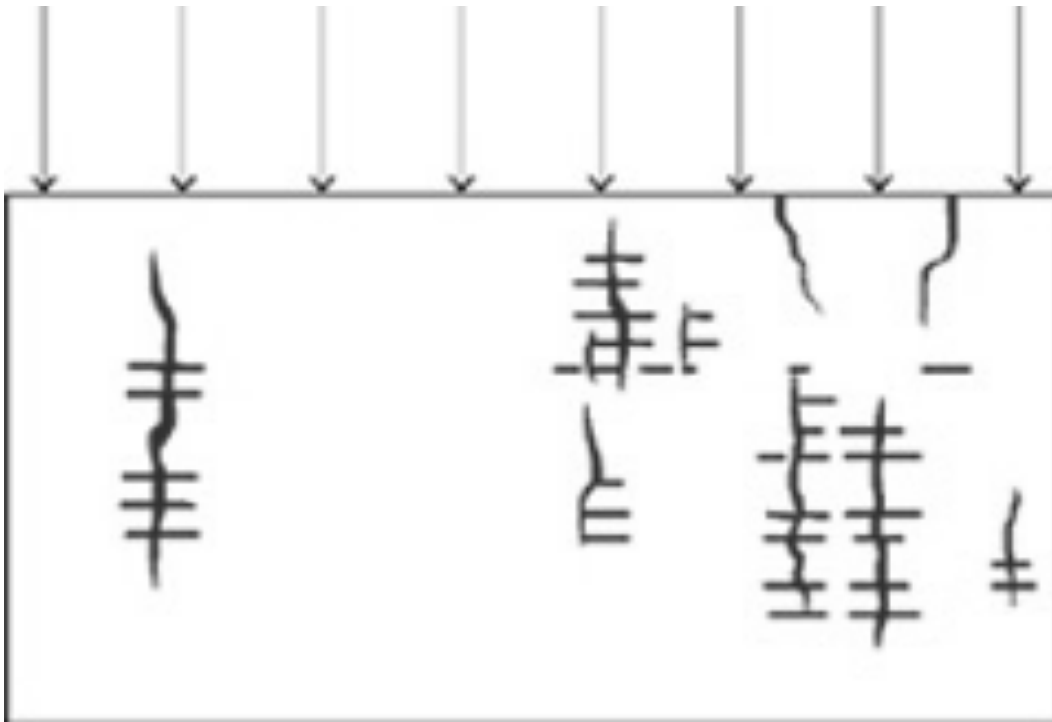


Figura 14 - Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (THOMAZ, 1989).

2.2.1.5.4 Fissuras causadas por movimentos da fundação

De acordo com alguns autores como Thomaz (1989) e Helene (1993) as trincas e fissuras causadas por movimentos da fundação são as mais preocupantes, pois indicam problemas com as fundações das edificações.

De maneira geral, estas trincas e fissuras são inclinadas, assemelhando-se algumas vezes aquelas provenientes da deflexão de componentes estruturais, mas geralmente são maiores, “deitando-se” em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque (THOMAZ, 1989). As figuras 15 e 16 apresentam dois exemplos de situações que podem causar movimentos na fundação e conseqüentemente ocasionar trincas e fissuras.

Os principais fatores que causam recalques de fundações, de acordo com Thomaz (1989), são:

- o tipo e estado do solo;
- disposição do lençol freático;
- intensidade da carga, tipo de fundação e cota de apoio;
- dimensões e formato da placa carregada;
- interferência de fundações vizinhas.

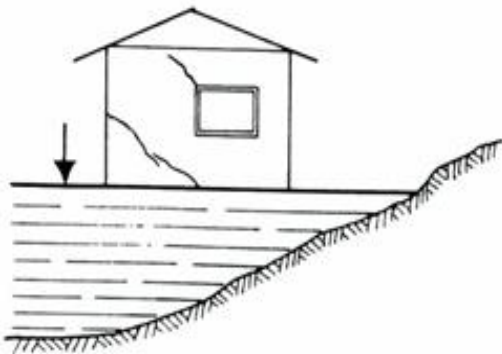


Figura 15 - Recalque provocado geralmente em solo pouco compactado (THOMAZ, 1989).

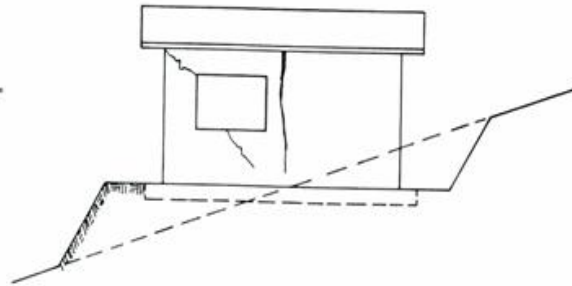


Figura 16 - Recalque provocado por corte e aterro (THOMAZ, 1989).

2.2.1.5.5 Fissuras causadas por retração de produtos à base de cimento

A retração é um fenômeno que ocorre nas argamassas quando existe uma diminuição de seu volume devido à perda de água para o meio e para o substrato, por evaporação ou sucção. Este fenômeno pode ser influenciado pela velocidade da perda de água, seja pela ação do sol ou dos ventos, quantidade e espessura das camadas de revestimento argamassado e de acordo com sua aderência com a base (SILVA e FORTES, 2008).

Neville (1997) afirma que a pasta de cimento pode sofrer uma diminuição de volume da ordem de 1% do volume absoluto do cimento seco e que a retração

é maior de acordo com o aumento do teor de cimento na mistura e menor com a diminuição da relação água/cimento.

Para Carasek (2007), a retração é resultado de um mecanismo complexo, que está associado com a variação de volume da pasta aglomerante e possui papel fundamental no desempenho das argamassas aplicadas, principalmente se tratando de estanqueidade e durabilidade.

De acordo com Veiga (1998) os rebocos, como todas as argamassas, sofrem variações dimensionais por retração desde o momento em que são aplicados até a estabilização, que ocorre aproximadamente até os 28 dias de idade. Essas variações, provocadas por um conjunto de fenômenos físico-químicos ao nível da fase evolutiva da argamassa, são restringidas pela fase estável (os inertes) e principalmente, pelo suporte ao qual o revestimento está aderido, que é extremamente rígido.

Thomaz (1989) afirma que em função da trabalhabilidade necessária, os concretos e as argamassas são preparados com água em excesso, o que vem acentuar a retração. Na realidade, é importante diferenciar os três tipos de retração de um produto à base de cimento:

- retração química: acontece com redução de volume, pois a água combinada quimicamente (22 a 32%) sofre uma contração de aproximadamente 25% de seu volume original;

- retração de secagem: a quantidade excedente de água, utilizada na preparação do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se posteriormente e produzindo, conseqüentemente, a redução do seu volume;

- retração por carbonatação: a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, resultando em carbonato de cálcio, o que também causa uma redução de volume da argamassa ou concreto.

Joisel (1975) *apud* Silva (2007) descreve importantes fatores que interferem diretamente nos produtos à base de cimento, enfatizando os seguintes:

- quanto maior a finura do cimento, maior a retração;
- quanto maior a quantidade de cimento na mistura, maior será a retração;
- quanto maior a finura dos agregados, maior será a retração;
- quanto maior for a relação água/cimento, maior será a retração.

2.2.2 Patologias em revestimentos cerâmicos de fachada (RCF)

As patologias incidentes nos RCF podem apresentar-se de maneiras distintas, mas todas impossibilitam o cumprimento das finalidades para as quais foram concebidos, atuando diretamente sobre o desempenho dos mesmos. As consequências podem ir desde problemas estéticos à riscos de acidentes com pessoas, substancialmente agravados pela altura dos edifícios.

A seguir, são descritas as manifestações patológicas mais associadas aos RCF.

2.2.2.1 Destacamentos ou descolamentos

São consideradas as patologias mais sérias se tratando dos RCF, devido a probabilidade considerável de acidentes e os custos necessários para seus reparos.

De acordo com Roscoe (2008) e Almeida (2012), os destacamentos ou descolamentos são caracterizados pela perda de aderência entre as placas cerâmicas e a argamassa colante ou entre a argamassa colante e a base, devido a tensões surgidas que ultrapassam a capacidade de aderência. O primeiro sinal apresentado por esta patologia é a ocorrência de um som cavo nas placas cerâmicas (quando percutidas).

Além da ausência de juntas de assentamento entre as placas cerâmicas, que resulta em esforços extremamente elevados, impossíveis de serem absorvidos pelas mesmas, o surgimento de tensões podem ocorrer, segundo Chaves (2009), devido a:

- retração da argamassa de assentamento, que muitas vezes possui uma relação A/C elevada ou é muito espessa;
- deformações devidas a variações de umidade que afetam as argamassas endurecidas;
- deformações geradas pela infiltração de água nas fachadas;
- dilatações devido a variações de temperatura;
- deformação da estrutura.

Dentre as principais causas deste problema, que costuma ocorrer nos primeiros e últimos andares do edifício, estão: a excessiva dilatação higroscópica do revestimento cerâmico, variações higrótérmicas e de temperatura, ausência de detalhes construtivos como contravergas e juntas de dessolidarização e erros de especificação de materiais e executivos.

2.2.2.2 Deterioração das juntas

Este problema ocorre quando há perda de estanqueidade das juntas, devido, na maioria dos casos, a procedimentos de limpeza inadequados e envelhecimento do material de preenchimento (argamassa de rejuntamento).

Pode ocorrer também da junta estar preenchida apenas superficialmente, que é mais comum em juntas muito estreitas.

O resultado da deterioração das juntas é um comprometimento do RCF como um todo, podendo surgir trincas e fissuras, infiltrações, eflorescências e até mesmo destacamentos das placas.

2.2.2.3 Eflorescência

A eflorescência em revestimentos cerâmicos normalmente é proveniente da presença de substâncias solúveis nos componentes das alvenarias, nas argamassas de regularização e assentamento, que chegam até o revestimento cerâmico por falhas de impermeabilização e rejuntamento.

De acordo com Barros e Sabbatini (2001), existem algumas providências capazes de restringir o aparecimento da eflorescência, já que é bastante difícil garantir sua total eliminação, são elas:

- redução do consumo do cimento Portland na argamassa de regularização;
- utilização de componentes cerâmicos para revestimento de qualidade garantida e isentos de umidade residual;
- garantir o tempo necessário para completa secagem de cada camada constituinte do subsistema revestimento;
- evitar o uso de ácido clorídrico, ou utilizá-lo em concentrações mais fracas durante a limpeza do revestimento logo após a execução do rejunte.

Ainda de acordo com os autores, a simples lavagem da superfície do revestimento é capaz de remover a eflorescência, mas não garante o seu não retorno. Ao longo do tempo, os sais vão sendo eliminados, tendendo ao desaparecimento do fenômeno.

2.2.2.4 Trincas, fissuras e gretamento

A principal característica destes fenômenos é a perda da integridade da superfície do RCF, em alguns de seus componentes expostos, as placas ou as juntas. Quando acontecem geram o descolamento da placa do substrato (ALMEIDA, 2012).

As trincas são aberturas maiores que 0,5 mm e menores que 1 cm e, de acordo com Roscoe (2008) são rupturas provocadas por esforços mecânicos, como a tração axial, a compressão axial ou excêntrica, flexão, cisalhamento ou torção, que causam a separação da placa em diversas partes.

As fissuras são aberturas maiores que 0,05 mm e menores que 0,5 mm que não são capazes de provocar rompimento nas placas. Geralmente são provenientes de falhas construtivas, como a ausência de juntas.

O gretamento é formado por uma série de aberturas menores que 1 mm que ocorrem na superfície esmaltada das placas cerâmicas, sendo a expansão por umidade um dos responsáveis mais comuns (ROSCOE, 2008).

Segundo a autora, o surgimento de trincas e fissuras podem estar associados ao cobrimento insuficiente da estrutura de concreto, a variações de temperatura e a erros de especificação de juntas e detalhes construtivos equivocados.

2.2.3 Patologias em rochas ornamentais de fachadas

As manifestações patológicas incidentes em rochas ornamentais de fachadas vão desde problemas estéticos, como as mudanças de coloração até problemas mais sérios, que podem colocar em risco a integridade física das pessoas, que é o caso de falhas na aderência.

Tais problemas estão relacionados a propriedades intrínsecas à própria pedra como (composição mineralógica, porosidade, resistência, textura) e causas extrínsecas, que dependem do ambiente onde o revestimento se encontra (temperatura, fatores biológicos, posição do revestimento na fachada, dentre outros).

2.2.3.1 Falhas na aderência

Quando a aderência não é suficiente para suportar as solicitações impostas às placas presentes na fachada, acontece a ruptura do sistema de ancoragem do revestimento, sendo diversas suas possíveis causas, como a técnica de aplicação, temperatura, dilatação e argamassas inadequadas (BRANCO, 2010).

De acordo com o mesmo autor, a utilização de placas de rochas ornamentais (de elevado peso e baixa porosidade) solicita das argamassas colantes ou argamassas de cimento e areia, alto desempenho, pois submete o elemento de aderência a altos esforços cortantes e cargas de arrancamento. Por outro lado, as argamassas de cimento utilizadas no assentamento do revestimento possui resistência intimamente ligada ao teor de aglomerante, que por ser obrigatoriamente rico para as condições impostas pelo peso do revestimento, resulta em tensões de retração elevadas, cujo alívio é extremamente reduzido pela aderência ao substrato e às placas de revestimento. Devido a baixa deformabilidade das argamassas ricas, as tensões tendem a causar sua fissuração e/ou desprendimento do substrato ou da placa.

2.2.3.2 Fissuração

Compilando as informações de Chaves (2009) e Branco (2010), determina-se que as fissuras podem ocorrer em função de:

- dilatações e contrações devido às variações de temperatura, associadas ao elevado coeficiente de dilatação térmica das placas e restrição imposta por juntas indeformáveis;
- atuação de sobrecargas;
- presença de umidade;
- movimento de fundações;
- vibrações produzidas por trânsito;
- descontinuidade entre a camada de revestimento e substrato.

2.2.3.3 Mudanças de coloração

De acordo com Branco (2010), elas podem ocorrer devido a diversas causas, como por exemplo:

- desgaste e/ou lixiviação de minerais pela ação de intempéries e principalmente por agentes de limpeza agressivos (ácido muriático);
- deposição de sujeira na superfície das placas que pode causar aspecto encardido;
- amarelecimento em função de aplicação de produtos impermeabilizantes;
- manchas por umidade, devido a dilatação higroscópica.

A figura 17 mostra uma mudança de coloração em fachada revestida com granito.



Figura 17 - Granito amarelo em acelerado processo de alteração com perda de cor (Branco, 2010).

2.2.4 Patologias em revestimentos de fachada por pintura

As manifestações patológicas em revestimentos de pintura podem ocorrer em duas fases distintas, após a aplicação do revestimento e durante a sua utilização. Porém, antes da aplicação de qualquer tinta, deve ser verificado se o produto apresenta boas condições para utilização (CHAVES, 2009).

A seguir serão apresentadas, concomitantemente, as patologias que podem surgir após a aplicação do revestimento ou durante sua utilização.

2.2.4.1 Baixa resistência às manchas

Ocorre quando a tinta não apresenta resistência considerável contra o acúmulo de sujeiras e manchas. Sua ocorrência normalmente está associada a utilização de tintas de baixa qualidade, que apresentam alta porosidade ou à aplicação da tinta sem que a superfície esteja corretamente selada (POLITO, 2006).

2.2.4.2 Calcinação

Trata-se da formação de finas partículas, semelhantes a um pó esbranquiçado, sobre a superfície pintada exposta ao tempo, causando o desbotamento da cor. Ainda que algum desbotamento seja normal, devido ao desgaste natural, em excesso pode causar extrema calcinação. Pode ser causado por tintas de má qualidade ou quando tintas indicadas para uso interno são utilizadas em superfícies externas (POLITO, 2006).

2.2.4.3 Crateras/Espumação

Segundo Polito (2006), as crateras surgem do rompimento de bolhas causadas pela espumação. Dentre as principais causas pode-se citar a utilização de tintas de baixa qualidade ou muito velha, o uso de rolo com comprimento de pêlo inadequado, a agitação da lata de tinta parcialmente cheia, dentre outros.

2.2.4.4 Descamação

Para Polito (2006), a descamação é a ruptura na pintura causada pelo desgaste natural do tempo, o que resulta em um comprometimento total da superfície. Santos (2013) complementa que a descamação também ocorre quando se

aplica a tinta em superfícies pulverulentas ou que tiveram aplicação de cal, dificultando sua aderência à base.

2.2.4.5 Descolamento

Acontece na repintura de superfícies, que devem estar em boas condições para receber novas demãos de tinta (SANTOS, 2013).

2.2.4.6 Desbotamento

De acordo com Polito (2006), trata-se de um clareamento prematuro ou excessivo da cor original da tinta. Ocorre principalmente em superfícies com exposição constante ao sol e pode ser resultado da calcinação.

2.2.4.7 Eflorescência/Manchas

Aspereza e depósitos de sais brancos que provocam manchas na superfície. A causa mais comum é a umidade, mas também ocorre devido ao vapor (POLITO, 2006).

Nas paredes exteriores de fachadas de edifícios, normalmente, aparecem em zonas sujeitas à ascensão capilar e com presença de umidade (CHAVES, 2009).

As manchas também podem ser causadas por utilização de rolos inadequados ou poluição atmosférica.

2.2.4.8 Encardimento da superfície

Caracterizado pelo acúmulo de sujeira, poeira e outros fragmentos sobre a superfície pintada e é muitas vezes confundido com bolor. Suas principais causas são a utilização de tintas de baixa qualidade e devido a ação de agressores externos como a poluição, que acelera o processo de encardimento da superfície (POLITO, 2006).

2.2.4.9 Enrugamento

Ondulações e rugas são formadas principalmente quando é aplicada uma demão muito espessa ou quando a superfície não está totalmente seca e é exposta a uma umidade muito alta (Santos, 2013).

2.2.4.10 Saponificação

Ocorre devido a alcalinidade natural da cal e do cimento que compõe o reboco (Santos, 2013). Para evitá-la, deve-se esperar cerca de 28 dias para pintar o reboco, que é o tempo necessário para que ele esteja totalmente seco e curado.

2.2.4.11 Surgimento de bolhas

Este problema geralmente é resultante de perda localizada de adesão e levantamento do filme da superfície. Caso nem todas as bolhas abaixem, elas devem ser removidas, raspando e lixando a região, se todas abaixarem, a fonte de umidade deve ser descoberta e eliminada (POLITO, 2006).

2.2.4.12 Surgimento de trincas na superfície

A movimentação natural da estrutura da edificação e a expansão do concreto podem ser os responsáveis pelo aparecimento de trincas na superfície externa das edificações. De acordo com Polito (2006), tintas de alta qualidade reduzem a tendência a esse problema, por possuírem alta concentração de conteúdos sólidos.

3 ESTUDOS DE CASOS

Com o objetivo de melhor ilustrar algumas manifestações patológicas em fachadas, foi realizado um levantamento fotográfico de edificações na cidade de Belo Horizonte/MG que apresentavam estes problemas.

Além das fotografias, serão apresentadas a descrição da patologia, hipóteses das possíveis causas, propostas de reparo e prevenção.

As edificações, obras, construtoras ou profissionais não serão identificados para melhor preservação dos mesmos.

3.1 Edificação I



Figura 18 – Deslocamento cerâmico (acervo do autor).

Descrição da patologia

Deslocamento de peças cerâmicas 10 x 10 cm (em vermelho) e 20 x 20 cm (em branco).

Hipóteses das possíveis causas

As hipóteses estabelecidas através de verificação visual foram:

- especificação incorreta do revestimento cerâmico, principalmente no que se diz respeito a absorção de água e valores de EPU;
- imperícia ou negligência da mão-de-obra de execução e controle (mestres, encarregados, engenheiros, estagiários).

Propostas de reparo

A forma ideal de reparo seria a retirada de todo o revestimento cerâmico existente e a execução de um novo revestimento de fachada, seja ele cerâmico ou não, com profissionais qualificados e baseada em um projeto específico. Mas como essa solução seria bastante onerosa, a solução mais interessante passa a ser a verificação da condição de todo o RCF, realizando um teste a percussão em cada placa cerâmica e as que apresentarem som cavo devem ser substituídas.

Dependendo do tamanho da área a ser reformada, torna-se importante a contratação de um projeto executivo de fachada, essa avaliação deve ser feita por um profissional, seja ele um engenheiro civil ou arquiteto.

Propostas de prevenção

Contratação de projeto executivo de fachada, com correta especificação dos materiais a serem utilizados e escolha de mão-de-obra qualificada e capacitada para execução.

3.2 Edificação II

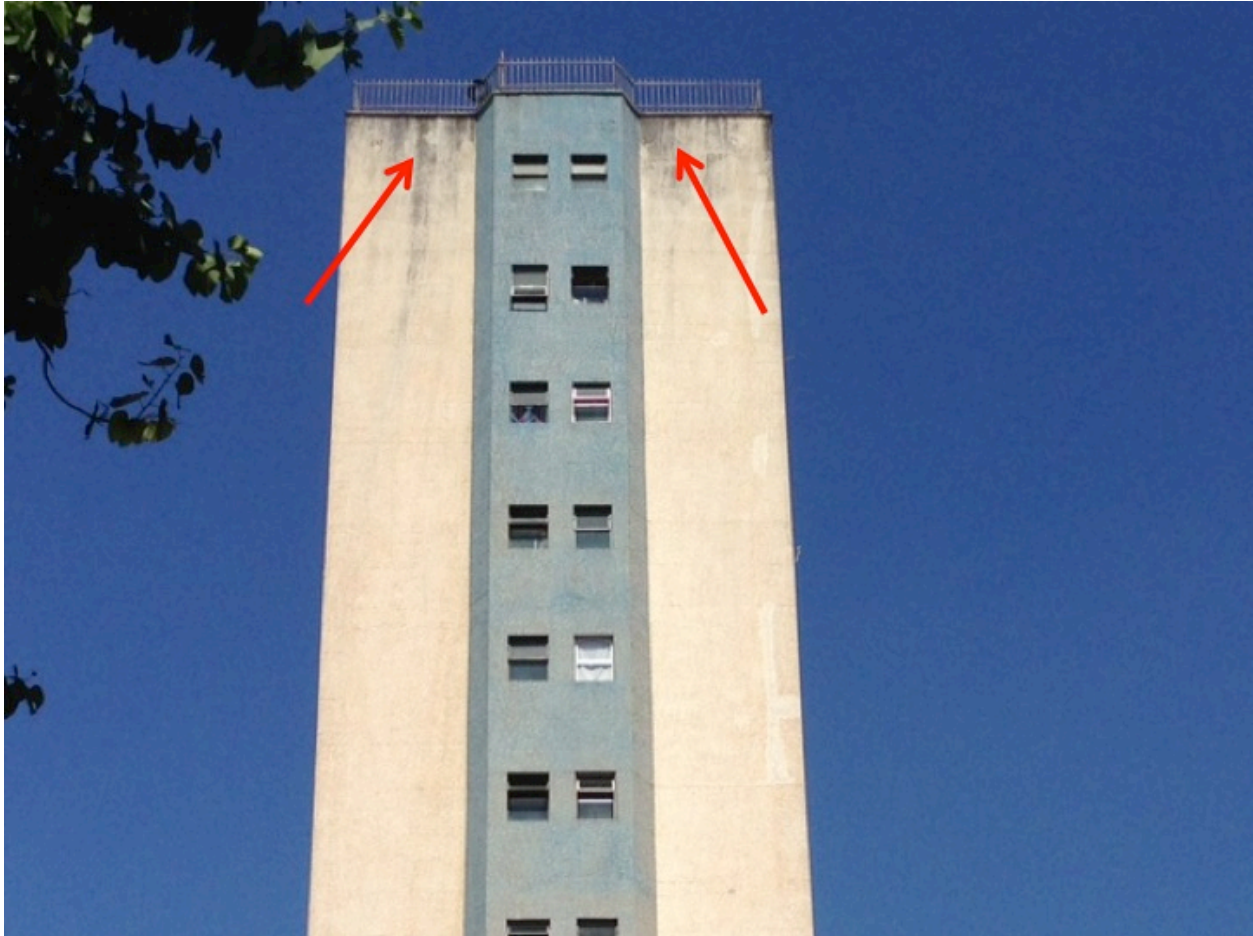


Figura 19 – Edificação com superfície encardida (acervo do autor).

Descrição da patologia

Encardimento da superfície da fachada coberta por pintura.

Hipóteses das possíveis causas

As hipóteses estabelecidas através de verificação visual foram:

- utilização de tintas de baixa qualidade;

- atuação de agressores externos como a poluição;
- falhas ou ausência de rejuntamento/vedação entre as placas de peitoril;
- falta de pingadeira no respectivo peitoril.

De acordo com Polito (2006), o problema possui semelhanças com o bolor, para a comprovação do que é, deve ser aplicado sobre o local alvejante doméstico, caso as manchas desapareçam é bolor e não encardimento da superfície.

Propostas de reparo

Para reparar as superfícies encardidas, as mesmas devem ser limpas com detergente e escova. No caso de sujeiras mais acumuladas, aconselha-se a utilização de lavadoras de alta pressão.

Propostas de prevenção

Para a prevenção do problema, devem ser utilizadas tintas de alta qualidade, como a alto brilho e a látex, que oferecem boa resistência ao acúmulo de sujeiras e a lavagem. Além disso, o rejuntamento entre as placas de peitoril deve ser executado corretamente e o peitoril deve possuir pingadeira.

3.3 Edificação III



Figura 20 – Deslocamento da argamassa de reboco (acervo do autor).



Figura 21 – Detalhe da argamassa de reboco deslocada (acervo do autor).

Descrição da patologia

Deslocamento da argamassa de reboco presente na fachada, correspondente ao guarda-corpo.

Hipóteses das possíveis causas

Neste caso, as hipóteses das possíveis causas não foram realizadas através de verificação visual e sim com uma conversa com o engenheiro responsável pela obra.

Segundo ele, a causa para o deslocamento da argamassa de reboco foi a ausência de tela soldada para fachada, recomendada para regiões de estrutura ou de interface da estrutura com a alvenaria, o que justamente acontecia nesta situação.

Propostas de prevenção

Utilização de tela soldada para fachada, a qual contribuiria para a absorção das tensões provenientes da dilatação e retração do revestimento de argamassa, aumentando a aderência ao chapisco.

Propostas de reparo

Remoção de todo o revestimento argamassado executado sobre regiões de estrutura ou de interface da estrutura com a alvenaria sem a tela soldada e reexecução do serviço, utilizando a respectiva tela. Essa proposta foi justamente a utilizada para resolver o problema.

3.4 Edificação IV



Figura 22 – Descamação da pintura externa (acervo do autor).

Descrição da patologia

Descamação da pintura da fachada.

Hipóteses das possíveis causas

As hipóteses estabelecidas através de verificação visual foram:

- utilização de tinta de baixa qualidade;
- diluição exagerada da tinta;

- inadequada preparação da superfície;
- falta de manutenção na pintura associada ao desgaste natural.

Um destes quatro fatores ou a combinação de dois ou mais deles, provavelmente foi o responsável pela descamação da pintura apresentada anteriormente.

Propostas de reparo

A superfície deve ser raspada e lixada, para receber a nova tinta. Em caso de descamações mais profundas, deve-se utilizar massa corrida antes da nova pintura.

Propostas de prevenção

Ações básicas, mas imprescindíveis devem ser realizadas, como a escolha de uma boa tinta, diluição adequada e a preparação da superfície de maneira correta, além da realização de manutenções preventivas e regulares. Estas atitudes colaboram para o prolongamento da vida útil do sistema de pintura.

3.5 Edificação V



Figura 23 – Detalhe da eflorescência em revestimento cerâmico (acervo do autor).



Figura 24 - Detalhe da deterioração das juntas (acervo do autor).

Descrição da patologia

Eflorescência no revestimento cerâmico (figura 23) e deterioração de juntas de assentamento (figura 24).

Hipóteses das possíveis causas

De acordo com Bauer (1994) a eflorescência é causada por três fatores de igual importância e que atuam concomitantemente: o teor de sais solúveis existentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática, necessária para que a solução migre até a superfície.

Partindo deste pressuposto, pode-se concluir que os sais solúveis podem ser provenientes do cimento, agregados, água de amassamento, blocos ou tijolos. A água, que pode estar presente no meio por diversas formas, quando encontra com os sais solúveis, basta uma maneira de transportá-los até a superfície do revestimento cerâmico, para que o fenômeno ocorra. Este transporte pode ocorrer por capilaridade, infiltração em trincas e fissuras, dentre outras maneiras.

A deterioração das juntas de assentamento provavelmente ocorreu devido a execução inadequada da pingadeira do peitoril da janela, mais especificamente em sua largura e/ou inclinação. Observando a figura 24, tem-se a impressão que toda água proveniente das chuvas que incide sobre o peitoril escorre para um mesmo ponto, o que deve ter causado a deterioração das juntas de assentamento mostradas.

O caminho para a passagem da água contendo sais solúveis até chegar a superfície do revestimento cerâmico pode ser justamente através da junta de assentamento deteriorada.

Propostas de reparo

Lavagem com água, escovas e em alguns casos a utilização de ácido clorídrico são recomendados para a limpeza da superfície com eflorescência, mas isso não garante que o fenômeno não ocorrerá novamente.

Para o caso de juntas deterioradas, recomenda-se a execução de um novo rejuntamento das áreas comprometidas, tomando o cuidado de preencher toda a junta e não apenas superficialmente. Além disso, outra medida interessante seria a troca de todos os peitoris de janela que estejam com pingadeiras mal executadas, por outros que tenham pingadeiras adequadas.

Propostas de prevenção

Uemoto (1988) sugere alguns cuidados para minimizar a ocorrência da eflorescência:

- não utilizar materiais e/ou componentes com alto teor de sais solúveis;
- evitar tijolos com altos teores de sulfatos;
- molhar os componentes cerâmicos demasiadamente secos, minimizando a absorção da água de amassamento e a reação com o cimento;
- sempre proteger da chuva a alvenaria recém acabada;
- evitar a entrada de umidade com a ajuda de boa impermeabilização e vedação;
- usar argamassa mista (cimento:cal;areia) para minimizar a reação com os componentes cerâmicos;
- usar cimento pozolânico ou de alto forno, que liberam menor teor de cal na hidratação.

Para evitar a deterioração das juntas de assentamento, as pingadeiras devem ser executadas corretamente, impedindo que a água proveniente das chuvas escorram por apenas um ponto na fachada.

3.6 Edificação VI



Figura 25 – Trincas e fissuras na fachada externa da edificação (acervo do autor).



Figura 26 – Trincas e fissuras na fachada externa da edificação por outro ângulo (acervo do autor).

Descrição da patologia

Edificação com diversas trincas e fissuras preenchidas com material não identificado.

Hipóteses das possíveis causas

As hipóteses estabelecidas através de verificação visual foram:

- Trincas e fissuras causadas por movimentação térmica do revestimento argamassado;

- trincas e fissuras causadas pela ausência de juntas de movimentação.

Provavelmente a combinação destes dois fatores resultou no surgimento desta patologia.

Propostas de reparo

Para a escolha do correto processo de recuperação das fachadas desta edificação é necessário um estudo mais criterioso do problema. Contudo, para este caso, a abertura da fissura, seguida de sua limpeza e aplicação de um produto flexível, como um selante elástico e posterior pintura, provavelmente apresentaria um resultado satisfatório. A abertura de juntas de movimentação verticais a no máximo cada 3 m ou a cada pé direito também é recomendada e de grande importância.

Propostas de prevenção

A prevenção do surgimento de trincas e fissuras provenientes de movimentações térmicas nem sempre é uma tarefa fácil. Existem tintas especiais para fachadas, com maior capacidade de tolerar deformações sem fissurar, mas ainda não são economicamente viáveis. A execução correta das juntas de movimentação já diminuiria a probabilidade de fissuração nesta edificação. O tratamento de quinas de janela com tela de poliéster também seriam uma boa medida de prevenção para o problema, assim como mostra a figura 27.

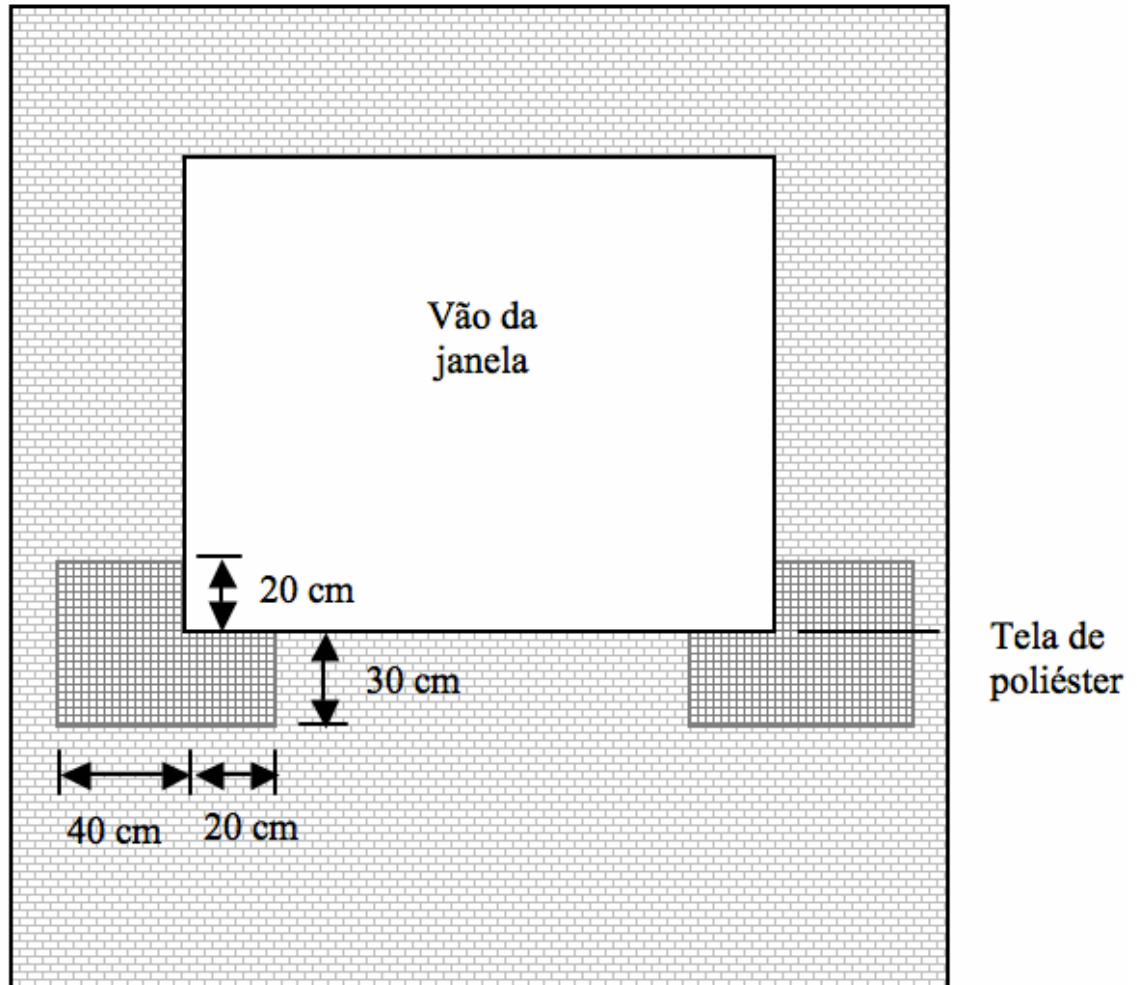


Figura 27 – Tratamento de quinas de janelas com tela de poliéster (CARVALHO JR., 2012).

4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos nos estudos de casos foram retratados na tabela 1, que apresenta as prováveis causas das manifestações patológicas associadas às etapas de produção e uso das obras civis. Todas as patologias que tiveram suas causas estabelecidas através de verificação visual, podem ter mais de uma causa e, conseqüentemente, estar associada a mais de uma etapa de produção.

Tabela 1 – Prováveis origens das patologias considerando às etapas de produção e uso das obras civis.

Etapas de produção/ Patologias	Planejamento	Projetos	Materiais	Execução	Manutenção
Deslocamento cerâmico		X		X	
Encardimento da pintura		X	X	X	
Deslocamento argamassado		X			
Descamação da pintura		X	X	X	X
Eflorescência rev. cerâmico	X	X	X	X	
Deterioração juntas assent.		X		X	X
Trincas e fissuras		X		X	

Fonte: Acervo do autor.

5 CONCLUSÕES

Unindo as informações da literatura existente acerca do assunto aos estudos de caso, foi possível traçar um paralelo mais fidedigno sobre as manifestações patológicas fotografadas.

Pôde-se observar que as principais causas das patologias incidentes nos revestimentos aderidos de fachada estão nas fases de projeto e execução, seguidos pela má qualidade dos materiais utilizados e pela falta de manutenção.

O projeto de fachada, em grande parte dos casos ainda não existe, principalmente no caso de pequenas obras, e quando existe, falta detalhamento. O projeto de fachada necessita ser um projeto sobretudo executivo, para minimizar a possibilidade do surgimento de patologias.

A mão de obra executiva, muitas vezes terceirizada, ganha por produção, o que faz cair muito a qualidade do serviço. Tal situação, associada a negligência dos responsáveis pelo controle do serviço, culminam em resultados indesejados.

A má qualidade dos materiais geralmente está associada a ausência de projetos ou a falta de detalhamento dos mesmos. A manutenção preventiva, que é a ideal para estas situações, não ocorre nos intervalos de tempo corretos, por falta de conhecimento dos usuários, e acaba dando lugar a manutenção corretiva, que acontece apenas após o surgimento dos problemas.

Torna-se importante lembrar que a origem destes problemas muitas vezes não é apenas um dos fatores citados anteriormente, e sim dois ou mais deles.

Recuperar uma fachada não é tarefa simples e de baixo custo, portanto a prevenção do surgimento das manifestações patológicas é extremamente

importante, principalmente do ponto de vista financeiro. Investimentos em projetos de fachada, mão de obra qualificada/especializada e manutenções periódicas são atitudes capazes de otimizar o desempenho das fachadas e evitar altos gastos com recuperações no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. L. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada.** Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

ALLSOP, D. et SEAL, K. J. **Introduction to biodeterioration.** London: Edward Arnold, 1986. Apud Uemoto, K. L.; AGOPYAM, V.; BRAZOLIM, S. **Degradação de pinturas e elementos de fachada por organismos biológicos.** São Paulo: EPUSP, 1999.

ANGUINETTI, B. C. I.; **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias.** Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575:** Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 9676:** Determinação do poder de cobertura (opacidade). Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 13529:** Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13753:** Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13754:** Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 13816**: Placas cerâmicas para revestimento - Terminologia. Rio de Janeiro, 1997.

BARROS, M. M, S. B. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas**. 2001. 35 p.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora – 2 volumes – 5ª Edição – 1994. 960 p.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora – 2 volumes – 5ª Edição – 1997. 951 p.

BRANCO, L. A. M. N. **Revestimentos pétreos: estudo de desempenho frente às técnicas e condições de assentamento**. Tese (Doutorado) na área de Geologia Econômica e Aplicada, Universidade de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010.

BRASIL, SAINT-GOBAIN QUARTZOLIT LTDA. **O Guia Weber – Digital**. São Paulo, 2008.

BRASIL, SAINT-GOBAIN QUARTZOLIT LTDA. **O Guia Weber – Digital**. São Paulo, 2016.

CARASEK, H. **Argamassas**. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007 p 804-863.

CARVALHO, JR., A. N.; SILVA A. P.; NETO, F.M. **Perícias em patologias de revestimentos de fachadas**. In: Congresso brasileiro de engenharia de avaliações e perícias, X COBREAP. Porto Alegre: IBAPE, 1999.

CARVALHO, JR., A. N. **Materiais de revestimento**. Notas de aula da disciplina Tecnologia das Edificações III da graduação em engenharia civil, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2012.

CAVANI, G. R., **Ensaio** – Revista de Tecnologia da Construção – Técnica. São Paulo, n.88, julho, 2004.

CHAVES, A. M. V. A. **Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachadas**. Tese (Mestrado) na área de Especialização Materiais, Reabilitação e Sustentabilidade da Construção, Universidade do Minho, Braga, 2009.

CINCOTTO, M. A. **Utilização dos subprodutos e resíduos na indústria da construção civil**. In: Tecnologia das edificações. São Paulo, PINI, 1988.

CINCOTTO, M. A., SILVA, M. A. C., CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio** (Publicação IPT 2378). 1ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 118p.

FEILDEN, B. **Conservation of historic building**. 3. Ed. Oxford: Butterworth-Heineman, 2003. 181 p. Apud Muller, S. R. **Histórico do campus e as patologias das fachadas dos prédios voltados para a Avenida Roraima – UFSM**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

FERREIRA, B. B. D. **Tipificação de patologias em revestimentos argamassados**. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010. 192 p.

GONÇALVES, T. C. D. **Salt crystallization in plastered or rendered walls**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007. 262 p.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2002. 341 p.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

JOISEL, A. **Fissuras y gretas en morteros y hormigones: suas causas y remedios**. 4.ª ed. Barcelona, Editores Técnicos Associados, 1975. Apud SILVA, F. A. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados. Estudo de caso em edifícios em Florianópolis**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007. 192p.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis**. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

KLEIN, D. L. **Apostila do curso de patologia das construções**. Porto Alegre, 1999 – 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.

MAGALHÃES, T. C. M. **Influência da pigmentação e/ou da quantidade de aditivo hidrorrepelente na patologia de desagregação da argamassa de rejuntamento**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

MARÇAL, R. L. S. B. **Fabricação de vidros especiais a partir de resíduos da indústria de rochas ornamentais**. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2011.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachada de edifícios**: 1999. 457p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

MELLO, R. M. **Utilização do resíduo proveniente do acabamento e manufatura de mármore e granitos como matéria prima em cerâmica vermelha**. IPEN-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

Muller, S. R. **Histórico do campus e as patologias das fachadas dos prédios voltados para a Avenida Roraima – UFSM**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

NEVILLE. A.M. (1997). **Propriedades do concreto**. Trad. de Salvador E. Giammusso. 2ª ed. São Paulo, PINI.

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, T. M.; MITIDIERI FILHO, C. V. **Estanqueidade de fachadas à água de chuva**. Revista de Tecnologia das Construções – Técnica. n106, janeiro de 2005. Editora Pini. São Paulo.

PEREIRA JR., S. A. **Procedimento executivo de revestimento externo em argamassa**. Dissertação de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração na aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. 107 p.

POLITO, G. **Principais sistemas de pinturas e suas patologias**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006. 66 p.

QUERUZ, F. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federam de Santa Maria , Santa Maria, 2007. 173 p.

REVISTA SHOWROOM. **Guia geral de cerâmica e assentamento 2001**. Edição especial, 53. São Paulo, abr. 2001. 80p.

RODRIGUES, D. N. **Influência da adição de resíduos de mármore e granito em compósitos de matriz polimérica reforçadas com fibra de coco**. Tese (Mestrado) em Engenharia de Processos, Universidade Federal do Pará, Pará, 2016.

ROSCOE, M. T. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

SAAD, D. **Introdução a bioterização do patrimônio cultural**. Curso de especialização em Conservação e Restauração do Patrimônio Cultural. Santa Maria: UFSM/CECREPAC, 2003. [Apresentação].

SANTOS, S. S. dos. **Patologia das construções**. Artigo técnico. Curitiba: IPOG – Instituto de Pós Graduação e Graduação, 2013. 14 p.

SHIRAKAWA, M. A.; MONTEIRO, A.B.B.; SELMO, S. M. S.; CINCOTTO, M.A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. 1995... Goiânia. p 402 – 410.

SILVA, F. A. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados. Estudo de caso em edifícios em Florianópolis**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007. 192p.

SILVA, F. H. **Bioterização de tintas látex e sem biocida, expostas ao meio ambiente externo e experimento acelerado**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. 158 p.

SILVA, J. M.; ABRANTES, V. **Patologias em paredes de alvenaria: causas e soluções**. In: Seminário sobre Paredes de Alvenaria – Inovação e possibilidades atuais. Universidade do Minho. Lisboa. 2007.

SILVA, J. S. G., FORTES, A. S. **Fissuração nas argamassas de revestimento em fachadas**. Artigo técnico. Salvador: UCSAL – Universidade Católica do Salvador, 2008. 13p.

SOUZA, G.F. **Eflorescências nas argamassas de revestimento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, II, 1997, Salvador. Anais... Salvador: CETA/ANTAC, 1997.

SZLAK, B.; TANIGUTI, E.; NAKAKURA, E.; MOTA, E.; BOTTURA, E.; FRIGIERI, E. **Manual de revestimentos de argamassa**. São Paulo: ABCP, 2002.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. Editora Pini. São Paulo. 1989.

TILE COUNCIL OF AMERICAN (TCA). **Handbook for ceramic tile installation**. Anderson: TCA, 2002.

UEMOTO, K. L. **Patologia: danos causados por eflorescências**. In: Tecnologia de Edificações. São Paulo: Ed. Pini. 1988. p 561 – 564.

UEMOTO, K. L. **Tintas na construção civil**. In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. ISAIA, G.C. (Organizador/Editor). São Paulo: IBRACON, 2007 p 1465 – 1504.

VEIGA, M. R. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS – V, 2003, São Paulo. Anais. São Paulo: EPUSP – PCC/ ANTAC, p. 63 – 93.

VERÇOSA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre, Ed. Sagra, 1991.