

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
REVESTIMENTO DE FACHADA EM BRASÍLIA –  
SISTEMATIZAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE CASOS**

**GISELLE REIS ANTUNES**

**ORIENTADOR: ELTON BAUER**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO: E.DM - 001 A/10  
BRASÍLIA/DF: MARÇO – 2010**


**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
REVESTIMENTOS DE FACHADA EM BRASÍLIA –  
SISTEMATIZAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE CASOS**

**GISELLE REIS ANTUNES**

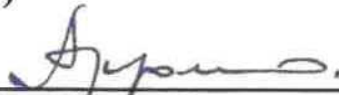
**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.**

**APROVADA POR:**



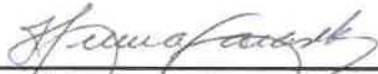
---

**Prof. Elton Bauer, DSc (ENC-UnB)  
(Orientador)**



---

**Prof. Antônio Alberto Nepomuceno, PhD (ENC-UnB)  
(Examinador Interno)**



---

**Prof. Helena Carasek, DSc (UFG)  
(Examinador Externo)**

**BRASÍLIA/DF, 26 DE MARÇO DE 2010**

## FICHA CATALOGRÁFICA

ANTUNES, GISELLE REIS

Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília –  
Sistematização da Incidência de Casos [Distrito Federal] 2010.

xvii, 178p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2010).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de  
Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Manifestações patológicas

2. Revestimento de fachada

3. Sistematização de incidência

4. Diagnóstico.

ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANTUNES, G. R. (2010). Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-001A/10, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Giselle Reis Antunes.

TÍTULO: Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos.

GRAU: Mestre

ANO: 2010

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.



Giselle Reis Antunes

SQN 306, Bloco F, Aptº 301, Asa Norte.

70745-060 Brasília – DF – Brasil.

“Não é o desafio com que nos deparamos que determina quem somos e o que estamos nos tornando, mas a maneira com que respondemos a este desafio. Somos combatentes, idealistas, mas plenamente conscientes. Porque o ter consciência não nos obriga a ter teoria sobre as coisas: só nos obriga a sermos conscientes. Problemas para vencer, liberdade para provar. E quando acreditamos nos nossos sonhos, nada é por acaso.”

(Henfil)

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente quero externar o quão gratificante é concluir um trabalho deste valor, após anos de estudos, abdições e saudades.

Quero expressar meu sincero reconhecimento ao Professor Elton Bauer pela competente e valiosa orientação, por suas críticas e elogios, pela troca de experiências e conhecimentos, fundamentais para o êxito deste trabalho.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB - PECC/UnB, pelo apoio e pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

Aos colegas pelo saudável convívio, amizade e pela força em momentos difíceis, em especial à Hileana, João Paulo, Alber, Suelen, Fábio e Galileu.

Aos funcionários da Biblioteca Central e do SG12, em especial Eva, secretária do PECC-UnB pelo atendimento das necessidades surgidas no decorrer dos anos de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro. Ao Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM/UnB pela disponibilização do acervo e equipamentos úteis para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT/UnB por apoiar estudos e pesquisas desenvolvidas no LEM.

Aos meus pais, José Gilberto e Rizêlda Maria, e às minhas irmãs, Bruna e Grazielle, que mesmo distante durante estes anos não hesitaram em me dar suporte e confiança em todos os momentos ajudando-me a concluir este trabalho.

Ao meu namorado Carlos Eduardo, pela paciência, confiança, e apoio emocional dispensados.

A todos, que direta ou indiretamente colaboraram na realização desta dissertação e que deixaram de ser mencionados.

Finalmente a Deus, por estar sempre comigo e me fazer permanecer firme nesta árdua jornada.

Dedicado aos meus pais, Gilberto e  
Rizêlda e às minhas irmãs, Bruna e  
Grazielle, pela confiança depositada e  
estímulo durante minha formação pessoal  
e profissional; meus exemplos de vida,  
fontes amor e bons ensinamentos.

## **RESUMO**

### **ESTUDO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS DE FACHADA EM BRASÍLIA – SISTEMATIZAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE CASOS**

**Autor: Giselle Reis Antunes**

**Orientador: Elton Bauer**

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, março de 2010**

Atualmente a indústria da construção civil, nos cenários nacional e internacional, tem sido marcada pelo uso de novos materiais e desenvolvimento de tecnologias construtivas pouco abordadas cientificamente. No que se refere ao sistema de revestimento de fachada, apesar desta evolução tecnológica em curso, é crescente a incidência de manifestações patológicas com origens diversas.

O presente trabalho busca colaborar para o estudo de manifestações patológicas, através de uma metodologia sistemática e prática que enfatiza a importância das rotinas de inspeção para um melhor entendimento dos mecanismos de deterioração envolvidos no surgimento dos danos, relacionando-os à região de maior provável incidência numa fachada. O procedimento permite desta forma a elaboração de diagnósticos mais precisos.

A metodologia utilizada fundamenta-se basicamente em: análise de documentação; inspeção visual; identificação das manifestações patológicas e respectivos mecanismos; mapeamento da fachada; tratamento dos dados recolhidos em campo através da quantificação e classificação das manifestações patológicas em torno de regiões tipo da fachada, previamente definidas; proposição das regiões com maior probabilidade de incidência e, por fim, diagnóstico. A metodologia é aplicada em seis edifícios situados na cidade de Brasília, Distrito Federal, cujos dados e mapeamento foram obtidos durante vistorias e inspeções realizadas junto ao LEM - UnB (Laboratório de Ensaio de Materiais - Universidade de Brasília).

A pesquisa permitiu constatar como manifestações patológicas de maior ocorrência: o descolamento e deslocamento de placas cerâmicas; fissuração; falhas de rejunte; eflorescências e falhas de vedação na interface esquadria/alvenaria. Evidenciaram-se como regiões mais críticas para a incidência destes danos, a região no entorno das aberturas (esquadrias, elementos vazados) e nas paredes contínuas.



## **ABSTRACT**

### **STUDY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN FAÇADE COATING IN BRASÍLIA – SYSTEMATIZATION OF CASES’ OCCURRENCES**

**Author: Giselle Reis Antunes**

**Supervisor: Elton Bauer**

**Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil**

**Brasília, March of 2010**

The construction industry, considering the national and international stage, is currently using new materials and developing new construction technologies, unfortunately without much scientific approach. Despite the technological changes under way, coating system façades show a considerable increase in the frequency of pathologies of different origins.

The present research aims to contribute to the study of pathological manifestations. To achieve this goal, a systematic and practical methodology is presented. Such methodology emphasizes the importance of the inspection routines for a better understanding of the deterioration mechanisms involved in the appearance of damage, relating them to the region of most probable impact in a façade. These procedures allow the development of more accurate diagnoses.

The methodology is based essentially on: documentation analysis; visual inspection; identification of pathological manifestations and respective mechanisms; mapping of the façade; treatment of data collected in the field by the measurement and classification of the pathological manifestations around the typical regions of the facade previously defined; proposition of the region of most likely occurrence and finally the diagnosis. Such methodology is applied in six buildings in the city of Brasilia, Federal District, which data and mapping were obtained during surveys and inspections conducted by LEM - UnB (Laboratory for Testing Materials, University of Brasilia).

The research showed that the most frequent pathological manifestations were: the displacement and detachment of ceramic tiles; cracking; failures of grout; efflorescence and fault sealing in the interface squarely/masonry. The regions around the openings (windows frames, hollow elements) and the continuous walls were the places of most critical incidence of the damages listed before.

# SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 – CONTEXTO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 – OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1 - Objetivo geral .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2 - Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 – CONCEITOS E GENERALIDADES.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 – Desempenho.....</b>	<b>5</b>
2.1.1.1 - Metodologia de avaliação de desempenho .....	5
<b>2.1.2 – Manutenção .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.3 – Durabilidade.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.4 - Vida útil .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.5 – Fatores e mecanismos de degradação .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.6 – Falha, dano e manifestação patológica .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 – SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1 – Definição .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 – Elementos de fachada associados ao sistema de revestimento.....</b>	<b>18</b>
2.2.2.1 – Base ou substrato .....	20
2.2.2.2 – Chapisco .....	22
2.2.2.3 – Emboço, reboco e camada única.....	23
2.2.2.4 – Argamassa colante .....	25
2.2.2.5 – Placas cerâmicas .....	28
2.2.2.6 – Juntas .....	30
2.2.2.7 – Argamassa de rejunte.....	34
2.2.2.8 – Detalhes construtivos.....	36
<b>2.2.3 – Tipos de manifestações patológicas .....</b>	<b>39</b>
2.2.3.1 – Causas associadas aos materiais .....	39
2.2.3.2 – Causas associadas à dosagem ou traço .....	44
2.2.3.3 – Causas na especificação.....	45
2.2.3.4 – causas decorrentes do processo executivo .....	46

2.2.3.5 – causas associadas à ação de fatores externos.....	48
2.2.3.6 – causas vinculadas ao comportamento em uso .....	51
<b>2.2.4 – mecanismos das principais manifestações patológicas em revestimento de fachada.....</b>	<b>52</b>
2.2.4.1 – descolamento .....	52
2.2.4.2 – deslocamento.....	56
2.2.4.3 – fissuras e trincas.....	57
2.2.4.4 – falhas nas juntas .....	63
2.2.4.5 – manchamento .....	67
2.2.4.6 – desagregação.....	71
2.2.4.7 – deterioração de placas cerâmicas.....	72
2.2.4.8 – outras.....	75
<b>2.3 – FERRAMENTAS DE APOIO À INSPEÇÃO E AO DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>77</b>
<b>2.3.1 – Metodologia de avaliação de fachada e diagnóstico das patologias identificadas LEM-UnB .....</b>	<b>77</b>
2.3.1.1 – Visita e coleta de informações preliminares.....	77
2.3.1.2 – Inspeção e diagnóstico.....	78
<b>2.3.2 – Ferramenta de mapeamento da sensibilidade dos revestimentos de fachadas às manifestações patológicas.....</b>	<b>82</b>
<b>2.3.3 – Ferramenta de inspeção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes.....</b>	<b>86</b>
<b>3 – METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>92</b>
<b>3.1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>92</b>
<b>3.2 – COLETA DE DADOS.....</b>	<b>94</b>
<b>3.3 – TRATAMENTO DOS DADOS .....</b>	<b>97</b>
<b>3.4 – DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>98</b>
<b>4 – CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO.....</b>	<b>98</b>
<b>4.1 – CONTEXTO DOS EDIFÍCIOS ESTUDADOS.....</b>	<b>98</b>
<b>4.1.1 – Abordagem histórica das edificações e procedimentos construtivos em Brasília.....</b>	<b>99</b>
<b>4.1.2 – Condições climáticas da região de estudo.....</b>	<b>100</b>
<b>4.2 – COLETA DE DADOS.....</b>	<b>103</b>

<b>4.2.1 – Edifício A .....</b>	<b>103</b>
4.2.1.1 – Dados de identificação.....	103
4.2.1.2 – Orientação das fachadas .....	104
<b>4.2.2 – Edifício B .....</b>	<b>105</b>
4.2.2.1 – Dados de identificação.....	105
4.2.2.2 – Orientação das fachadas .....	106
<b>4.2.3 – Edifício C .....</b>	<b>108</b>
4.2.3.1 – Dados de identificação.....	108
4.2.3.2 – Orientação das fachadas .....	109
<b>4.2.4 – Edifício D .....</b>	<b>110</b>
4.2.4.1 – Dados de identificação.....	110
4.2.4.2 – Orientação das fachadas .....	111
<b>4.2.5 – Edifício E .....</b>	<b>113</b>
4.2.5.1 – Dados de identificação.....	113
4.2.5.2 – Orientação das fachadas .....	114
<b>4.2.6 – Edifício F.....</b>	<b>115</b>
4.2.6.1 – Dados de identificação.....	115
4.2.6.2 – Orientação das fachadas .....	116
<b>5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>117</b>
<b>5.1 – EDIFÍCIO A .....</b>	<b>117</b>
<b>5.2 – EDIFÍCIO B .....</b>	<b>121</b>
<b>5.3 – EDIFÍCIO C .....</b>	<b>125</b>
<b>5.4 – EDIFÍCIO D.....</b>	<b>130</b>
<b>5.5 – EDIFÍCIO E .....</b>	<b>134</b>
<b>5.6 – EDIFÍCIO F .....</b>	<b>138</b>
<b>5.7 – ANÁLISE GLOBAL DOS EDIFÍCIOS INSPECIONADOS .....</b>	<b>143</b>
<b>5.7.1 – Incidência de manifestações patológicas sobre as regiões tipificadas da fachada.....</b>	<b>143</b>
<b>5.7.2 – Abordagem geral da deterioração dos edifícios de estudo.....</b>	<b>144</b>
<b>5.7.3 – Manifestações patológicas associadas a cada região tipificada da fachada.....</b>	<b>146</b>
<b>5.7.4 – Matriz de correlação causas prováveis/manifestação patológica.....</b>	<b>150</b>

<b>6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>154</b>
<b>6.1 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>154</b>
<b>6.2 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>155</b>
<b>6.3 – RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....</b>	<b>156</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>157</b>

## **APÊNDICE**

<b>GUIA TÉCNICO DE IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA.....</b>	<b>167</b>
--	------------

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Aplicação da metodologia de desempenho (Borges, 2008).....	9
Tabela 2.2 – Natureza dos agentes de degradação (ISO 15686-2, 2001).....	14
Tabela 2.3 – Elementos de fachada associados ao sistema de revestimento, composição e principais funções. ....	19
Tabela 2.4 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos para emboço e camada única (adaptada – ABNT NBR 13749, 1996). ....	23
Tabela 2.5 – Fatores que influenciam na trabalhabilidade da argamassa (Sousa, 2005). ...	24
Tabela 2.6 – Limites da resistência de aderência à tração (ra) para emboço e camada única (adaptada - ABNT NBR 13749, 1996). ....	25
Tabela 2.7 – Requisitos de argamassa colante industrializada (ABNT NBR 14081, 2004).	26
Tabela 2.8 – Placas cerâmicas, desempenadeiras e aplicação (ABNT NBR 13755, 1996).	27
Tabela 2.9 – Grupos de absorção de água das placas cerâmicas (ANFACER, 2009).....	29
Tabela 2.10 – Classificação das placas cerâmicas quanto à resistência à abrasão (ANFACER, 2009).....	29
Tabela 2.11 – Classificação e uso da argamassa para rejuntamento (ABNT NBR 14992, 2003).....	34
Tabela 2.12 – Características da argamassa de rejuntamento (ABNT NBR 14992, 2003).	34
Tabela 2.13 – Nível de degradação dos revestimentos de fachada (Gaspar e Brito, 2005).	83
Tabela 2.14 – Classificação das anomalias no RCA (adaptada - Silvestre e Brito, 2008)..	87
Tabela 2.15 – Classificação das prováveis causas das anomalias noRCA (adaptada - Silvestre e Brito, 2008).....	88
Tabela 2.16 – Lista dos métodos de diagnósticos in-situ de RCA (adaptada - Silvestre e Brito, 2008). ....	89
Tabela 2.17 – Lista de técnicas de reparo (rc), preventivas (rp) e trabalhos de manutenção (m) (adaptada - Silvestre e Brito, 2008).....	90
Tabela 3.1 – Ficha modelo de quantificação de manifestações patológicas por prumada de um edifício específico. ....	96
Tabela 5.1 – Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada do edifício A. ....	120
Tabela 5.2 – Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada do edifício B. ....	125
Tabela 5.3 – Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada do edifício C. ....	129
Tabela 5.4 – Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada do edifício D. ....	133
Tabela 5.5 – Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada do edifício E. ....	138

Tabela 5.6 – Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada do edifício F.....	142
Tabela 5.7 – Classificação das prováveis causas das manifestações patológicas em sistemas de revestimento de fachada.....	151
Tabela 5.8 – Matriz de correlação causas prováveis / manifestação patológica. ....	152

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Metodologia de avaliação de desempenho (adaptada: CIBW60, 1982). .....	6
Figura 2.2 – Condições de exposição da fachada (ABCP, 2002).....	7
Figura 2.3 – Conceituação de vida útil das estruturas de concreto (Helene, 1997).....	12
Figura 2.4 – Função de desempenho versus tempo descrevendo a durabilidade de um produto em determinadas condições ambientais (ABNT NBR 15575-1, 2008).13	
Figura 2.5 – Revestimento com camada dupla.....	17
Figura 2.6 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico (CCB, 2009).....	18
Figura 2.7 – Detalhe de curvatura e empenamento. ....	30
Figura 2.8 – Tipos de juntas (adaptado: ABCP, 2002).....	30
Figura 2.9 – Exemplo de fator forma recomendado (2 l de largura x l de profundidade)...	32
Figura 2.10 – Tipos de esforços a que um sistema de revestimento está sujeito (disponível em: < <a href="http://www.ibibrasil.org.br/">http://www.ibibrasil.org.br/</a> >). .....	33
Figura 2.11 – Comportamento na região das juntas mostrando tendência à tração no rejunte (Saraiva, 1998). ....	35
Figura 2.12 – Comportamento na região das juntas mostrando tendência à compressão na região do rejunte (Saraiva, 1998). ....	36
Figura 2.13 – Detalhe construtivo dos peitoris (a) com avanço; (b) sem avanço..... (Maciel et al.,1998). ....	37
Figura 2.14 – Detalhe de pingadeiras (a) de argamassa; (b) de pedra ou cerâmica (Leggerini e Aurich, 2009).....	38
Figura 2.15 – Detalhes de geometria e dimensões de saliências em fachadas e sua influência no escoamento de água (Perez, 1988). ....	38
Figura 2.16 – Ferramentas para execução das quinas e cantos (Leggerini e Aurich, 2009).39	
Figura 2.17 – Detalhe de sarrafeamento precoce (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	48
Figura 2.18 – Manchas de bolor ou mofo na fachada. ....	49
Figura 2.19 – Descolamento localizado do revestimento cerâmico (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	53
Figura 2.20 – Revestimento sujeito a esforço de tração (modificado – Fiorito, 1994). .....	55
Figura 2.21 – Revestimento sujeito a esforço de compressão (modificado – Fiorito, 1994).56	
Figura 2.22 – Deslocamento localizado do emboço (esquerda) e de peças cerâmicas (direita) (LEM- UNB, arquivo fotográfico). ....	57
Figura 2.23 – Detalhes de fissuração (LEM-UNB, arquivo fotográfico).....	58



Figura 2.24 – Fissura de canto em abertura.....	59
Figura 2.25 – Fissura acompanhando o sentido da viga.....	60
Figura 2.26 – Detalhe de fissura de topo.....	61
Figura 2.27 – Detalhes de fissuras mapeadas (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	61
Figura 2.28 – Fissuras horizontais no sistema de revestimento (Thomaz, 1989).....	62
Figura 2.29 – Fissuras verticais (a) entre alvenaria e pilar; (b) no corpo da alvenaria (Thomaz, 1989).....	63
Figura 2.30 – Fissura vertical acompanhando as juntas de assentamento de alvenaria (Thomaz, 1989).....	63
Figura 2.31 – Falha de rejunte (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	64
Figura 2. 32 – Principais tipos de falhas relacionadas à deterioração das juntas (adaptado: Beltrame e Loh, 2009).....	65
Figura 2.33 – Junta de movimentação deteriorada, cujo selante foi empregado numa camada excessivamente fina (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	66
Figura 2.34 – Detalhe de falha na junta estrutural (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	66
Figura 2.35 – Bolor sobre a fachada de um edifício.....	67
Figura 2.36 – Detalhes de eflorescência (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	68
Figura 2.37 – Comunicação dos ambientes interior e exterior através da porosidade aberta e contínua da alvenaria que constitui a parede (Verduch e Solana,1999).....	69
Figura 2.38 – Alvenaria molhada por uma face e seca preferencialmente pela mesma face (Verduch e Solana,1999).....	70
Figura 2.39 – Umedecimento da alvenaria por uma face e secagem preferencialmente pela face oposta (Verduch e Solana,1999).....	71
Figura 2.40 – Detalhes de desagregação (Elton Bauer, arquivo pessoal).....	72
Figura 2.41 – Esquema de gretamento (Thomaz, 2001).....	73
Figura 2.42 – Detalhe de cerâmica gretada (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	74
Figura 2.43 – Detalhe de placa cerâmica rompida (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	75
Figura 2.44 – Descascamento de pintura (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	75
Figura 2.45 – Detalhe de falha de vedação (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	76
Figura 2.46 – Registro fotográfico com visão geral (à esquerda) e visão parcial (à direita).79	
Figura 2.47 – Mapeamento das manifestações patológicas de uma prumada (sem escala). 81	
Figura 2.48 – Visão interna de empolamento da pintura gerada pela infiltração de umidade (LEM- UNB, arquivo fotográfico).....	81
Figura 2.49 – Representação esquemática da fachada (Gaspar e Brito, 2005).....	82

Figura 2.50 – (a) Ocorrência das manifestações patológicas e (b) níveis de degradação abaixo dos elementos de sacada (Gaspar e Brito, 2005).....	83
Figura 2.51 – Mapa probabilístico da ocorrência de manifestações patológicas (Gaspar e Brito, 2005) .....	85
Figura 2.52 – Sensibilidade da fachada a problemas de umidade (à direita, nível de degradação médio de 0 a 4) (Gaspar e Brito, 2005).....	86
Figura 2.53 – Fluxograma de apoio à inspeção (Silvestre e Brito, 2008). .....	86
Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia de estudo utilizada nesta pesquisa.....	93
Figura 3.2 – Representação esquemática das regiões de análise tipo numa fachada (modificado – Gaspar e Brito, 2005).....	95
Figura 4.1 – Mapa de zoneamento bioclimático brasileiro (esquerda) e mapa com destaque à zona 4, na qual se enquadra Brasília (ABNT NBR 15220-3, 2005). .....	101
Figura 4.2 – Gráfico climatológico de insolação de Brasília (INMET, 2010). .....	101
Figura 4.3 – Gráfico climatológico de umidade de Brasília (INMET, 2010). .....	102
Figura 4.4 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício A. ....	104
Figura 4.5 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício A. ....	104
Figura 4.6 – Fotos das fachadas nordeste (esquerda) e noroeste (direita) do edifício A... ..	105
Figura 4.7 – Fotos das fachadas sudoeste (esquerda) e sudeste (direita) do edifício A. ... ..	105
Figura 4.8 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício B. ....	106
Figura 4.9 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício B. ....	107
Figura 4.10 – Fotos das fachadas sudeste (esquerda) e noroeste (direita) do edifício B... ..	107
Figura 4.11 – Fotos da junta estrutural existente entre blocos (esquerda), detalhe do pano de elementos vazados (centro) e empena (direita) do edifício B. ....	107
Figura 4.12 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício C. ....	108
Figura 4.13 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício C.....	109
Figura 4.14 – Fotos das fachadas oeste (esquerda), norte (centro) e leste (direita) do edifício C. ....	109
Figura 4.15 – Fotos representativas da fachada sul do edifício C. ....	110
Figura 4.16 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício D. ....	110
Figura 4.17 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício D. ....	111
Figura 4.18 – Fotos representativas das fachadas do edifício D. ....	112
Figura 4.19 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício E.....	113
Figura 4.20 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício E.....	114
Figura 4.21 – Fotos representativas das fachadas do edifício E.....	114

Figura 4.22 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício F.....	115
Figura 4.23 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício F.....	116
Figura 4.24 – Fotos representativas das fachadas do edifício F.....	116
Figura 5.1 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício A.....	118
Figura 5.2 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada noroeste do edifício A.....	119
Figura 5.3 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudoeste do edifício A.....	119
Figura 5.4 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudeste do edifício A.	119
Figura 5.5 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada nordeste do edifício A.....	119
Figura 5.6 – Falhas de espalhamento do filete de argamassa no tardo da cerâmica.....	120
Figura 5.7 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício B. ....	122
Figura 5.8 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudeste do edifício B.	123
Figura 5.9 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada nordeste do edifício B.	123
Figura 5.10 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada noroeste do edifício B. ....	123
Figura 5.11 – Falha de rejunte no encontro com os elementos vazados. ....	124
Figura 5.12 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício C. ....	126
Figura 5.13 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada norte do edifício C..	127
Figura 5.14 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada oeste do edifício C..	127
Figura 5.15 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sul do edifício C.....	127
Figura 5.16 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada leste do edifício C...	127
Figura 5.17 – Transição entre pavimentos com fissuração (esquerda) e junta estrutural com desplacamento e deterioração do emboço com uso de saibro (direita).....	129
Figura 5.18 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício D.....	131
Figura 5.19 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudeste do edifício D.....	131
Figura 5.20 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada nordeste do edifício D.....	131
Figura 5.21 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada noroeste do edifício D.....	132
Figura 5.22 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudoeste do edifício D.....	132

Figura 5.23 – Descolamento (esquerda) e deslocamento (direita) do edifício D. ....	133
Figura 5.24 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício E.....	135
Figura 5.25 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada leste do edifício E..	135
Figura 5.26 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada norte do edifício E. .	135
Figura 5.27 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada oeste do edifício E. .	136
Figura 5.28 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sul do edifício E.....	136
Figura 5.29 – Falha de vedação no encontro da esquadria com a cerâmica cinza-clara (esquerda) e junta de movimentação deteriorada (direita). ....	137
Figura 5.30 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício F.....	139
Figura 5.31 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada norte do edifício F. .	140
Figura 5.32 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada oeste do edifício F. .	140
Figura 5.33 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sul do edifício F.....	140
Figura 5.34 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada leste do edifício F. .	140
Figura 5.35 – Região com deslocamento.....	142
Figura 5.36 – Mapa de incidência de manifestações patológicas geral dos edifícios estudados. ....	143
Figura 5.37 – Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada dos edifícios estudados. ....	145
Figura 5.38 – Incidência geral de danos em torno de aberturas dos edifícios estudados..	147
Figura 5.39 – Incidência geral de danos em paredes contínuas dos edifícios estudados. .	147
Figura 5.40 – Incidência geral de danos em torno das juntas dos edifícios estudados.....	148
Figura 5.41 – Incidência geral de danos em cantos e extremidades dos edifícios estudados. ....	148
Figura 5.42 – Incidência geral de danos na transição entre pavimentos dos edifícios estudados. ....	149
Figura 5.43 – Incidência geral de danos no topo dos edifícios estudados.....	149
Figura 5.44 – Incidência geral de danos em sacadas dos edifícios estudados.....	150
Figura 5.45 – Incidência geral de danos ao nível do solo dos edifícios estudados. ....	150

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ABCP	- Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	- Argamassa colante
ANFACER	- Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento
ASTM	- American Society for Testing and Materials
c	- Causas prováveis de manifestações patológicas
CIB	- CIB - Conseil International du Bâtiment
EPU	- Expansão por umidade
$f_{(A)}$	- Frequência de ocorrência de um problema A
e	- Espessura
EPUSP	- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LEM	- Laboratório de Ensaio de Materiais
M	- Manifestações patológicas
NBR	- Norma Brasileira
$nd_{(A)}$	- Nível de degradação registrado para um problema A
$P_{(A)}$	- Probabilidade de ocorrência de uma determinada manifestação patológica A
PECC	- Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil
$Pr_{(A)}$	- Peso relativo de um dado problema A
Ra	- Resistência de aderência à tração
RCA	- Revestimento Cerâmico Aderente
RILEM	- Réunion Internationale des Laboratoires D'essais et de Recherche Sur Les Matériaux et les Constructions
$S_{(A)}$	- Sensibilidade da fachada para determinada manifestação patológica A
SBTA	- Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas
SRF	- Sistema de revestimento de fachada
UnB	- Universidade de Brasília
UFG	- Universidade Federal de Goiás
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 – CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil, nos cenários nacional e internacional, atualmente tem sido marcada por um acelerado crescimento, desenvolvimento de técnicas construtivas inovadoras, e pelo uso de novos produtos e materiais. No que se refere ao sistema de revestimento de fachada, são diversas as alternativas de acabamento apresentadas, como pastilhas cerâmicas, argamassas decorativas, pinturas, tijolos aparentes, pedras assentadas e mais modernas como os painéis de vidro e alumínio, entre outros.

No entanto, mesmo com toda essa evolução tecnológica em curso, tem-se verificado a incidência cada vez mais corrente de manifestações patológicas com origens diversas sobre sistemas de revestimento de fachada. Elementos construtivos de grande importância são omitidos, várias etapas são executadas inadequadamente, há omissão ou não seguimento das especificações de projetos de revestimento de fachada, ausência de manutenção.

Com a incidência de problemas patológicos sobre as fachadas, notoriamente sobre aquelas com acabamento cerâmico, o desempenho das mesmas vem sendo alterado, e suas funções básicas como valorização estética e econômica do edifício, melhoria de estanqueidade da vedação, regularização e acabamento final da fachada são comprometidas.

Portanto, é de essencial importância o aprimoramento e criação de ferramentas sistemáticas e práticas de apuração de danos, detecção das causas prováveis, e realização de diagnósticos mais rigorosos para sistemas de revestimento de fachada danificados. Os diagnósticos, inúmeras vezes, são realizados e não compreendidos, pela grande quantidade ou subjetividade de variáveis, conseqüentemente são indicadas prescrições de reparo inadequado ao tipo de dano identificado.

Apesar da carência de sistematização e objetividade nos estudos de manifestações patológicas existem pesquisas de relevante importância, que contribuem cada uma a sua maneira, para a evolução desta área do conhecimento. Neste âmbito, devem-se destacar algumas contribuições de pesquisadores brasileiros como Lichtenstein (1986), Cincotto (1988), Thomaz (1989), Carasek (1996), Sabbatini e Barros (2001), Bauer *et al.* (2005)

entre outros, que promovem o desenvolvimento e melhoria da qualidade dos sistemas construtivos através do estudo de patologias, da introdução e uso de novos conceitos, metodologias e ferramentas de estudo.

Internacionalmente, dentre outros, cabe ressaltar iniciativas desenvolvidas em Portugal como o PATORREB – Grupos de Estudo de Patologias da Construção coordenado pelo Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP e que conta com a participação de sete universidades portuguesas: IST, UNL, FCTUC, UM, UBI, UA e UTAD, que promovem juntas a divulgação do tema patologia da construção. Destacam-se também pesquisas nas pessoas de Silvestre (2008), Brito (2005), Flores-Colen (2002) e Gaspar (2005) com o desenvolvimento de técnicas de inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos em argamassa, ferramentas de quantificação e análise da extensão das anomalias em fachadas, entre outros.

Neste sentido, o presente trabalho insere-se com uma metodologia de inspeção e diagnóstico aprimorada, na tentativa de sistematização de dados e de contribuição para um melhor entendimento dos mecanismos de deterioração em sistemas de revestimento de fachada. A metodologia é aplicada essencialmente sobre edifícios situados na cidade de Brasília, Distrito Federal, cujos dados e mapeamento foram obtidos durante vistorias e inspeções realizadas pelo LEM - UnB (Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília). Fundamenta-se basicamente em: análise de documentação; inspeção visual; identificação das manifestações patológicas e respectivos mecanismos; mapeamento da fachada; tratamento dos dados recolhidos em campo através da quantificação e classificação das manifestações patológicas em torno das regiões tipo de fachada previamente definidas; proposição das regiões com maior probabilidade de incidência e, por fim, diagnóstico.

Esta dissertação dá continuidade à linha de pesquisa referente a “Sistemas Construtivos e Desempenho de Materiais e Componentes”, do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC/UnB), particularmente no tema “Patologias de Revestimentos”. Dentro desta mesma linha de pesquisa, deve-se destacar o mérito de algumas contribuições em trabalhos experimentais como:

- Saraiva (1998) que identificou as tensões de natureza térmica em sistemas de revestimento cerâmico de fachada;
- Oliveira (1999) com a avaliação do comportamento mecânico de sistemas de revestimento à base de argamassa modificados com polímeros;
- Cortez (1999) que analisou a incorporação de fibras sintéticas nas argamassas de revestimento;
- Alves (2002) com o estudo sobre aditivos incorporadores de ar em argamassas;
- Leal (2003) com o estudo de desempenho do chapisco;
- Santos (2003) com critérios de projetabilidade de argamassas industrializadas;
- Do Ó (2004) com o estudo da retenção de água nas argamassas de revestimento;
- Gonçalves (2004) com o estudo de variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos de argamassa;
- Paes (2004) que avaliou o transporte de água em argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação;
- Sousa (2005) que estudou as propriedades da argamassa de revestimento no estado fresco;
- Pereira (2007) com sua contribuição ao estudo da fissuração e o mecanismo de descolamento de revestimentos à base de argamassa;
- Chagas (2009) com o estudo e proposição de um modelo de resistência à fadiga de argamassa de revestimento em estado plano e tridimensional de tensões.

## **1.2 – OBJETIVOS**

### **1.2.1 - Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral sistematizar a abordagem de estudo das manifestações patológicas em sistemas de revestimento de fachada, com ênfase na quantificação da incidência e na gravidade dos danos.

### **1.2.2 - Objetivos específicos**

- ✓ Identificar os principais mecanismos de degradação envolvidos no surgimento de manifestações patológicas em sistema de revestimento de fachada;



- ✓ Catalogar as manifestações patológicas mais correntes, identificando a ocorrência e o grau de incidência das mesmas ao longo da fachada.
- ✓ Aperfeiçoar a ferramenta de apoio à inspeção e diagnóstico de manifestações patológicas incidentes sobre sistemas de revestimento em uso no LEM- UnB (Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília).
- ✓ Diagnosticar as prováveis causas e origens das manifestações patológicas correlacionando-as com a região de ocorrência, adequando a técnica desenvolvida por Gaspar e Brito (2005) ao contexto desta pesquisa.
- ✓ Associar as manifestações patológicas às prováveis causas através de uma matriz de correlação, conforme proposto por Silvestre e Brito (2008).

### **1.3 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

O presente trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma:

Este primeiro capítulo tem como meta a apresentação do tema, destacando a motivação e a importância de que ele seja desenvolvido. Aborda o objetivo geral, bem como os objetivos específicos da pesquisa.

A revisão bibliográfica é abordada no capítulo 2, onde consta a fundamentação teórica com apresentação de conceitos úteis e generalidades, e abordagens sobre o sistema de revestimento de fachada. Este capítulo apresenta tipos de ações sobre a fachada, elementos de fachada associados ao sistema de revestimento, e salienta entre outros assuntos os tipos de manifestações patológicas e seus mecanismos de incidência.

O capítulo 3 aborda especificamente a metodologia proposta e apresentada nesta pesquisa, bem como as atividades realizadas para o alcance dos objetivos da dissertação.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos com a aplicação da metodologia e tratadas às discussões geradas a partir das análises do que foi apresentado.

No último capítulo, são tecidas as conclusões do trabalho, além das considerações finais e as sugestões para a abordagem do tema em pesquisas futuras. E finalmente, após este capítulo, apresenta-se a bibliografia principal da pesquisa e os apêndices.

## **2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 – CONCEITOS E GENERALIDADES**

#### **2.1.1 – Desempenho**

No Brasil, a necessidade de atender a um mercado da construção civil crescente e usuários cada vez mais exigentes, tem despertado o interesse para a criação de meios que garantam qualidade, conforto, manutenibilidade e durabilidade das edificações ao longo de sua vida útil.

Nesse sentido, em maio de 2008, foi publicada a Norma Brasileira de Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos, a NBR 15575, que apresenta recomendações e exigências de grande importância. A NBR 15575-1 (ABNT, 2008) define o desempenho como o “comportamento em uso de um edifício habitacional e dos sistemas que o compõe”.

Entre os principais objetivos da norma de desempenho estão:

- Estabelecimento de requisitos ou patamares mínimos abaixo dos quais as edificações não asseguram condições adequadas de uso;
- Estabelecimento de parâmetros no mercado de forma a reduzir a não conformidade;
- Definir responsabilidades mais claras, determinando quem projeta, especifica, fabrica, fornece, executa, opera e mantém;
- Além de possibilitar alcançar patamares mais diferenciados de desempenho como diferencial de produto.

##### **2.1.1.1 - Metodologia de avaliação de desempenho**

A metodologia de avaliação de desempenho (Figura 2.1), de maneira resumida tem algumas necessidades iniciais, como identificação das exigências dos usuários a serem satisfeitas e das condições de exposição a que estão submetidos os edifícios, seus elementos e componentes. A partir deste ponto definem-se requisitos e critérios a serem

atendidos pelo edifício e suas partes, expressos de forma qualitativa e quantitativa, respectivamente. Por fim, são definidos os métodos de avaliação a serem adotados em cada caso específico.

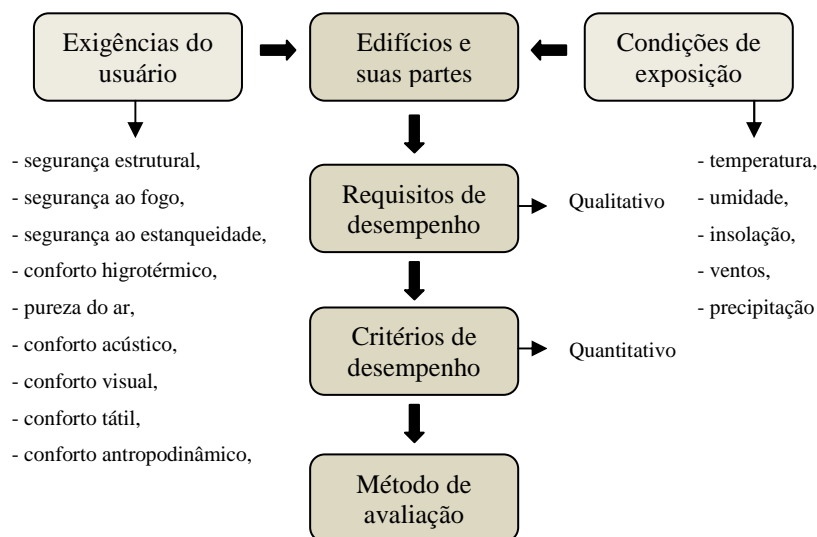


Figura 2.1 – Metodologia de avaliação de desempenho (adaptada: CIBW60, 1982).

A sequência de procedimentos que compõem a metodologia de avaliação de desempenho, de outro modo, será apresentada em seguida.

#### a) Identificação das exigências dos usuários:

No tocante a edificação é primordial conhecer o perfil do usuário a fim de estabelecer suas reais necessidades e expectativas, em outras palavras, reconhecer se suas atividades são relativas ao lazer, à alimentação ou à saúde humana, visto que, em cada situação haverá prioridades específicas.

Os usuários podem ser ocupantes do edifício em si, como pessoal permanente, responsáveis pela limpeza e manutenção ou mesmo visitantes. E ainda existem os usuários de caráter não humano, como animais, vegetação, equipamentos e máquinas.

Para a NBR 15575-1 (ABNT, 2008) as exigências do usuário são de caráter humano, expressas de forma qualitativa em relação ao comportamento em uso da edificação habitacional. Atualmente são 14 (catorze) estas exigências: segurança estrutural, segurança ao fogo, segurança a estanqueidade, conforto higrotérmico, pureza do ar, conforto acústico,

conforto visual, conforto tátil, conforto antropodinâmico, higiene, adaptação ao uso, durabilidade e economia.

b) Identificação das condições de exposição:

Depois de identificado o perfil do usuário a ser satisfeito, devem-se considerar quais condições de exposição são inerentes em cada caso particular. As condições de exposição dependem, além das características do usuário, da tipologia e características do edifício.

Adotando-se o sistema de revestimento de fachada de um edifício, de forma exemplificada, têm-se entre as solicitações mais comuns impostas ao mesmo: variações térmicas, ações de vento, ações de umidade, carregamentos estáticos e dinâmicos, ações de chuvas, deformações diferenciais, ações de peso próprio, abrasão, impactos e umidade do solo (Silva, 2006). Estas solicitações (Figura 2.2) devem ser consideradas pela relevante influência que exercem sobre a durabilidade e a vida útil do sistema em estudo.

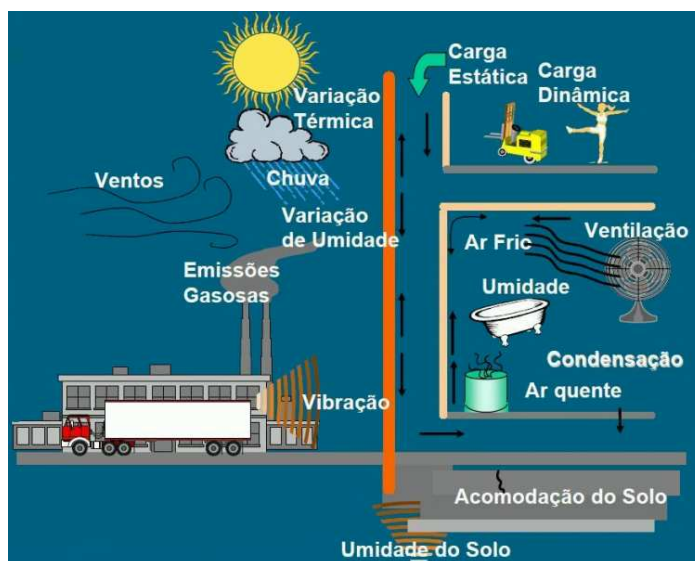


Figura 2.2 – Condições de exposição da fachada (ABCP, 2002).

c) Estabelecimento dos requisitos de desempenho:

Os requisitos de desempenho conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2008) são condições qualitativas que devem ser cumpridas pela habitação, a fim de que sejam satisfeitas as

exigências dos usuários. Estes requisitos são qualidades desejáveis aos elementos e componentes do edifício.

Sposto (2009) cita como exemplo a exigência de segurança ao fogo, situação onde se esperam como requisitos meios que dificultem o princípio e propagação de incêndio, que dificultem a inflamação generalizada e facilitem a fuga.

d) Definição dos critérios componentes:

Os critérios de desempenho nada mais são que a quantificação dos requisitos, valores que devem ser alcançados após as avaliações. Conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2008) é o conjunto de especificações que visam representar tecnicamente as exigências do usuário.

No caso de sistemas hidráulicos prediais, um dos requisitos de quantidade de água, por exemplo, se trata de vazão adequada nos aparelhos sanitários, cujo critério de desempenho neste caso seria a vazão mínima no chuveiro de 0,15 l/s.

e) Definição dos métodos de avaliação:

Os métodos de avaliação para mensuração do desempenho variam conforme o momento e os objetivos das avaliações. Eles vão de análises de projeto e inspeções em protótipo, a cálculos, medições "*in loco*" e ensaios laboratoriais, simulação em computador.

Permanecendo no mesmo exemplo do item anterior, o método de avaliação a fim de atender a vazão exigida pelos aparelhos sanitários, seria medir a vazão no chuveiro e encontrar um resultado dentro dos limites de  $1,13 \pm 0,02$  l/s.

A tabela 2.1 de forma resumida exemplifica a aplicação da metodologia de desempenho.

Tabela 2.1 – Aplicação da metodologia de desempenho (Borges, 2008).

Sistema	Requisito	Critério	Método de Avaliação
Estrutura	Estabilidade e resistência estrutural	Estado limite último	Atendimento às Normas NBR 6118, NBR 6122, NBR 7190, NBR 8800 e outras
Segurança no uso e operação (todos os sistemas)	Segurança das instalações	Segurança na utilização dos sistemas, que não devem apresentar rupturas, partes expostas, cortantes ou perfurantes, deformações ou defeitos, etc.	Análise de projeto ou inspeção em protótipo
Desempenho acústico	Isolação acústica entre ambientes	Isolação ao som aéreo entre paredes internas e externas	Ensaio especificado na NBR 10152

### 2.1.2 – Manutenção

Prevista na NBR 5674 (ABNT, 1999), manutenção é descrita como um “conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários”.

Atividades de manutenção realizadas em conformidade com as reais necessidades apresentadas por um edifício previamente inspecionado tende a fazê-lo voltar para condições semelhantes àquelas de seu estado inicial. Infelizmente, não muito raro esta medida é negligenciada nas edificações, e concomitante existe uma crescente degradação das mesmas. O correto seria encarar a manutenção como uma medida preventiva e não como vemos atualmente, uma medida de reparo para danos pré-existentes.

É interessante lembrar que a manutenção deve ser preconizada ainda em fase de projeto. Prever durante a concepção arquitetônica elementos que facilitem ou permitam o acesso a limpeza, estabelecer as condições e a periodicidade em que devem ser realizadas as manutenções colaboram para garantia a durabilidade esperada para edificação.

Existem diferentes tipos de manutenção a ser consideradas, conforme Resende *et al.*(2001):

- Manutenção planejada preventiva: atividades realizadas durante a vida útil da edificação, de maneira a antecipar-se ao surgimento de defeitos;
- Manutenção planejada corretiva: atividades realizadas para recuperar o desempenho perdido;
- Manutenção não planejada: definida como o conjunto de atividades realizadas para recuperar o desempenho perdido devido a causas externas não previstas

Neste âmbito é oportuno refletir a Lei de Sitter (1984) formulada originalmente para estruturas de concreto, muito embora possa ser compreendida para outros sistemas construtivos, como o revestimento de fachada: “Um dólar bem aplicado na fase de concepção do projeto é equivalente a cinco na fase de manutenção preventiva, vinte e cinco na de manutenção corretiva e a cento e vinte e cinco na reabilitação ou reconstrução”.

### **2.1.3 – Durabilidade**

São diversas as formas de abordagem e conceituação de durabilidade. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), para as estruturas de concreto, durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”.

A ASTM E632-82 (1996), se refere à durabilidade como sendo a capacidade de um produto, componente, montagem ou construção manter-se em serviço ou em utilização, ou de desempenhar as funções para as quais foi projetado durante um determinado período de tempo.

Do mesmo modo, o CIB W80/RILEM 71 – PSL (1983) entende durabilidade como “a capacidade que um produto, componente ou construção possui de manter o seu desempenho acima dos níveis mínimos especificados, de maneira a atender às necessidades dos usuários, em cada situação específica”.

John (1988) apresenta três formas de se medir durabilidade:

- Função onde o desempenho varia no tempo após a instalação do produto;
- Através da vida útil, ou seja, o período de tempo no qual o produto se mantém com o desempenho acima os níveis aceitáveis, havendo manutenção rotineira;
- Ou através de ensaios comparativos, entre a degradação numa amostra em análise por ambiente definido, e um padrão mínimo estabelecido como sendo a degradação de um componente padrão.

A durabilidade e o desempenho das fachadas dependem das decisões tomadas nas diversas etapas do processo de produção dos edifícios, ou seja, no planejamento, projeto, especificação, materiais, execução e utilização (operação e manutenção). O bom andamento desse processo deve levar a uma série de atividades programadas que prolongam sua vida útil a um custo compensador (CONSOLI, 2006).

#### **2.1.4 - Vida útil**

John e Sato (2006) afirmam que a vida útil é uma quantificação da durabilidade em determinadas condições. E a definem como o período durante o qual um produto tem desempenho igual ou superior ao mínimo requerido, ou seja, as necessidades dos usuários são atendidas.

Segundo a NBR 5674 (ABNT, 1999) vida útil consiste no intervalo de tempo ao longo do qual a edificação e suas partes constituintes atendem aos requisitos funcionais para os quais foram projetadas, obedecidos aos planos de operação, uso e manutenção previstos.

Para Flauzino e Uemoto (1981) a vida útil de um edifício é condicionada pela vida útil de seus constituintes devendo-se, portanto ater-se para o grau de importância que cada elemento exerce sobre o sistema considerando variáveis como facilidade e custos atrelados a manutenção e/ou reposição, fatores de degradação e outros mecanismos intervenientes.

Em se tratando da vida útil de estruturas de concreto o Código Modelo MC-90 (CEB-FIP-1991) entende que elas "devem ser projetadas, construídas e operadas de forma tal que, sob as condições ambientais esperadas, elas mantenham sua segurança, funcionalidade e aparência aceitável durante um período de tempo, implícito ou explícito, sem requerer altos custos imprevistos para manutenção e reparo."



Um material atinge o fim de sua vida útil quando as suas propriedades, sob determinadas condições de uso, tiverem se deteriorado de tal forma que a continuação de sua utilização se torna insegura e antieconômica (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Helene (1997) conceitua a vida útil de estruturas de concreto tomando-se como referência o fenômeno de corrosão das armaduras, conforme a figura 2.3.

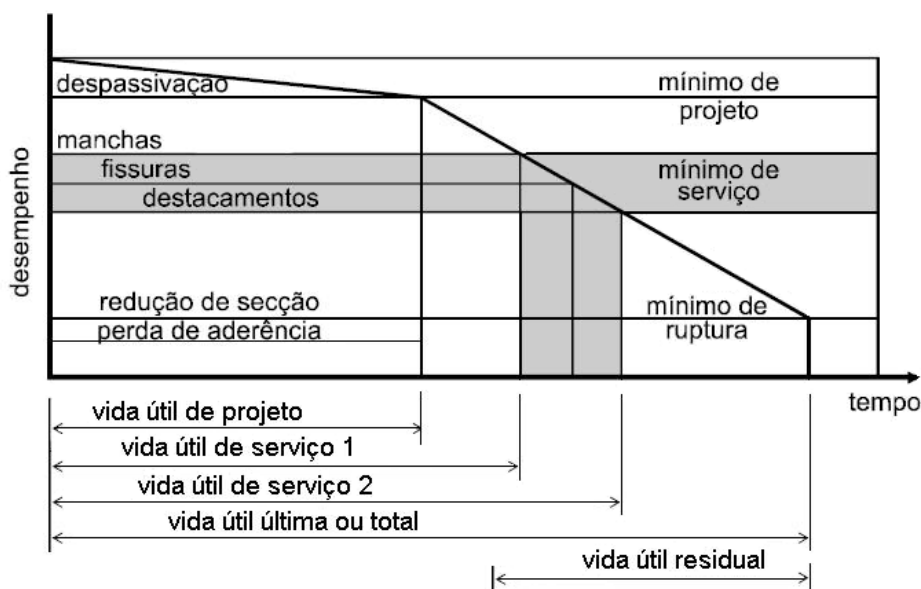


Figura 2.3 – Conceituação de vida útil das estruturas de concreto (Helene, 1997).

A vida útil de projeto se constitui no período de tempo estimado em que o componente, elemento, instalação ou sistema construtivo atende os critérios previstos, no respectivo nível de desempenho informado pelo projetista ou construtor.

Vida útil de serviço ou de utilização consiste no período de tempo contado a partir do término da construção até o aparecimento de uma manifestação patológica considerada grave.

Já vida útil residual corresponde ao período de tempo, após a vida útil de projeto, em que o componente, elemento, instalação ou sistema construtivo vão apresentando decréscimo continuado do desempenho em função do uso e/ou do envelhecimento natural;

A sobrevida é o período de tempo no qual passa a existir a possibilidade de que os níveis de segurança comecem a ser perigosamente afetados.

E por último, vida útil total consiste no período de tempo que vai até a ruptura ou colapso parcial ou total da estrutura.

A figura 2.4 representa o desempenho ao longo do tempo e destaca a vida útil de projeto, a vida residual, a sobrevida e a vida total. Evidencia-se a perda de desempenho com o aumento do tempo de exposição do material aos agentes de degradação. Nela também, mostra-se a influência da manutenção, através das linhas verticais, no sentido de assegurar e prolongar a durabilidade ao sistema de revestimento de fachada ou qualquer demais parte de uma edificação.

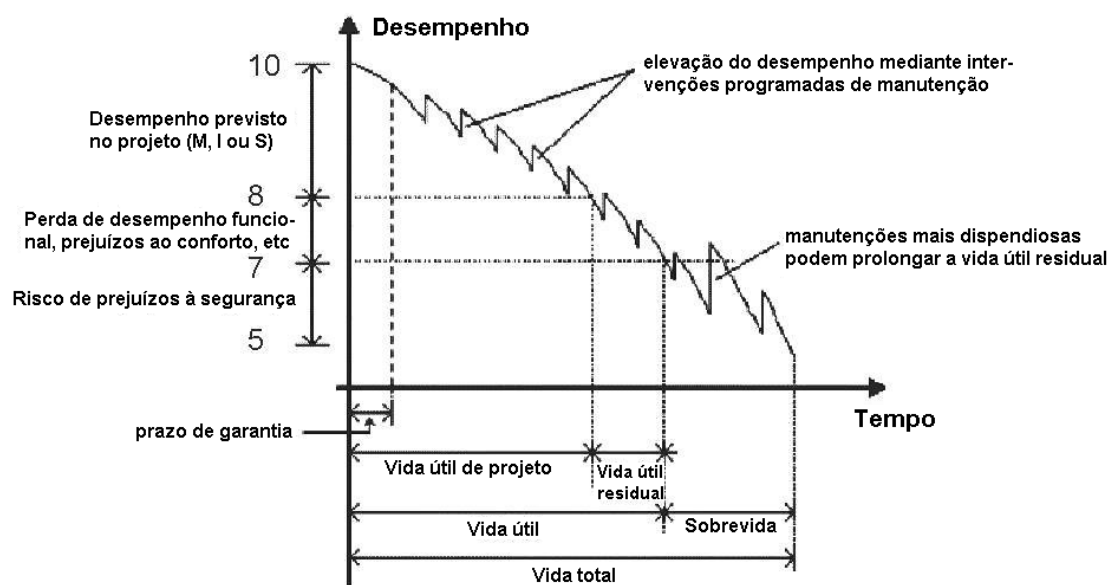


Figura 2.4 – Função de desempenho *versus* tempo descrevendo a durabilidade de um produto em determinadas condições ambientais (ABNT NBR 15575-1, 2008).

### 2.1.5 – Fatores e mecanismos de degradação

A degradação nada mais é, que a perda de capacidade do material responder às exigências, ao longo do tempo, consoante os agentes de deterioração, a natureza do material e, em certos casos, a própria maturação deste (como é o caso dos rebocos ou dos concretos), de acordo com Gaspar e Brito (2005).

As várias formas de manifestações patológicas existentes, não se vinculam a apenas uma causa, normalmente são resultantes da atuação simultânea de diversos fatores promotores de degradação.

Os fatores de degradação são considerados por John e Sato (2006), agentes que atuam sobre os materiais ou componentes de uma construção e provocam alterações nos materiais que diminuem o seu desempenho. Estes agentes podem ser de natureza mecânica, eletromagnética, térmica, química ou biológica (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Natureza dos agentes de degradação (ISO 15686-2, 2001).

<b>Natureza</b>	<b>Classe</b>
Agentes mecânicos	Gravidade
	Esforços e deformações impostas ou restringidas
	Energia cinética
Agentes eletromagnéticos	Vibrações e ruídos
	Radiação
	Eletricidade
	Magnetismo
Agentes térmicos	Níveis extremos ou variações muito rápidas de temperatura
Agentes químicos	Água e solventes
	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
	Ácidos
	Bases
	Sais
Agentes biológicos	Quimicamente neutros
	Vegetais e microrganismos
	Animais

Um exemplo típico da ação conjunta de agentes degradantes é a chuva e vento incidindo sobre a parede externa, a qual pode oferecer condições propícias para desencadear mecanismos de degradação, tais como fissuras de retração, deficiência de aderência, fungos e bolor (SOUZA; ALMEIDA, 2005).

Dos fatores provenientes da atmosfera, a temperatura é um dos agentes mais agressivos aos revestimentos de fachadas de edifícios como descreve Consoli (2006), provocando variações físicas e químicas nos materiais, gerando fissuras, descolamento e rupturas, principalmente nos revestimentos porosos, por absorverem água, umidade e radiação solar, ocasionando grandes tensões nas interfaces dos componentes.

### **2.1.6 – Falha, dano e manifestação patológica**

A falha é um problema decorrente de erros ou de omissões no processo construtivo. Existem falhas oriundas na especificação e outras no processo de execução. As falhas nas especificações podem ser de projeto, de normas ou até mesmo inerentes as propriedades dos materiais. Falhas derivadas do processo de execução ocorrem quando há incompatibilidade entre o que é previsto nas especificações e a forma efetiva de execução, como aplicação de elevada espessura de emboço, omissão de cura, etc.

O dano ocorre a partir do momento em que o sistema sofre uma queda no seu desempenho a nível crítico. É o defeito manifestado, com causas de ordem natural ou intrínseca que afetam a qualidade do sistema, normalmente é uma alteração que diminui o valor do objeto, como por exemplo, o deslocamento de peças cerâmicas numa fachada.

Uma falha não implica necessariamente na origem de um dano. Por vezes, se faz necessário o acúmulo de muitas falhas pra que enfim, se manifeste um determinado dano ao sistema.

Manifestações patológicas são segundo Campante (2001), situações nas quais, o sistema de revestimento, deixa de apresentar o desempenho esperado, em determinado momento da sua vida útil, ou seja, não cumpre suas funções, deixando de atender às necessidades dos usuários. Uma manifestação patológica acontece com a queda de desempenho precocemente, diante de erros no planejamento, especificação, execução e/ou mesmo em uso, que podem ou não ser cumulativos.

Hoje em dias são diversas as formas de abordagem e tratamento das manifestações patológicas incidentes sobre sistemas de revestimento de fachada. Pedro *et al.* (2002) as classifica conforme suas origens em:

a) Congênitas - originárias da fase de projeto, em função da não observância das Normas Técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais, que resultam em falhas no detalhamento e concepção inadequada dos revestimentos.

b) Construtivas - têm origem relacionada à fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra despreparada, produtos não certificados e ausência de metodologia para assentamento das peças.

c) Adquiridas - ocorrem durante a vida útil dos revestimentos, sendo resultado da exposição ao meio em que se inserem, podendo ser naturais, decorrentes da agressividade do meio, ou decorrentes da ação humana, em função de manutenção inadequada ou realização de interferência incorreta nos revestimentos, danificando as camadas e desencadeando um processo patológico.

d) Acidentais – caracterizam-se pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal, recalques e, até mesmo incêndio. Sua ação provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada de base e sobre os rejuntas, quando não atinge até mesmo as peças, provocando movimentações que irão desencadear processos patológicos em cadeia.

A manifestação patológica em revestimento de fachada nunca é atribuída a uma única causa, geralmente é resultante da combinação de inúmeras variáveis como:

- Falhas dos materiais;
- Falhas na especificação;
- Falhas decorrentes do processo executivo;
- Deformação higroscópica;
- Deformação térmica;
- Deformações estruturais;

As manifestações patológicas que surgem nos sistemas de revestimento, apesar de se manifestarem em alguns componentes específicos, podem ou não ser originários nos mesmos. É possível que eles estejam vinculados a danos ou falhas decorrentes de outros elementos da edificação cujo contato íntimo ou não com os mesmos foi capaz de promover a propagação do dano.

## 2.2 – SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA

### 2.2.1 – Definição

A NBR 13755 (ABNT, 1996) define revestimento externo como sendo o conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura-suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação da ação da chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético.

Os revestimentos de argamassa podem se constituir de uma ou duas camadas cujas denominações variam em emboço (massa grossa), reboco (massa fina) ou massa única (emboço paulista). De tal maneira que revestimentos de argamassa de uma camada se dividem em: massa única, quando tiverem acabamento em pintura e emboço quando for base para outros revestimentos. E os revestimentos em duas camadas (Figura 2.5) têm usualmente acabamento em pintura e são constituídos pelo emboço e pelo reboco (Sabbatini,1990).

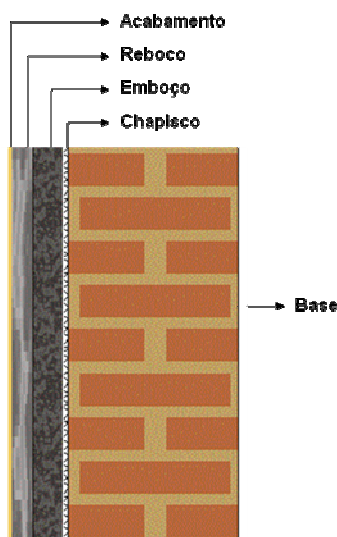


Figura 2.5 – Revestimento com camada dupla.

Embora sejam diversas as alternativas de acabamento para revestimentos em argamassa em fachada, acabamentos cerâmicos e em pintura têm sido adotados preferencialmente no mercado nacional. Observar o esquema das camadas constituintes do revestimento cerâmico na figura 2.6.

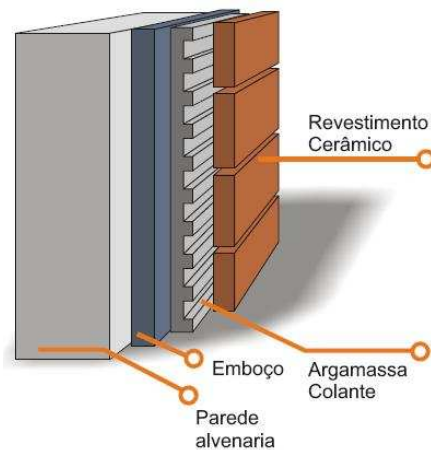


Figura 2.6 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico (CCB, 2009).

O revestimento cerâmico é definido pela NBR 13816 (ABNT, 1997) como sendo o “conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte.

Medeiros e Sabbatini (1999) tratam os revestimentos cerâmicos de fachada aderidos como o conjunto monolítico de camadas (inclusive o emboço) aderidas à base suportante da fachada do edifício (alvenaria ou estrutura), cuja capa exterior é constituída de placas cerâmicas, assentadas e rejuntadas com argamassa ou material adesivo (Figura 2.6).

De acordo com Silva (2006), as funções básicas do revestimento são: a regularização superficial dos fechamentos da base, proteção das alvenarias e estrutura de concreto com vistas à durabilidade, bem como contribuir no desempenho geral dos fechamentos da edificação, podendo variar de caso a caso.

### 2.2.2 – Elementos de fachada associados ao sistema de revestimento

Os revestimentos de fachadas cumprem um papel importante no desempenho global dos edifícios, contribuindo para estanqueidade aos gases e água, para o isolamento termo-acústico das vedações verticais e também para a estética do edifício (SILVA, F. 2006).

A tabela 2.3 compila dados complementares obtidos na NBR 13755 (ABNT, 1996) e em Medeiros e Sabbatini (1999) no que se refere aos elementos de fachada associados ao sistema de revestimento, suas composições e respectivas funções.

Tabela 2.3 – Elementos de fachada associados ao sistema de revestimento, composição e principais funções.

Elemento de Fachada	Composição	Função
Base ou substrato	Constituído por superfície plana de parede Podem ser concreto armado ou alvenaria de blocos cerâmicos, de blocos de concreto, blocos de concreto celular ou blocos sílico-calcários	Depende de sua função na estrutura, vedação ou estrutural É a camada responsável por receber o revestimento de argamassa
Chapisco	Argamassa de cimento, areia e água	Uniformizar a superfície da base quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento
Emboço	Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento	Cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, corrigindo defeitos irregularidades da mesma, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco, ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final
Reboco	Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento	Cobrir o emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final
Argamassa colante	Mistura constituída de aglomerante(s) hidráulico(s), agregado minerais e aditivo(s), que possibilita, quando preparada em obra com a adição exclusiva de água, a formação de uma massa viscosa, plástica e aderente	Confere aderência às placas cerâmicas junto à camada que lhe serve de base
Acabamento decorativo	Tinta ou placa cerâmica e argamassa de rejunte à base de cimento, areia e/ou outros agregados finos, inertes não reativos, com adição de um ou mais aditivos químicos	Contribui para a definição estética do edifício e confere propriedades para a fachada como resistência à penetração de água, isolamento, limpabilidade, etc.
Argamassa de rejunte	Pode ser argamassa, nata de cimento, resina epóxi ou qualquer outro especificado para o devido fim	Composto destinado a preencher as juntas de assentamento de placas cerâmicas.



### 2.2.2.1 – Base ou substrato

Em se considerando a especificação do sistema de revestimento, não se deve limitar exclusivamente ao conhecimento das argamassas a serem utilizadas ou acabamentos, para se obter o desempenho satisfatório do todo. É importante conhecer também que tipo de base ou substrato foi utilizado, bem como sua interação com a estrutura, não somente pelo seu efeito estético, mas no sentido de nortear a escolha do revestimento mais conveniente em cada caso.

Sabendo-se o coeficiente de dilatação dos materiais, por exemplo, é possível estabelecer dosagens de argamassas cujo coeficiente seja o mais compatível ao do substrato em uso, de modo a evitar grandes disparidades de comportamento decorrentes da dilatação, colaborando na prevenção de potenciais problemas.

O sistema de revestimento deve ser compatível com a natureza do substrato, para o desenvolvimento da aderência, pois a rugosidade superficial do mesmo permite um maior intertravamento do revestimento à base, além de aumentar a superfície de contato, principalmente se a superfície for rugosa e tiver poros abertos. Sabe-se que substratos rugosos possuem maior área de contato com a argamassa aplicada e já os substratos lisos devem ter as superfícies preparadas com o intuito de torná-las adequadamente rugosas.

Tem-se uma diversidade grande de alvenarias empregadas nas vedações verticais, sendo as mais correntes, os blocos cerâmicos, os de concreto, concreto celular e os sílico-calcários, e ainda os elementos estruturais em concreto (vigas, lajes e pilares).

As alvenarias de vedação são painéis existentes entre estruturas, executados com blocos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido, com objetivo de fechamento das edificações, e normalmente não são dimensionadas para resistir a ações além de seu próprio peso.

A alvenaria de vedação que é usual nas edificações, segundo Silva, R. *et al.* (2006), apresenta as peculiaridades que seguem:

- Como não se utiliza projeto de alvenaria, as soluções construtivas são improvisadas durante a execução dos serviços;
- A mão-de-obra pouco qualificada executa os serviços com facilidade, mas nem sempre com a qualidade desejada;
- O retrabalho: os tijolos ou blocos são assentados, as paredes são seccionadas para a passagem de instalações e embutimento de caixas e, em seguida, são feitos remendos com a utilização de argamassa para o preenchimento dos vazios;
- O desperdício de materiais: a quebra de tijolos no transporte e na execução, a utilização de marretas para abrir os rasgos nas paredes e a frequência de retirada de caçambas de entulho da obra evidenciam isso;
- Falta de controle na execução: eventuais problemas na execução são detectados somente por ocasião da conferência de prumo do revestimento externo, gerando elevados consumos de argamassa e aumento das ações permanentes atuantes na estrutura.

E ainda acrescenta que, devido à tendência de utilização de estruturas cada vez mais esbeltas, têm-se propiciado o surgimento de algumas patologias nas alvenarias, principalmente causadas por:

- Utilização de balanços com vãos grandes e seções transversais reduzidas;
- Falta ou inadequação de vergas e contravergas nas regiões dos vãos;
- Qualidade deficiente dos materiais utilizados (tijolos, blocos e argamassas) e da execução;
- Problemas da ligação da estrutura com a alvenaria (ligação pilar/parede e encunhamento).

Cabe ressaltar que este quadro não é generalizado, Souza *et al.* (1997) observa que algumas empresas construtoras atualmente, vêm demonstrando um maior entendimento da importância do projeto. Promove-se a integração entre os diversos projetistas e a inserção do projeto voltado para a produção, no qual se consolidam diretrizes e metodologias específicas, para orientar a elaboração do projeto dos diversos subsistemas que fazem parte do edifício.

#### 2.2.2.2 – Chapisco

Leal (2003) alerta que o substrato ou base deve garantir a aderência do revestimento e apresentar características superficiais de planeza e de absorção de água uniformes. Complementarmente afirma que com o aumento da rugosidade da superfície dos substratos, se torna mais difícil a obtenção de uma extensão de aderência, ou seja, diminui-se o contato revestimento-substrato. Portanto para melhorar a resistência de aderência entre o substrato e o revestimento, criar uma superfície com rugosidade apropriada, e regularizar a capacidade de absorção inicial, ele recomenda a realização de um tratamento prévio da base através do chapisco.

O chapisco segundo Leal (2003) é um procedimento de preparação de base e não se constitui de uma camada do revestimento. A espessura média deste tratamento situa-se próxima a 5 mm, dependendo das características granulométricas da areia empregada.

Pelo método convencional, o chapisco é confeccionado com argamassa de traço 1:3, podendo variar a 1:4 (cimento: areia média - grossa, em volume). Deve ser lançado com a colher de pedreiro vigorosamente sobre a base, de modo a garantir rugosidade e deve ser curado antes da execução das camadas de revestimento de forma que a hidratação dos grãos de cimento ocorra.

Há o chapisco rolado que utiliza adesivos poliméricos e argamassa no traço, em volume, de 1:5 (cimento : areia fina), cuja aplicação é feita com um rolo utilizado para pintura acrílica. Neste tipo de chapisco recomenda-se a aplicação do rolo num único sentido, visto que se aplicada em movimentos de “vai e vem” pode abrir e fechar os poros da superfície e sua função principal deixa de ser atendida.

Existe ainda o chapisco industrializado cujo preparo exige somente o acréscimo de água conforme as recomendações indicadas por cada fabricante.

### 2.2.2.3 – Emboço, reboco e camada única

O emboço é a camada de revestimento cuja principal função é o encobrimento e a regularização da superfície. O reboco consiste na camada de acabamento dos revestimentos de argamassa, cuja espessura normalmente não ultrapassa 5 mm. A massa única por sua vez é o revestimento com acabamento em pintura executado em camada única, cujas funções consistem tanto na regularização da base como no acabamento.

A norma NBR 13749 (ABNT, 1996) indica as espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos para cada emboço e camada única conforme a tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos para emboço e camada única (adaptada – ABNT NBR 13749, 1996).

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 0,20$

Ao especificar o emboço é imprescindível que ele seja compatível com o substrato ao qual estará ligado, especialmente nos pontos de vista geométrico, físico e mecânico, conforme Martins, 2008.

A compatibilidade geométrica relaciona-se com a capacidade de aderência do emboço às superfícies do suporte, o preenchimento de juntas e correção de irregularidades da parede. Entre os fatores de que depende uma boa aderência do emboço destacam-se a quantidade de água existente, o teor de finos, o teor de aglomerantes e o coeficiente de absorção do suporte.

A compatibilidade física aponta para a capacidade de o emboço permitir trocas de umidade entre a alvenaria e o exterior e apresentar um coeficiente de condutibilidade térmica idêntica ao do suporte.

A compatibilidade mecânica, por sua vez, é essencial para evitar a transmissão de tensões elevadas entre argamassa e o suporte, capazes de deteriorar o reboco ou o próprio suporte.

A fim de atender satisfatoriamente aos esforços impostos durante o uso e cooperar para durabilidade e qualidade dos revestimentos, as argamassas durante a produção devem apresentar trabalhabilidade adequada, capacidade de absorver deformações, aderência e resistência mecânica.

A trabalhabilidade está relacionada a propriedades como: consistência, plasticidade, retenção e exsudação de água, coesão, adesão e teor de ar incorporado (CINCOTTO *et al*, 1995; CARASEK, 1996; SOUSA, 2005). Sendo que as principais são, a consistência que pode ser entendida com a propriedade pela qual a argamassa tende a resistir às deformações que lhe são impostas. E a plasticidade que é o comportamento que permite à argamassa reter a deformação, ou seja, manter a forma depois de cessado ou diminuído o esforço que gerou a deformação (RILEM, 1982). Seguem na tabela 2.5 os fatores que influenciam na trabalhabilidade conforme Sousa (2005).

Tabela 2.5 – Fatores que influenciam na trabalhabilidade da argamassa (Sousa, 2005).

Fatores internos	Fatores externos
Teor de água muitas vezes definida em função da consistência necessária	Tipo de mistura
Proporção entre aglomerantes e agregados	Tipo de transporte
Natureza e teor dos plastificantes (cal, finos argilosos, etc)	Tipo de aplicação no substrato
Distribuição granulométrica, forma e textura dos grãos do agregado	Operações de sarrafeamento e desempenho
Natureza, teor e princípio ativo dos aditivos	Características da base de aplicação (tipo de preparo, rugosidade, absorção, etc.)

A capacidade de absorver deformações é a propriedade do revestimento de deformar-se sem ruptura ou através de microfissuras imperceptíveis, quando os esforços atuantes ultrapassam o limite de resistência à tração do material (SABBATINI, 1990). É o tipo de característica que os revestimentos de argamassa devem possuir a fim de absorver deformações intrínsecas como retrações, expansões térmicas e higroscópicas, e deformações da base de pequena amplitude, sem apresentar fissuração visível e sem desagregar.

A aderência constitui-se na propriedade do revestimento manter-se fixo ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-revestimento (MACIEL *et al.*, 1998).

O mecanismo de aderência segundo Sabbatini (1990) se desenvolve, principalmente, pela ancoragem da pasta aglomerante nos poros e por efeito de ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície a ser revestida.

Sob o ponto de vista da aderência do sistema de revestimento com relação à base é necessário o atendimento de algumas prescrições normativas, como o limite de resistência de aderência à tração (Tabela 2.6), delimitado pela NBR 13749 (ABNT, 1996).

Tabela 2.6 – Limites da resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única (adaptada - ABNT NBR 13749, 1996).

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

A resistência mecânica segundo Sabbatini (1990) diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna, capaz de suportar ações mecânicas das mais diversas naturezas, e que se traduzem em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento.

#### 2.2.2.4 – Argamassa colante

A argamassa colante é um produto industrializado, à base de cimento, cujo preparo em obra exige apenas a adição de água nas proporções indicadas pelo fabricante. Segundo Sabbatini e Barros (2001) algumas características são exigidas das argamassas colantes, como:

- tempos de vida, de abertura e de ajustabilidade compatíveis com as condições de trabalho;
- plasticidade e coesão tais que permitam o espalhamento e o ajuste dos componentes e evitem o escorregamento dos mesmos da posição ajustada;
- retenção de água compatível com os componentes e com o substrato;
- espessura tal que não introduza tensões significativas nas interfaces de aderência e que permita uma adequada superfície de contato entre si e a superfície do componente (mesmo que esta seja rugosa ou com saliências).

Conforme a NBR 14081 (ABNT, 2004) são quatro os tipos de argamassa colante existentes, que se diferenciam entre si por propriedades como tempo em aberto, resistência de aderência à tração aos 28 dias e deslizamento (Tabela 2.7).

A argamassa tipo AC-I é indicada pra uso em revestimento interno com exceção de saunas, churrasqueiras e estufas. O tipo AC-II é recomendado para pisos e paredes externos com tensões normais de cisalhamento. O tipo AC-III, considerado de alta resistência é indicado para uso em pisos e paredes externos com elevadas tensões de cisalhamento. E o tipo especial AC-IIIE, por sua vez, é indicado para ambientes externos, muito ventilados e com insolação intensa.

Tabela 2.7 – Requisitos de argamassa colante industrializada (ABNT NBR 14081, 2004).

Propriedade	Método de ensaio	Argamassa colante industrializada			
		ACI	ACII	ACIII	E
Tempo em aberto	ABNT NBR 14083	≥ 15 min	≥ 20 min	≥ 20 min	Argamassa do tipo I, II ou III, com tempo em aberto estendido em no mínimo 10 min o especificado nesta tabela
Resistência de aderência à tração aos 28 dias em	ABNT NBR 14084 (cura normal)	≥ 0,5 MPa	≥ 0,5 MPa	≥ 1,0 MPa	
	ABNT NBR 14084 (cura submersa)	≥ 0,5 MPa	≥ 0,5 MPa	≥ 1,0 MPa	
	ABNT NBR 14084 (cura em estufa)	-	≥ 0,5 MPa	≥ 1,0 MPa	
Deslizamento	ABNT NBR 14085	≤ 0,7 mm	≤ 0,7 mm	≤ 0,7 mm	

O tempo em aberto pode ser entendido como o período de tempo disponível para o trabalho e aplicação da argamassa colante sem que a mesma perca a capacidade de aderência em relação ao material de revestimento.

No que se refere ao tipo de colagem da argamassa colante, a NBR 13 755 (ABNT, 1996) associa a área da placa cerâmica a ser assentada ao tipo de desempenadeira utilizada e forma de aplicação, como mostra a tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Placas cerâmicas, desempenadeiras e aplicação (ABNT NBR 13755, 1996).

Placas cerâmicas mm	Formato dos dentes da desempenadeira (mm)	Aplicação
Tardoz com reentrâncias $\leq 1$	Quadrados 8 x 8 x 8	Camada única
Tardoz com reentrâncias $> 1$	Quadrados 6 x 6 x 6	Dupla camada

Para que seja atingindo o desempenho esperado pelos revestimentos cerâmicos de fachada existem algumas recomendações que merecem ser seguidas. A NBR 14081 (ABNT, 2004) recomenda nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, no mínimo, o uso de argamassas adesivas tipo AC-II.

Aconselha-se ainda que o assentamento deva-se dar em pano máximo de 1 m<sup>2</sup> e que os cordões de argamassa colante sejam bem amassados durante o assentamento das placas evitando que a aderência seja prejudicada. Embora todas estas sejam algumas indicações úteis, normalmente elas são negligenciadas e no futuro podem tornar-se focos de manifestações patológicas.

Junginger (2004) cita o exemplo, das fachadas, em que as argamassas AC II indicadas para uso nesses locais podem ser utilizadas para assentamento desde pastilhas de vidro 5x5cm até placas semi-grés 20 cm x 20 cm ou maiores e, além disso, o local de aplicação pode variar desde uma residência de dois pavimentos até a platibanda de uma torre de 70 m de altura. Fica fácil perceber que o nível de solicitação desses dois casos é completamente diferenciado e o uso da mesma argamassa torna-se um equívoco, evidencia-se que apesar dos materiais serem corretos, a prescrição dos mesmos não convém, deixando claro o erro no projeto do revestimento e falhas normativas.



#### 2.2.2.5 – Placas cerâmicas

As placas cerâmicas são componentes cujas duas dimensões (largura e altura) predominam sobre uma terceira (espessura), produzidas a partir de argilas e/ou outras matérias químicas inorgânicas, conformadas através de extrusão (tipo A) ou prensagem (tipo B) e sinterizadas por meio de processo térmico, e utilizadas como componente principal da camada mais externa de revestimentos cerâmicos de pisos e paredes.

Segundo a ANFACER (Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento), o Brasil é hoje, o segundo maior consumidor mundial de revestimentos cerâmicos, quarto maior produtor e exportador e segundo maior exportador para o mercado norte-americano, que é o maior importador do mundo. Isso nos dá a real dimensão do uso deste tipo de revestimento nacionalmente.

Os revestimentos cerâmicos possuem inúmeras vantagens em relação aos demais revestimentos tradicionais – incluindo as pinturas, pedras, tijolos aparentes, argamassas decorativas. Eles se destacam pela maior durabilidade, valorização estética, facilidade de limpeza, possibilidades de composição harmônica, melhoria de estanqueidade da vedação, conforto térmico e acústico da fachada e valorização econômica do empreendimento (MEDEIROS; SABBATINI, 1999).

Alguns aspectos são de fundamental importância para uma especificação correta das placas cerâmicas, como conhecer as propriedades do material, a técnica de assentamento melhor conveniente, condições de uso e do ambiente às quais estarão sujeitas.

Entre as características técnicas mais importantes de se avaliar nas placas cerâmicas para revestimento de fachada estão: absorção de água, expansão por umidade e resistência mecânica da base da placa.

Procedimentos de ensaio que avaliem estas características técnicas podem ser úteis a fim de comprovação se a placa cerâmica é um possível foco de manifestação patológica. Constatar, por exemplo, que determinada placa apresenta elevada absorção de água pode ser indício de sua alta porosidade e paralelamente sua menor resistência. De acordo com a ANFACER deve-se optar por peças cerâmicas com absorção de água inferior a 6 %, no

sentido de atenuar movimentações higroscópicas. Seguem na tabela 2.9, a classificação das placas cerâmicas segundo a absorção de água.

Tabela 2.9 – Grupos de absorção de água das placas cerâmicas (ANFACER, 2009)

Classificação	Absorção	Características
Porcelanatos	0, a 0,5%	Baixa absorção e resistência mecânica alta.
Grês Baixa	0,5 a 3,0%	Absorção e resistência mecânica média.
Semigrês	3,0 a 6,0%	Média absorção e resistência mecânica média.
Semiporoso	6,0 a 10,0%	Média alta absorção e resistência mecânica baixa.
Poroso	10,0 a 20,0%	Alta absorção e resistência mecânica baixa.

O conhecimento de características da superfície tais como facilidade de limpeza, coeficiente de atrito, dureza, resistência à abrasão e resistência ao ataque químico são úteis para especificação correta das placas cerâmicas, a fim de evitar problemas durante o uso. Destaca-se que a resistência à abrasão é a característica considerada com mais frequência durante a especificação de uso de placas cerâmicas em projeto (Tabela 2.10).

Tabela 2.10 – Classificação das placas cerâmicas quanto à resistência à abrasão (ANFACER, 2009)

PEI	Tráfego	Locais de uso recomendável
0	-	Paredes (desaconselhável para piso)
1	Baixo	Pavimentos sobre os quais se caminha com o pé descalço ou sapatos de sola macia, sem pó abrasivo (banheiros residenciais, e dormitórios sem ligação para o exterior)
2	Médio	Pavimentos sobre os quais se caminha de sapato normal (ambientes sem porta para o exterior)
3	Médio-alto	Ambientes onde se caminha com sapatos e pequena quantidade de pó abrasivo (cozinhas, corredores, halls e quintais)
4	Alto	Pavimentos sobre os quais se caminha com algum abrasivo, de modo que as condições são mais severas que aquelas da classe 3 (residências, garagens, lojas, bares, bancos, restaurantes, hospitais, hotéis e escritórios)
5	Altíssimo	Pavimentos sujeitos a circulação severa de pedestre durante períodos longos de tempo (áreas públicas, <i>shopping centers</i> , aeroportos, padarias e <i>fastfoods</i> )

Características dimensionais também merecem atenção especial no momento da especificação. A NBR 13818 (ABNT, 1997) estabelece entre as tolerâncias que as placas

cerâmicas devem obedecer, a ortogonalidade, curvatura, empenamento, espessura e a retitude dos lados.

A curvatura e o empenamento (Figura 2.7) em desconformidade com a norma afetam o desempenho das placas cerâmicas na fachada, devido à possibilidade de haver pontos de falha na aderência placa cerâmica /argamassa de fixação. Estes aspectos exercem ainda maior influência se em peças cerâmicas grandes como porcelanatos, quando comparadas a peças menores como as pastilhas, cuja área de contato é mínima.

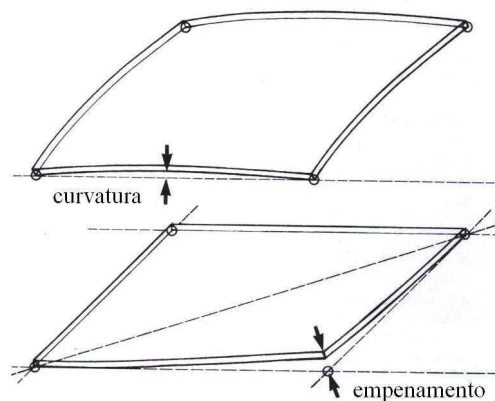


Figura 2.7 – Detalhe de curvatura e empenamento.

#### 2.2.2.6 – Juntas

Para que o revestimento de fachada atinja um desempenho desejado é importante a previsão de juntas, que podem existir em diferentes formas, como juntas de assentamento, juntas de movimentação e dessolidarização, e ainda juntas estruturais, como ilustra a figura 2.8.

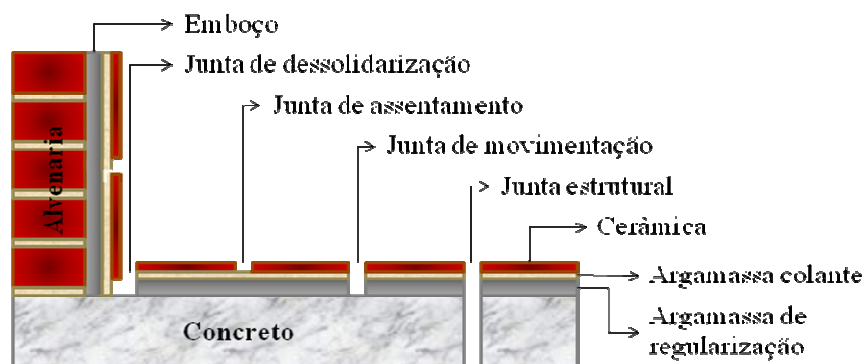


Figura 2.8 – Tipos de juntas (adaptado: ABCP, 2002).

A NBR 14992 (ABNT, 2003) admite a junta de assentamento como o espaço livre entre as placas cerâmicas. As juntas de assentamento entre placas cerâmicas de revestimento devem exercer várias funções descritas a seguir, conforme Junginger e Medeiros, 2001:

- Facilitar o assentamento das placas e seu ajuste na posição final correta;
- Reduzir o módulo de deformação do pano de revestimento, de modo a permitir a absorção de deformações sem que sejam geradas tensões prejudiciais.
- Disfarçar a variação dimensional intrínseca das placas cerâmicas, permitindo o alinhamento perfeito que não seria possível com junta seca;
- Permitir combinações estéticas que valorizem o conjunto final do revestimento;
- Evitar a entrada de água e elementos potencialmente prejudiciais por trás do revestimento, o que diminuiria sua vida útil;
- Facilitar a remoção e troca de placas que porventura necessitem de reparo.

As juntas de movimentação e de dessolidarização são normalmente mais largas do que as de assentamento. Junta de movimentação é conceituada pela NBR 13755 (ABNT, 1996) como o espaço regular cuja função é subdividir o revestimento, para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento. Enquanto que a junta de dessolidarização conforme a mesma norma é o espaço regular cuja função é separar o revestimento com os mesmos fins da de movimentação.

Ribeiro e Barros (2007) exprimem de forma sintética as principais funções das juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios:

- dissipar tensões geradas por movimentações da sua base suporte, sobretudo do comportamento resultante da interação estrutura-vedação;
- dissipar tensões geradas por deformações intrínsecas aos revestimentos, permitindo a dissipação de tensões pela subdivisão de extensas áreas de revestimentos em pequenas áreas, para minimizar as tensões induzidas pela variação térmica ou higroscópica;
- união ou separação de revestimentos e componentes do edifício que têm diferentes coeficientes térmicos;
- permitir mudanças de planos dos revestimentos;

- impedir que a superfície revestida sofra com as discontinuidades do substrato, tais como as juntas estruturais.

Ribeiro e Barros (2007) ainda citam a função de compensar variações dimensionais inevitáveis das placas cerâmicas, esquadrias e variações dimensionais no conjunto dos elementos na construção, situação corrente no Brasil, pela ausência de referências quanto às tolerâncias dos elementos de construção.

A NBR 13755 (ABNT, 1996) recomenda a execução de juntas horizontais de movimentação com espaçamento inferior a 3 m ou a cada pé-direito, e de juntas verticais no máximo a cada 6m. Vale ressaltar que além de atender ao espaçamento entre as juntas, deve ser atendido o fator forma entre 1,0 e 2,0 dependendo da natureza do selante empregado (Figura 2.9), que consiste na relação entre largura e a profundidade da seção formada pelo selante em uma determinada junta.

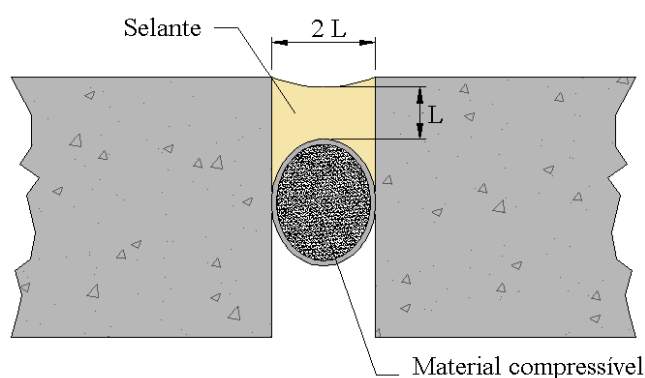


Figura 2.9 – Exemplo de fator forma recomendado ( $2L$  de largura x  $L$  de profundidade).

A fim de calafetar as juntas de movimentação, as aberturas são preenchidas com selantes. Os selantes são composições pastosas à base de materiais poliméricos, sendo que os mais utilizados na construção civil, devido às suas deformações máximas admissíveis e às suas resistências ao intemperismo são os selantes de poliuretano e os de silicone.

Os selantes conforme Beltrame e Loh (2009) devem atender às seguintes funções:

- evitar a passagem de ar, água ou sólidos para o interior da edificação;
- permitir as movimentações de retração causada por hidratação do cimento, expansão, variação térmica, vibração, etc.;

- atenuar a transferência de esforços ou de tensões;
- acomodar pequenas variações dimensionais toleradas em projeto;
- acomodar movimentações entre materiais de diferentes naturezas;
- permitir mudanças de planos de fachada;
- impedir a intrusão de sólidos.

Entre as principais movimentações a ser acomodadas pela existência de juntas no sistema de revestimento de fachada admite-se flexão, torção, tração, cisalhamento e compressão (Figura 2.10).

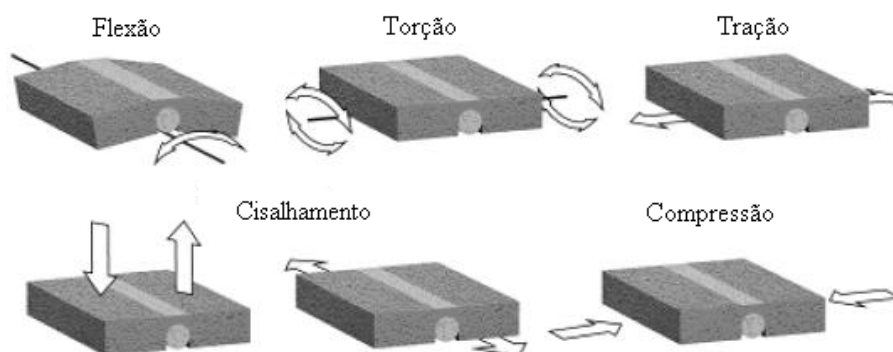


Figura 2.10 – Tipos de esforços a que um sistema de revestimento está sujeito (disponível em: <<http://www.ibibrasil.org.br/>>).

Existe ainda além das juntas citadas anteriormente junta estrutural que é definida pela NBR 13755 (ABNT, 1996) como o espaço regular cuja função é aliviar tensões provocadas pela movimentação da estrutura de concreto. Também conhecida como junta de dilatação, este tipo permite, em havendo a separação física entre duas partes da estrutura, a movimentação de ambas sem transmissão de esforço entre elas.

A não utilização de juntas no sistema de revestimento pode favorecer a formação de fissuras, mas, seus usos indiscriminados, sem atender às especificações e aos intervalos de manutenção previstos, geometria indicada, aumentam a potencialidade de penetração de umidade, e possível surgimento de manifestações patológicas.

### 2.2.2.7 – Argamassa de rejunte

A argamassa de rejunte conforme a NBR 14992 (ABNT, 2003) se constitui numa mistura industrializada de cimento Portland e outros componentes homogêneos e uniformes, para aplicação nas juntas de assentamento de placas cerâmicas.

Junginger e Medeiros (2003) destacam que “o rejunte deve ser capaz de suportar esforços provenientes da movimentação das placas cerâmicas e da base, proporcionando um alívio para o acúmulo natural de tensões sobre o revestimento cerâmico ao longo da vida útil da edificação”.

No que se refere à argamassa de rejuntamento, a NBR 14992 (ABNT, 2003) prevê os tipo I e tipo II, classificadas conforme o local de aplicação (Tabela 2.11), e as características que cada uma delas deve apresentar em determinado período (Tabela 2.12).

Tabela 2.11 – Classificação e uso da argamassa para rejuntamento (ABNT NBR 14992, 2003).

Classificação da Argamassa	Aplicação
Tipo I	Ambientes interno e externo desde que observadas às seguintes condições: trânsito de pedestre não intenso; placas cerâmicas com absorção de água acima de 3%; e ambiente externo – máximo de 20 m <sup>2</sup> piso e 18 m <sup>2</sup> para parede
Tipo II	Todas as condições do tipo I; placas cerâmicas com absorção de água inferior a 3%; ambiente com presença de água estancada

Tabela 2.12 – Características da argamassa de rejuntamento (ABNT NBR 14992, 2003).

Método/Propriedades	Idade de ensaio	Tipo I	Tipo II
Retenção de água (mm)	10 min	≤ 75	≤ 65
Varição dimensional (mm/m)	7 dias	≤   2	≤   2
Resistência à tração na flexão (MPa)	7 dias	≥ 8	≥ 10
Resistência à compressão (MPa)	14 dias	≥ 2	≥ 3
Absorção de água por capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )	28 dias	≤ 0,60	≤ 0,30
Permeabilidade aos 240 minutos (cm <sup>3</sup> )	28 dias	≤ 2,00	≤ 1,00

Para que as juntas de assentamento cumpram adequadamente as funções para as quais foram previstas, a argamassa de rejunte indicada deve ser resiliente, ou seja, capaz de

variar de tamanho quando sob tensão e retornar ao seu estado original sem perda de desempenho (RESENDE; JUNGINGER, 2001).

O desempenho dos revestimentos cerâmicos quando submetidos a gradientes de temperatura é influenciado pelo tipo de argamassa de rejuntamento adotado e pelas dimensões das juntas segundo estudos de Paes e Carasek (2002).

Saraiva (1998) estudou a influência da rigidez de rejunte nas tensões atuante no sistema de revestimento cerâmico e quais as alterações nas tensões deste sistema ao se utilizar um rejunte menos rígido, com um modulo de elasticidade cerca de 14 vezes menor que um rejunte mais rígido.

A pesquisadora então avaliou o mecanismo de expulsão do rejunte por solicitação térmica. Quando utilizou o rejunte mais rígido observou que na região abaixo das juntas se obteve valores positivos nas tensões normais ao longo do eixo Y na interface argamassa colante/peças cerâmicas. Isto pode ser explicado devido à deformabilidade do rejunte ser maior que a das peças cerâmicas. Há, portanto uma tendência à “flambagem” das peças cerâmicas e de “expulsão” do rejunte, pois abaixo do material de rejunte há a camada de argamassa colante, impedindo o deslocamento para baixo. Ao sair do revestimento cerâmico provoca assim tensões de tração nesta região e compressão na interface entre argamassa colante/emboço. Este comportamento está ilustrado na figura 2.11.

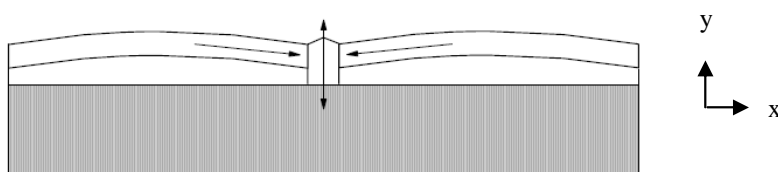


Figura 2.11 - Comportamento na região das juntas mostrando tendência à tração no rejunte (Saraiva, 1998).

Por outro lado, ao utilizar o rejunte mais deformável, ela observou valores das tensões normais negativos na região das juntas de assentamento. Isto se deve ao módulo de elasticidade do rejunte ser ainda menor nesta situação que o módulo de elasticidade das peças cerâmicas, permitindo uma maior deformação do modelo quando submetido ao carregamento térmico, tendendo assim a “empurrar” o rejunte para a camada de argamassa



colante e daí, portanto o surgimento de tensões de compressão nesta região, como apresentado pela figura 2.12.

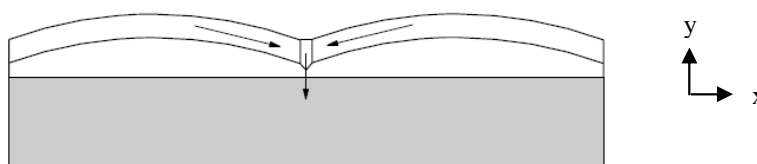


Figura 2.12 - Comportamento na região das juntas mostrando tendência à compressão na região do rejunte (Saraiva, 1998).

Desta forma vale enfatizar que a utilização de rejuntas mais deformáveis é mais indicada quando se pretende manter a estanqueidade e aliviar tensões nas camadas do sistema de revestimento.

Em se tratando de rejuntas deformáveis normalmente estes são mais porosos, logo é importante não exagerar neste aspecto. Porosidade excessiva é um dos principais responsáveis pela formação de eflorescências em rejunte, devido elevada absorção de água eles são mais passíveis ao carregamento de sais livres pelos poros.

#### 2.2.2.8 – Detalhes construtivos

A ausência ou insuficiência de detalhes construtivos nas fachadas de edifícios exercem relevante contribuição no que tange o decréscimo do desempenho das edificações.

##### a) Peitoril

O peitoril é um detalhe contruído para evitar a deposição de poeira e as manchas devidas à umidade. Para tanto, é recomendável que o peitoril ressalte do pano da fachada pelo menos 25 mm, tenha um caimento da ordem de 8% a 10% e que sua face inferior seja provida de pingadeira. Maciel *et al.* (1998) sugerem o uso de peitoril pré-moldado ou de pedras naturais com textura lisa apresentando baixa permeabilidade à água.

O avanço lateral do peitoril para dentro da alvenaria (Figura 2.13a) evita o surgimento de manchas de umidade e de sujeira na fachada (Figura 2.13b), mas a entrada de água lateral

na parede deve ser evitada por sobrelevação ou por um remate com mastique. A porosidade e espessura das pedras e a existência de emendas são outros aspectos que devem ser considerados no detalhamento do peitoril.

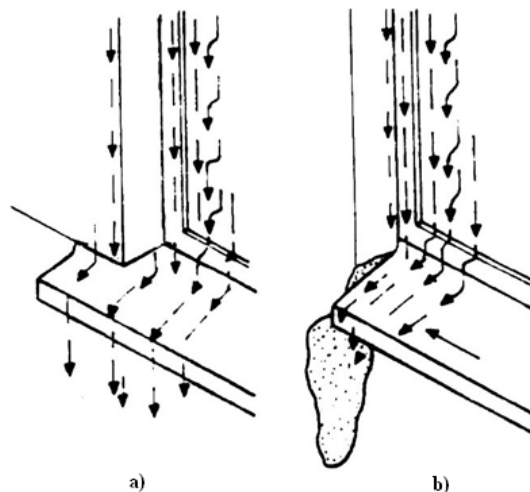


Figura 2.13 – Detalhe construtivo dos peitoris (a) com avanço; (b) sem avanço  
(Maciel *et al.*,1998).

#### b) Pingadeiras

Entende-se por pingadeiras as saliências ou projeções da fachada que podem ser feitas com argamassa, pedras decorativas ou material cerâmico. Elas interceptam a lâmina d'água, resultando num fluxo que se projeta afastado da fachada.

Maciel *et al.* (1998) recomenda que as pingadeiras de argamassa sejam feitas após a conclusão do revestimento, acima da junta de trabalho e devem avançar cerca de 4 cm do plano da fachada. Para os autores, as pingadeiras de pedra ou cerâmica devem ser fixadas ao revestimento já concluído por uma argamassa colante aplicada sobre o revestimento e o tardo do componente cerâmico ou pedra; avançar no mínimo 2 cm da superfície de revestimento acima da junta de trabalho, e devem ter acabamento com argamassa na face superior da faixa com inclinação de 45° (Figura 2.14).

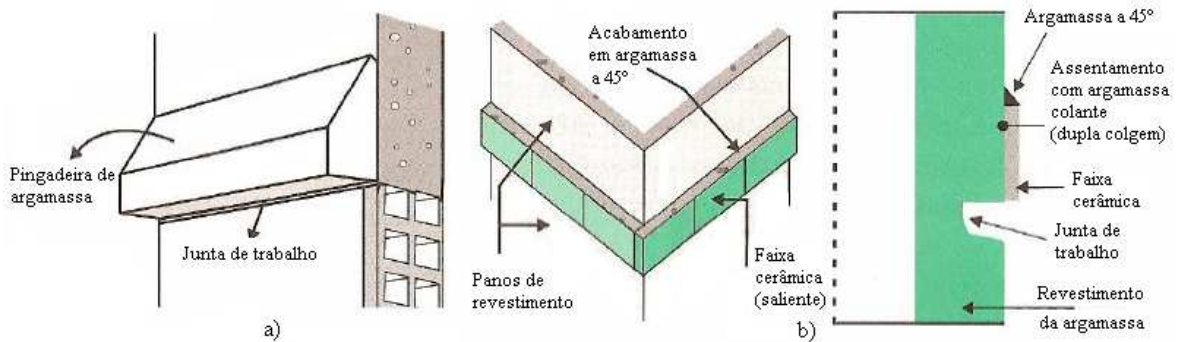


Figura 2.14 – Detalhe de pingadeiras (a) de argamassa; (b) de pedra ou cerâmica (Leggerini e Aurich, 2009).

Atualmente tem-se verificado o uso mais frequente de pingadeiras produzidas em EPS (poliestireno expandido) além dos materiais já citados. A utilização deste material apresenta diversas vantagens: é mais leve, gerando pouco impacto de peso adicional nas estruturas; é de fácil manuseio, permitindo a execução do detalhe em tempo reduzido além de ser resistente às intempéries.

A ausência de pingadeiras retém umidade, fato que pode implicar no surgimento de manchas em fachadas. Perez (1988) no sentido de evitar esse tipo de problema, apresentou sugestões de dimensionamento de alguns detalhes para controle da penetração de água (Figura 2.15).

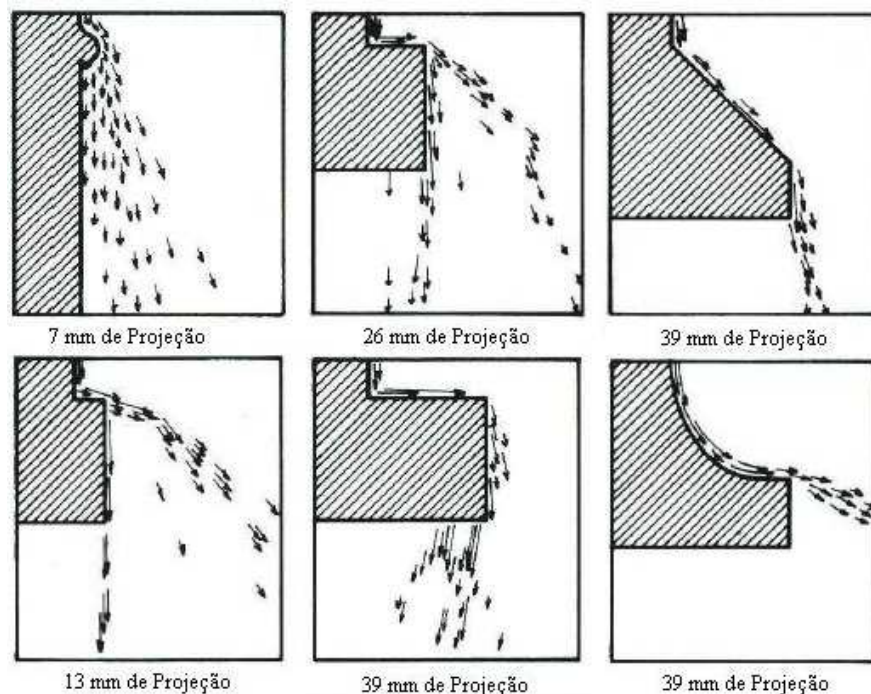


Figura 2.15 – Detalhes de geometria e dimensões de saliências em fachadas e sua influência no escoamento de água (Perez, 1988).

### c) Quinas e cantos

As quinas e os cantos merecem atenção como detalhes construtivos, por se constituírem em regiões frágeis da fachada, ainda mais quando não detalhados ou mal executadas. Segundo Maciel *et al.* (1998), durante a atividade de execução do revestimento da fachada é indicado que o mesmo fique inacabado cerca de 50 mm até a aresta em uma das faces, sendo complementada imediatamente antes do revestimento da outra face. O acabamento superficial do revestimento deve ser feito simultaneamente nos dois lados da quina, e neste ponto aconselha-se o uso de uma desempenadeira com lâmina dobrada à 90° (Figura 2.16).

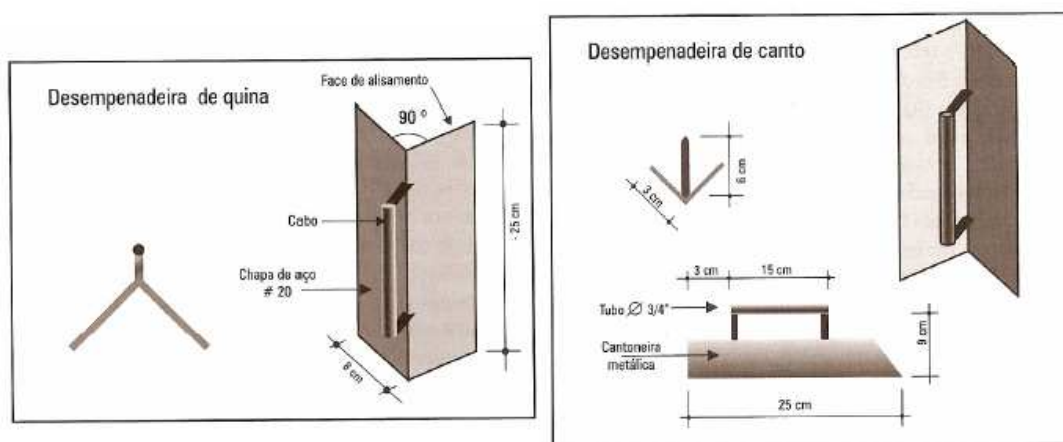


Figura 2.16 – Ferramentas para execução das quinas e cantos (Leggerini e Aurich, 2009).

## 2.2.3 – Tipos de manifestações patológicas

### 2.2.3.1 – Causas associadas aos materiais

Atualmente o mercado tem passado pelo crescente surgimento de novos materiais, no entanto, nem sempre devidamente testados e em conformidade com os requisitos e critérios de desempenho, o que vem proporcionando também o crescimento na ocorrência de patologias. A busca pelo menor preço, a incorreta aplicação e o mau entendimento das características dos materiais também tem sido um forte aliado das manifestações patológicas, já que normalmente o baixo custo do material está ligado à má qualidade, e em campo, pouco se dá importância às exigências contidas na embalagem ou mesmo se atende às especificações de projeto.

Neste contexto é relevante conhecer as propriedades dos materiais, bem como a avaliação de suas características físicas e químicas, a fim de responder de maneira aceitável a suas condições de serviço.

#### a) Aglomerantes

##### - Cimento

O cimento é um material industrializado e normalizado, portanto para seu uso e comercialização há um rigoroso controle de qualidade. Normalmente os problemas associados à sua aplicação decorrem da má especificação, ou seja, recomendação de determinado tipo de cimento incompatível ao tipo de uso.

Bolorino e Cincotto (1997) afirmam que os inconvenientes existentes referentes ao tipo de cimento adotado estão relacionados à finura que interfere nos níveis de retração por secagem. Em seus estudos comprovou-se que durante as primeiras 24 horas a retração é controlada pela retenção de água que, por sua vez, é proporcional ao teor de finos. No entanto, com o aumento do teor de finos, a retração aumenta e existe uma maior tendência à fissuração para maiores idades.

##### - Cal

A cal é um aglomerante inorgânico utilizada complementarmente na argamassa de emboço cuja maior função é melhorar a trabalhabilidade. A produção da cal é feita a partir de rochas calcárias ou dolomíticas, composta basicamente de cálcio e de magnésio.

A cal é comercializada usualmente em duas formas, virgem ou hidratada. Quando a hidratação da cal virgem não se completa durante a extinção em fábrica, pode continuar após o ensacamento, durante o amassamento e após a aplicação da argamassa, sendo o infortúnio deste fato, o aumento de volume que acompanha essa reação.

Cincotto (1988) diz que se utilizada após a fabricação, sem a completa hidratação, o aumento de volume causa danos ao revestimento, mais propriamente na camada de emboço, com efeitos diferentes, quer se trate do óxido de cálcio ou do óxido de magnésio

presentes na cal. Existindo óxido de cálcio livre, na forma de grãos grossos, a expansão pode não ser absorvida pelos vazios da argamassa e o efeito é o de formação de vesículas, cujo aspecto no interior é esbranquiçado, observáveis nos primeiros meses de aplicação o reboco, com aspecto branco.

Ao ser a hidratação do óxido de magnésio, muito mais lenta, ela se dá simultaneamente à carbonatação. O revestimento endurecido empola gradativamente, descolando-se do emboço, é um fenômeno que ocorre de forma localizada.

#### b) Agregado

O agregado é um material natural obtido a partir de fragmentos de rochas, é popularmente conhecido como “pedras” e “areias”. Na composição das argamassas de revestimento emprega-se o tipo agregado miúdo ou areia. Segundo Paes (2004), para classificação das areias empregadas nas argamassas quanto à finura, são adotados os seguintes intervalos de módulo de finura (MF):

- areia grossa:  $MF > 3,0$ ;
- areia média:  $3,0 \geq MF \geq 2,0$ ;
- areia fina:  $MF < 2,0$ ;
- areia muito fina:  $MF < 1,0$ .

Características da areia como a forma e textura do grão, a granulometria, e ainda a distribuição granulométrica exercem relevante influência na trabalhabilidade, aderência e resistência mecânica da argamassa.

Considerando o uso excessivo de areias grossas prejudica-se trabalhabilidade, reduz-se a extensão de aderência e compromete-se o envolvimento do grão pela pasta de cimento. Por outro lado areias finas em abundância aumentam o consumo de água, e podem provocar fissuração na argamassa devido à retração. É válido salientar, portanto que uma distribuição granulométrica adequada dos agregados se faz necessária para impedir que problemas como os citados ocorram.

Em se considerando uma composição granulométrica semelhante, mas fatores morfológicos como forma e textura distintas entre as areias se têm comportamentos diferenciados durante a dosagem da argamassa, destacando o valor de estudos dos agregados para que se obtenham as propriedades desejadas para a argamassa.

Cazal *et al.* (2009) no estudo da influência da forma e textura dos agregados grossos nas propriedades físicas e mecânicas do concreto constataram que a partir de agregados arredondados e mais lisos se obtém concretos mais trabalháveis, visto que as partículas se movimentam sobre as outras com mais facilidade, enquanto que aqueles angulosos ou os laminares produzem concretos de pior qualidade, o que repercute negativamente na resistência e durabilidade.

Em se considerando a textura superficial, quanto mais rugoso é o agregado maior é sua superfície de contato com a pasta de cimento e, portanto maior a aderência, o que reflete em melhoria na resistência à tração, embora seja necessário um maior consumo de água para uma consistência desejada.

Quanto à distribuição granulométrica, quanto mais uniforme ela for, maior é o volume de vazios e, conseqüentemente, maior a porosidade da argamassa resultante. Isto implica que uma distribuição granulométrica contínua é o tipo mais indicado para argamassas mais resistentes.

No que tange a presença de impurezas nas areias, para Cincotto (1988) são particularmente prejudiciais: aglomerados argilosos, pirita, mica, concreções ferruginosas e matéria orgânica. Dos efeitos observáveis, a expansão pode ser resultante da formação de produtos de oxidação da pirita e das concreções ferruginosas – sulfatos e óxidos de ferro hidratados, respectivamente – de hidratação de argilo-minerais montmoriloníticos ou de matéria orgânica.

A matéria orgânica pode ser a causa de formação de vesículas esporádicas, inibe o endurecimento da argamassa, e ainda prejudica a aderência do grão à pasta; no interior de cada vesícula observa-se um ponto escuro. A desagregação do revestimento, por sua vez, tem como causa a presença de torrões argilosos, com excesso de finos na areia ou de mica

em quantidade apreciável. A mica pode também reduzir a aderência do revestimento à base ou de duas camadas entre si (CINCOTTO, 1988).

Não há normalização que estabeleça o índice de contaminação e a distribuição granulométrica adequada para aplicação dos agregados.

### c) Adições e aditivos

Segundo Silva (2006) os aditivos são produtos químicos adicionados em pequenas quantidades à argamassa para modificar determinadas propriedades no estado fresco (consistência, plasticidade, retenção de água, tempo de pega, etc.) que se refletirão no estado endurecido (resistência de aderência à tração, módulo de elasticidade, etc.). Existem várias opções atualmente no mercado, principalmente os incorporadores de ar e os retentores de água.

Os aditivos incorporadores de ar produzem uma quantidade de bolhas de ar, uniformemente dispersas. A presença do ar incorporado na argamassa para Alves (2002) apresenta algumas características:

- Proporciona ganho de plasticidade e aumento na estruturação do sistema, propriedades necessárias para que as argamassas de revestimento se tornem aplicáveis em superfícies e horizontais;
- Permite certa diminuição na quantidade de finos, sem alterar a tendência de segregação e exsudação da argamassa;
- Pelo ganho de trabalhabilidade gerada pelas bolhas de ar, pode-se reduzir a quantidade de água;
- Gera diminuição na densidade de massa das argamassas, pela formação no interior de micro bolhas de ar, fato que provoca facilidade no manuseio.

O uso indiscriminado do aditivo incorporador de ar pode não ser de todo benéfico, acima de certo valor o teor de ar pode produzir efeito contrário ao esperado. Alves (2002) encontrou uma redução de até 55% no valor de aderência à tração, com o aumento do teor de ar em argamassas de revestimento. O pesquisador afirma que pode haver diminuição na resistência mecânica do material, com a introdução de micro-bolhas de ar na matriz cimentícia, caso não haja uma também redução na quantidade de água, embora não haja consenso entre os pesquisadores da área.



Aditivos retentores de água são polímeros geralmente empregados na forma de pó, que como o próprio nome diz, servem para impedir a perda de água pela argamassa. O efeito do aditivo retentor é maior quanto maior o seu teor e sua massa molar.

A retenção de água corresponde à propriedade que confere à argamassa a capacidade de essa não alterar a trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um período de tempo quando sujeita a solicitações que provoquem perda de água, seja por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação (Bauer, 2005).

Do Ó (2004) em seu estudo constatou que o uso de aditivos retentores de água atua significativamente na redução da tensão superficial e no aumento da viscosidade da água, além de aumentar a incorporação de ar, fato que influi na trabalhabilidade. Diante do exposto, é válido ressaltar que o emprego destes aditivos e seu proporcionamento devem ser realizados com rigor técnico.

#### 2.2.3.2 – Causas associadas à dosagem ou traço

Carasek e Bauer (1997) citam entre os principais problemas decorrentes do traço, a dosagem de argamassas ricas (1:2-3), que normalmente são rígidas e passíveis à retração plástica, podendo implicar em manifestações patológicas comuns como fissuração e descolamento. E ainda mencionam a dosagem de argamassa pobre (1:10-15), que como falha, apresenta a baixa capacidade de aglutinação, que está entre os responsáveis pela pulverulência.

Uma dosagem inadequada dos agregados desconsidera a influência da granulometria, textura e forma dos grãos e distribuição granulométrica melhores para o uso desejado. A dosagem de cimento empregada nas argamassas deve ser apropriada às situações particulares de aplicação. O proporcionamento adequado do teor de cimento proporciona melhorias significativas na resistência mecânica e na capacidade de aderência ao suporte. No entanto, uma dosagem desajustada deste constituinte poderá ter fortes implicações em características relacionadas com a durabilidade dos revestimentos como retração plástica, permeabilidade ao vapor de água, entre outras.

Cincotto (1988) enfatiza que, em relação às dosagens das argamassas, devem-se relevar os seguintes requisitos no estado fresco: consistência, coesão, plasticidade, retenção de água, trabalhabilidade e adesão inicial e no estado endurecido: resistência mecânica, ao fogo, ao ataque de sulfatos, ao congelamento, deformabilidade, retração, aderência, permeabilidade, condutibilidade térmica e durabilidade.

### 2.2.3.3 – Causas na especificação

As manifestações patológicas decorrentes da má especificação resultam normalmente de omissões ou de equívocos. No caso de omissão que é o tipo mais freqüente de falha, a opção que resta a quem executa é o improvisado, que pode ou não convir ao tipo de situação existente.

São comuns na especificação, a ausência de projeto de elementos construtivos como pingadeiras, vergas, contra-vergas; não previsão da disposição de telas metálicas, ausência de diagramação e desrespeito ao fator forma das juntas de movimentação; falta de especificação de materiais e caracterização das argamassas; ausência de indicação dos procedimentos de execução do revestimento de fachada.

É usual também a existência de grandes extensões de painéis de fachada sem a previsão de juntas de movimentação.

Buscando-se diminuir a incidência de manifestações patológicas decorrentes da falha na especificação, alguns autores como Medeiros e Sabbatini (1999) ressaltam a necessidade de elaboração do projeto de revestimento de fachada, segundo as diretrizes apresentadas:

- definição do tipo de revestimento;
- especificação do padrão e qualidade dos serviços;
- especificação da argamassa;
- especificação das técnicas mais adequadas para a execução;
- definição dos detalhes arquitetônicos e construtivos;
- especificação das condições para o início dos serviços e para o seu recebimento.

#### 2.2.3.4 – Causas decorrentes do processo executivo

Falhas durante a execução estão relacionadas à falta de qualificação adequada de quem executa o serviço, soluções improvisadas, atmosfera de trabalho desconfortável, pouca afinidade entre o grupo, barreiras entre a técnica e a administração, falta de tempo suficiente para a conclusão do serviço, gerenciamento deficiente e ausência de uma clara descrição do serviço a ser realizado. Têm-se também os prazos a serem obedecidos para execução e controle do revestimento de fachada que nem sempre são seguidos à risca.

Durante a execução da argamassa, as falhas muitas vezes são dependentes da variável mão-de-obra. Em se tratando da projeção da argamassa sobre base, caso a aplicação seja manual, a influência da habilidade do operário é muito grande, sendo susceptível a falhas pela não uniformidade da energia de aplicação empregada e conseqüentemente pela aderência incompleta à base.

A ocorrência de problemas patológicos dados a elevada espessura dos revestimentos de fachada em edifícios, geralmente decorrem da perda de prumada. Revestimentos com espessuras excessivas podem apresentar fissuras, principalmente devido à elevada retração e pela aderência comprometida.

Nos casos, onde não é possível atender às espessuras admissíveis do revestimento, devem ser tomados cuidados especiais como inserir na argamassa de regularização ou emboço a tela metálica, recomendado como reforço em argamassas, pela NBR 13755 (ABNT, 1996), para inibir a retração da argamassa, e desta forma garantir a sua aderência.

No assentamento de placas cerâmicas são comuns o esmagamento e o espalhamento inadequado da argamassa colante, embora no item 5.4.6, a NBR 13755 (ABNT, 1996) exija que os cordões ou filetes sejam “totalmente desfeitos formando uma camada uniforme, configurando-se impregnação total do tardo por parte da argamassa colante”. Deficiências no assentamento podem ter origem na formação de filme por secagem do filete, no não atendimento ao tempo em aberto, na desconformidade da argamassa colante e no manuseio inadequado dos materiais.

Em se tratando da inobservância do tempo de preparo e aplicação da argamassa, para Silva (2006) a argamassa pode ter comprometidos sua trabalhabilidade e desempenho caso ela esteja dormente, ou seja, a mistura passa por um longo período em repouso antes de ser utilizada, sendo necessária a adição de mais água e nova mistura pelo oficial pedreiro para ser aplicada.

Nas argamassas colantes a extrapolação do tempo em aberto se constitui num elemento chave para a redução da resistência de aderência do sistema de revestimento cerâmico. O tempo em aberto, expresso em minutos, define o tempo que a argamassa mantém suas propriedades de resistência a aderência mínima exigidas em projeto, após espalhada no substrato e antes da aplicação da placa cerâmica.

A influência do tempo em aberto ocorre por conta da perda de água, tanto por sucção para a base, como por evaporação, portanto pode variar de acordo com as condições climáticas (temperatura, umidade do ar, vento incidente) no momento do espalhamento da argamassa adesiva, quantidade de aditivos retentores de água e incorporador de ar. Devido a estas influências, recomenda-se que sejam realizados testes de aderência e obtenção de resultados práticos com o tempo em aberto de cada obra específica, independente do descrito nas embalagens dos produtos. Este tempo pode ser avaliado em obra na situação mais desfavorável de insolação e vento, sobre a superfície mais absorvente da fachada.

O desempenho e o sarrafeamento precoce ou excessivo (Figura 2.17), conforme Leal (2003), também é uma falha de execução muito prejudicial, visto que além de estimular a exsudação no revestimento, gerando tensões capilares, formam uma camada externa de elevada relação água/cimento, porosa, de baixa resistência e susceptível à ocorrência de fissurações.



Figura 2.17 – Detalhe de sarrafeamento precoce (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

Cronogramas reduzidos para a conclusão do edifício, dada a vontade do construtor em caracterizar e valorizar o imóvel mais rapidamente possível, o custo dos assentadores por produção ( $m^2$  aplicado), também se constituem num relevante empecilho que compromete a qualidade, graças e elevada velocidade que é imposta no processo de execução dos revestimentos.

Neste contexto, a pintura prematura se constitui num dos erros mais correntes. Conforme Carasek e Bauer (1997), por formar uma película impermeável, no caso de tintas óleo ou epóxi, a pintura precoce impede a evaporação da umidade residual da argamassa, levando a formação de vapores com pressão interna, que podem forçar o descolamento ou o empolamento do revestimento, além disso, impede a carbonatação da cal, promovendo a pulverulência.

#### 2.2.3.5 – Causas associadas à ação de fatores externos

As fachadas por estarem mais expostas ao meio ambiente e as ações atmosféricas têm uma probabilidade maior de deterioração durante sua vida, prejudicando a vida útil da edificação. Entre os fatores externos com maior influência na deterioração da fachada estão a umidade e as variações climáticas como choque térmico, ação do vento e chuva.

## a) Umidade

A umidade presente nas fachadas pode ter origem na fase de execução da obra ou durante o uso do edifício e se manifesta de diversas formas como através de manchas e bolhas de umidade (Figura 2.18), corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorações, descolamentos de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentícias, fissuras e mudança de coloração dos revestimentos (BAUER, 1994; SATO *et al.*, 1997).

Conforme Perez (1988), os principais mecanismos responsáveis pela fixação de umidade, são: absorção de umidade de obra; absorção de água por capilaridade; absorção de água por infiltração; absorção de água por condensação; e umidade accidental.



Figura 2.18 – Manchas de bolor ou mofo na fachada.

A umidade de obra é originada nos trabalhos de construção dos edifícios, se mantém durante certo período após o término da obra, diminuindo gradualmente até desaparecer.

A umidade por capilaridade é aquela que surge nos acabamentos de fachadas (especialmente nas constituídas por material poroso) e pisos, e nas partes enterradas da construção como consequência da ascensão da água existente no solo pelas fundações das paredes e pavimentos, decorrentes do nível freático, da infiltração de água da chuva no terreno ou da água lançada.

A umidade por infiltração é proveniente da penetração da água de chuva do exterior para o interior percorrendo a espessura da fachada, podendo chegar a atravessá-la produzindo manchas na face interna. A infiltração é facilitada em função da estrutura porosa do material da fachada e do seu coeficiente de absorção.

Segundo Bauer (1987) a infiltração ou penetração da água através das alvenarias exteriores tem relação direta com a falta de avaliação do grau de exposição da parede ou “agressividade do meio externo” e com erros de concepção da parede (alvenaria) quanto as solicitações a ela impostas. Os peitoris de esquadrias mal executados são exemplo de focos de umidade por infiltração e podem resultar em corrosão das esquadrias e manchamento do revestimento.

A umidade por condensação, conforme Perez (1988) é aquela que aparece na fachada como consequência do vapor d’água que se condensa na superfície, ou no interior dos elementos de construção quando tende atravessá-la para alcançar em algum ponto de seu caminho a temperatura de saturação que está em função da pressão do vapor de água. O caminho de vapor de água que vai desde o ambiente de maior pressão para o de menor, sendo para tanto necessário também a permissividade do vapor de água de materiais construtivos da fachada.

A umidade acidental, por sua vez, é proveniente de vazamentos do sistema de distribuição e/ou coleta de águas da edificação, ou mesmo de eventualidades como vazamento de reservatório enterrado de água (PEREZ, 1988).

No sentido de minimizar a deterioração do revestimento e garantir sua estanqueidade, é aconselhada a prescrição de revestimentos pouco porosos caso haja muita exposição dos mesmos, ou a adoção de barreiras para a penetração de água, como pingadeiras, molduras, cimalthas, peitoris e frisos.

#### b) Fatores atmosféricos

Segundo a ASTM E632-82 (1996) esses são “todos os grupos de fatores associados com o ambiente natural, incluindo radiação, temperatura, chuva e outras formas de água, gelo, degelo, constituintes normais do ar e seus poluentes e vento”.

Variações climáticas se constituem num dos principais fatores de degradação das fachadas, com aspectos como choque térmico, efeitos de vento e chuva de agravantes.

Variações térmicas do ambiente, segundo Lima e Morelli (2003), exercem influência nos processos físicos e químicos de degradação das estruturas de concreto, que por sua vez exercem influência nas fachadas.

Uma das principais alterações físicas provocadas pela temperatura é variação dimensional por dilatação ou contração que é responsável por gerar tensões que levam ao aparecimento de deformações e fissuras no edifício. Neste sentido é importante destacar a potencialidade de grandes painéis de fachada em apresentar fissuras resultantes de movimentações térmicas, e nos alerta à necessidade de conhecer os materiais utilizados durante a execução, sugerir dosagens de argamassa específicas ao tipo de substrato adotado, além da previsão de juntas de dilatação.

Em se tratando de alterações químicas, embora a influência da temperatura tenda a ser ignorada sua influência é extremamente importante, visto que as reações químicas de degradação são aceleradas com o aumento de temperatura. Um aumento de 10°C chega a dobrar a velocidade de uma reação, o que contribui para diminuição na durabilidade do revestimento.

A atuação do choque térmico também é preocupante, Chagas (2009) cita como exemplo o caso de uma fachada aquecida pelo sol seguida de chuva, em havendo ciclos numa determinada quantidade, mesmo que a tensão térmica atuante seja inferior ao seu limite de resistência, o sistema de revestimento pode vir a romper por fadiga.

#### 2.2.3.6 – Causas vinculadas ao comportamento em uso

##### a) Movimentação estrutural

Conforme Sabbatini e Medeiros (1999) os problemas patológicos, especificamente os descolamentos ocorrem com maior intensidade nos primeiros e últimos andares dos



edifícios, nas regiões de deslocamentos estruturais mais intensos (como os balanços, por exemplo) e nas fachadas mais solicitadas por insolação (devido aos choques térmicos).

Eventualmente movimentos estruturais, como recalques diferenciados de fundação podem ocorrer e se manifestar através de fissurações em componentes da fachada e outros elementos do edifício.

#### b) Sobrecarga

O excesso de carga no revestimento das fachadas pode ocorrer devido à instalação não prevista em projeto de telas metálicas de proteção, brise-soleil e toldos, após executados. Pode ainda ser decorrente de carregamento acima dos limites suportados pelo revestimento pela espessura excessiva do emboço, entre outros.

### **2.2.4 – Mecanismos das principais manifestações patológicas em revestimento de fachada**

A manifestação patológica nunca é atribuída a uma única causa, geralmente é resultante da combinação de vários fatores, e pode ser sucedida por uma sobreposição de efeitos que se acumulam até que se manifeste um dano maior. Entre as principais manifestações patológicas em sistemas de revestimento cita-se descolamento e deslocamento de placas cerâmicas, falhas de vedação, fissuração, deterioração das juntas de movimentação e eflorescências.

#### 2.2.4.1 – Descolamento

O descolamento é um problema causado pelo incremento da deficiência na aderência das ligações entre as camadas que constituem o sistema de revestimento. O mesmo ocorre ao longo do tempo e não está associado necessariamente à queda imediata do revestimento ou de placas cerâmicas. Inicia-se com a ruptura na interface entre camadas e com a formação de bolsões que se propagam tornando o sistema de revestimento instável estruturalmente. Este problema se manifesta nas placas cerâmicas (quando percutidas) através de um som cavo (oco), ou ainda nas áreas em que se observa o afastamento físico da camada de acabamento (placas cerâmicas e rejuntas) (Figura 2.19).



Figura 2.19 - Descolamento localizado do revestimento cerâmico (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

Para Sabbatini e Barros (2001) são diversas as causas vinculadas ao descolamento:

- o grau de solitação do revestimento;
- a instabilidade de suporte, dada à acomodação do conjunto da construção, fluência da estrutura de concreto armado, variações higrotérmicas e de temperatura;
- as características das juntas de assentamento e de movimentação;
- a ausência de detalhes construtivos (contravergas, juntas de canto de parede, etc.) e de especificação dos serviços de execução;
- a imperícia ou negligência da mão-de-obra;
- a utilização do adesivo com prazo de validade vencido;
- a fixação dos componentes cerâmicos após o vencimento do tempo de abertura da argamassa colante e a presença de pulverulência ou de materiais deletérios nas superfícies de contato (base-regularização - componente cerâmico), fatores que nem sempre são observados quando da execução do revestimento.

Resende e Junginger (2003) apresentam além dos fatores relacionados ao descolamento já citados anteriormente, o assentamento sem a execução da técnica de dupla colagem; falta de esmagamento dos cordões de argamassa e de percussão nas placas; ocorrências de deformações da base e ocorrência de 'fadiga' nas ligações entre a argamassa de fixação e as placas cerâmicas ocasionadas por choques térmicos.

Para Saraiva (1998) as tensões que atuam sobre os revestimentos podem ser decorrentes das seguintes deformações:

- deformações originadas por variações térmicas;
- retração da argamassa que liga os elementos das alvenarias;
- retração da argamassa utilizada no emboço ou no contrapiso;
- deformação lenta do concreto da estrutura, onde a deformação dos pilares e vigas atua sobre os revestimentos verticais enquanto que a deformação das lajes atua sobre o revestimento dos pisos;
- o recalque das fundações;
- as deformações originadas pela variação da umidade relativa do ar atuando sobre as argamassas endurecidas;
- a dilatação higroscópica dos elementos cerâmicos;
- as deformações originadas pela atuação de cargas acidentais sobre os pisos.

Fiorito (1994) complementarmente cita alguns exemplos de deformações causadas pela diferença de temperatura entre as faces superior e inferior de um piso elevado, entre as faces externa e interna dos edifícios ou, ainda, pelas condições ambientais de temperatura:

- na situação em que a temperatura do ambiente inferior é maior o que a do superior, devido à existência de aquecimento no andar inferior ou ar-condicionado frio no andar superior. Dependendo das condições de contorno (condições de apoio) tem-se compressão no revestimento, no centro da laje, e tração na camada de suporte.
- em fachadas, quando a temperatura externa é inferior à temperatura do ambiente interno (época de frio), ou quando após longo período de calor a temperatura cai bruscamente externa ou internamente, tem-se compressão no revestimento;
- em pisos industriais, onde, por questão de higiene, os mesmos são lavados frequentemente com água quente ou jato de vapor de água, há dilatação brusca apenas no revestimento, o qual entra em compressão;
- nos pisos ao redor de caldeiras ou fornos, onde a temperatura é sempre elevada, há também compressão;
- para os revestimentos cerâmicos, como há uma diferença entre o coeficiente de dilatação térmica linear entre as peças cerâmicas, a argamassa e o concreto (além de diferenças entre os módulos de deformação), haverá compressão à medida que a temperatura cai em todo o conjunto.

Considerando o mecanismo de descolamento em fachadas decorrente do efeito da temperatura, segundo Fiorito (1994) (Figura 2.20), na fase de aquecimento, o revestimento dilata-se, sendo o material solicitado à tração, que causa o afastamento das placas umas das outras, fazendo com que as juntas se abram. O surgimento da tração entre as camadas de materiais diferentes dá origem, também ao aparecimento de tensões de cisalhamento entre o tardo das peças e a argamassa colante (Figura 2.20b). Se a resistência de aderência da interface da argamassa colante e cerâmica for inferior ao cisalhamento atuante, as placas da base se soltarão da camada regularizadora.

Na fase de resfriamento, ocorre o encurtamento da base, e na medida em que há perda de resistência de aderência na interface argamassa colante/cerâmica devido à impossibilidade de movimentarem-se livremente, é bastante freqüente o descolamento das peças cerâmicas, graças ação de compressão no plano do revestimento (Figura 2.20c).

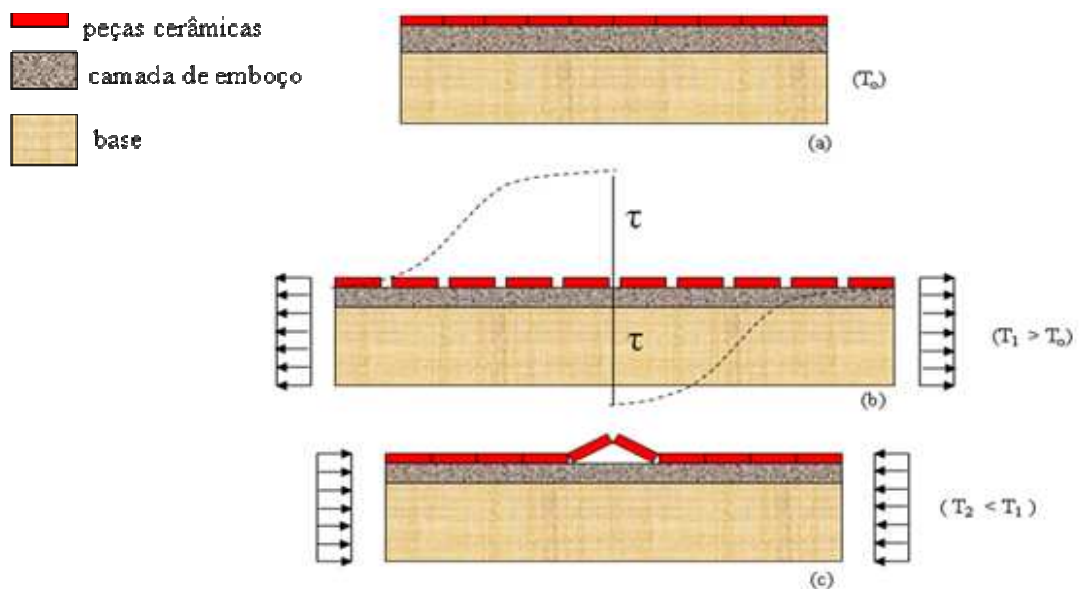


Figura 2.20 - Revestimento sujeito a esforço de tração (modificado – Fiorito, 1994).

A tensão de compressão no sistema de revestimento cerâmico também pode ser causada pela retração da camada regularizadora (emboço). Desta forma, as peças cerâmicas tendem a se aproximar umas das outras provocando a flambagem das mesmas (Figura 2.21).

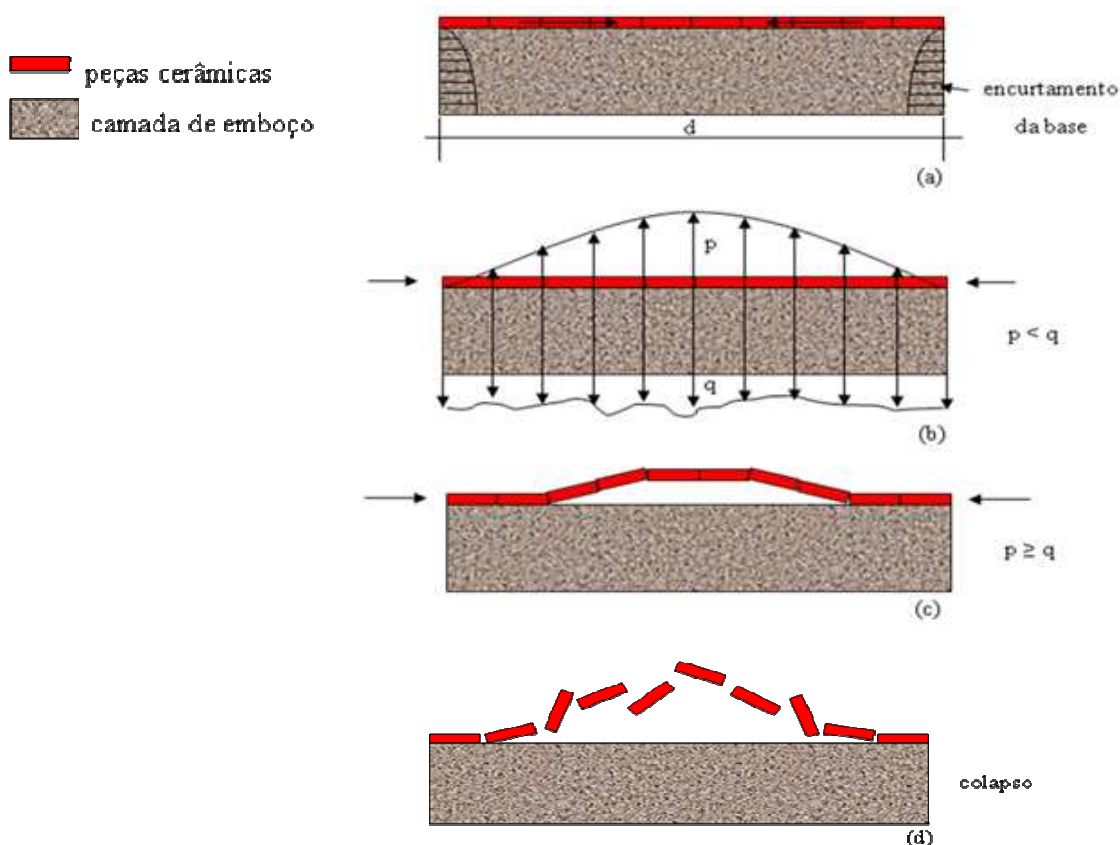


Figura 2.21 - Revestimento sujeito a esforço de compressão (modificado – Fiorito, 1994).

Medeiros e Sabbatini (1999) ressaltam que entre os problemas em revestimentos de fachada, o descolamento é dos mais críticos, dados os riscos de acidente em virtude da queda de placas ou partes das camadas. Os autores observam ainda que a ocorrência destes descolamentos tenha sido mais intensa nos primeiros e últimos andares, nas regiões de deslocamento estrutural mais intenso (como os balanços) e nas fachadas mais solicitadas por insolação.

Algumas situações de grande risco podem ocorrer quando há descolamento, e as peças estão presas somente em função do rejunte existente entre elas. Esses casos são extremamente vulneráveis a acidentes, caso haja queda podem atingir objetos de valor como carros e até pessoas.

#### 2.2.4.2 – Desplacimento

Em havendo a queda de placas cerâmicas, levando ou não consigo argamassa de assentamento ou mesmo parte do emboço, ocorre o que é denominado deslocamento. É uma falha que se dá posterior ao descolamento pelas mesmas razões. Existem situações

mais extremas nas quais o revestimento cerâmico, ao se deslocar, leva consigo não somente as placas cerâmicas, mas também parte do emboço (Figura 2.22).



Figura 2.22 - Deslocamento localizado do emboço (esquerda) e de peças cerâmicas (direita) (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

Para um diagnóstico coerente é importante se saber em que etapa do processo construtivo se originou a deficiência, onde ocorreu a ruptura, se na interface placa cerâmica/argamassa colante, no interior da argamassa colante, na interface argamassa colante/substrato, no interior do substrato, na interface substrato/base ou mesmo no interior da base.

Face à gravidade deste problema, um simples reparo localizado às vezes não é capaz de solucioná-lo. A recuperação da área atingida, em grande parte, requer a remoção total do revestimento da fachada; é trabalhosa, pois exige cuidados especiais para que não se destrua a base e, além disso, é bastante onerosa.

#### 2.2.4.3 – Fissuras e trincas

As fissuras, de modo geral, são manifestações patológicas resultantes do alívio de tensões entre partes de um elemento ou entre dois elementos que estão em contato (LORDSLEEM JÚNIOR; FRANCO, 1998).

A NBR 9575 (ABNT, 2003) apresenta fissura como abertura ocasionada por ruptura de um material ou componente, inferior ou igual a 0,5 mm, a microfissura com espessura inferior a 0,05 mm, e a trinca com abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1 mm.

A NBR 15575-2 (ABNT, 2008), por sua vez, define fissura como um seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações higrotérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante). E apresenta trinca como expressão coloquial que denota uma fissura com abertura maior ou igual a 0,6 mm.

Já para Sabbatini e Barros (2001) a fissura consiste num tipo de abertura linear que surge na superfície do componente, proveniente da ruptura parcial de sua massa, caracterizada por apresentar abertura inferior a 1mm. E a trinca se constitui numa ruptura no corpo da peça, sob a ação de esforços, provocando a separação de suas partes e, manifestada através de linhas estreitas que, em geral, apresentam dimensões superiores a 1mm.

Nota-se, que apesar de os conceitos serem apresentados de forma similar as normas e autores divergem no que tange aos parâmetros relacionados às aberturas expressas para trincas e fissuras. Divergências a parte, o aparecimento de trincas e fissuras merece uma atenção especial pelo fato delas atingirem o usuário sob o ponto de vista da satisfação psicológica, pela sensação de insegurança e degradação do aspecto visual; do conforto e da salubridade.

Estas aberturas (Figura 2.23) se constituem em caminhos propícios para a penetração de agentes agressivos externos, especialmente a água, fato que pode induzir ao surgimento de novas manifestações patológicas, como eflorescências, manchas de umidade, bolor ou mofo, corrosão de armaduras e descolamento de placas cerâmicas.



Figura 2.23 – Detalhes de fissuração (LEM-UnB, arquivo fotográfico).

A ocorrência das fissuras apresenta-se em sua maioria como mostra a distribuição a seguir:

a) Na envoltória de aberturas

Estas fissuras são decorrentes da acentuada concentração de tensões, junto aos vértices das janelas e portas, principalmente pela ausência ou ineficiência de vergas e/ou contra-vergas, dispositivos adequados para redistribuição das tensões (Figura 2.24).



Figura 2.24 – Fissura de canto em abertura.

b) Na interface estrutura-alvenaria

Normalmente se posicionam paralelamente ao componente estrutural (pilar, viga ou laje), indicando destacamento horizontal ou vertical (Figura 2.25), devidas a movimentos diferenciais, decorrente de deformação de estruturas devido às flechas excessivas em vigamentos e lajes, e ainda a deficiência de ancoragem principalmente no encontro pilar/alvenaria.

Estas fissuras podem apresentar uma configuração sinuosa (“dentes de serrote”) com ou sem ramificações, sendo esta mais freqüente abaixo de vigas e lajes. Especificamente nas interfaces com pilares, podem ainda apresentar configurações também “denteadas”, onde o destacamento ocorre no contorno dos componentes da alvenaria.





Figura 2.25 – Fissura acompanhando o sentido da viga.

Segundo Thomaz (1989), quando numa fachada a estrutura em concreto armado é submetida a uma variação térmica, movimentações diferenciais decorrentes desta, normalmente repercute em fissuras nas interfaces entre as alvenarias e o reticulado estrutural, demarcando todo contorno da parede.

c) Em parede contínua (no meio do pano de alvenaria)

As fissuras em paredes contínuas podem ocorrer devidas a movimentos diferenciais, quer por razões estruturais ou térmicas. Ou oriundas de retração por secagem da argamassa logo após a execução, provocada pelo excesso de finos, elevada relação água/cimento, finura do cimento.

No sentido de evitar este tipo de problema, Cincotto (1988) destaca que as argamassas de revestimento devem apresentar módulos de deformação inferiores àqueles apresentados pela base, permitindo a absorção de pequenas movimentações ocorridas na base onde o revestimento foi aplicado. E ainda salienta, em casos de camadas múltiplas, a necessidade da diminuição gradativa do módulo de deformação de cada camada de dentro pra fora, por meio da utilização de diferentes traços, com o consumo do cimento diminuindo no mesmo sentido.

d) No topo dos edifícios e nos andares superiores

São típicas de solicitação térmica. Dada a junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, expostos às mesmas variações de temperatura (Figura 2.26).



Figura 2.26 - Detalhe de fissura de topo.

e) Fissuras mapeadas

As fissuras mapeadas (Figura 2.27) são atribuídas às movimentações higrotérmicas diferenciadas entre revestimento e estrutura, eventualmente associadas à retração de secagem da argamassa. Estes tipos de fissuras têm forma variada e distribuem-se por toda a superfície (CINCOTTO,1988; THOMAZ, 1989).



Figura 2.27 - Detalhes de fissuras mapeadas (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

É importante salientar que a execução de revestimentos de fachadas em determinadas condições climáticas, tais como dias muito quentes e secos, contribuem para desidratação precoce da argamassa e pode levar a formação deste tipo de fissuração.

#### f) Fissuras horizontais

As fissuras com predominância horizontal (Figura 2.28) nas argamassas de revestimento são decorrentes da expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada do hidróxido de magnésio da cal, por ataque de sulfatos (reação cimento-sulfatos), ou devido à presença de argilo-minerais expansivos no agregado. Como a expansão da argamassa de assentamento ocorre predominantemente no sentido vertical, as fissuras no revestimento resultam horizontais (CINCOTTO, 1988).

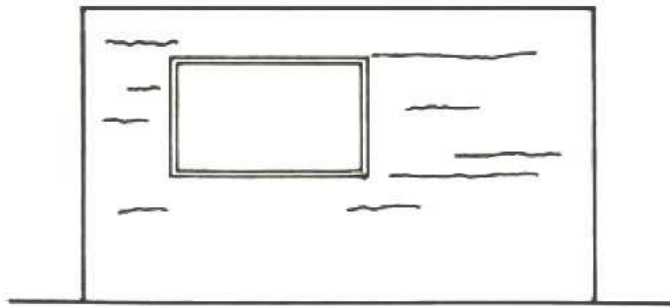


Figura 2.28 – Fissuras horizontais no sistema de revestimento (Thomaz, 1989).

Podem ocorrer também fissuras horizontais devidas ao desempenho e sarrafeamento precoce da argamassa de emboço. Ou ainda, na base das paredes de alvenaria devidas à ascensão de umidade do solo (as fiadas inferiores de alvenaria expandem-se, cisalhando a parede).

#### g) Fissuras verticais ou inclinadas

Segundo Thomaz (1989), este tipo de fissura pode estar associado ao possível enfraquecimento do revestimento pela presença de tubos e eletrodutos. Se em paredes extensas podem ser devidas a movimentações térmicas, e geralmente se manifesta a cada 4 ou 5 m, podendo ocorrer nos encontros da alvenaria com os pilares ou mesmo no corpo da alvenaria (Figura 2.29).

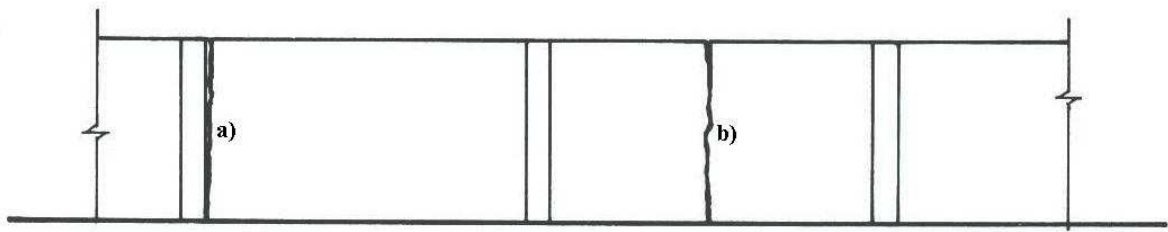


Figura 2.29 – Fissuras verticais (a) entre alvenaria e pilar; (b) no corpo da alvenaria (Thomaz, 1989).

As fissuras verticais podem ainda acompanhar as juntas verticais de assentamento ou estenderem-se através dos componentes de alvenaria (Figura 2.30). Como os materiais rígidos possuem muita resistência a esforços de compressão, porém pouca resistência a esforços de tração, bem como pouca flexibilidade para absorver tal sollicitação (módulo de deformação), acaba por romper os materiais menos resistentes, como os blocos cerâmicos e as juntas de assentamento, criando fissuras internas.

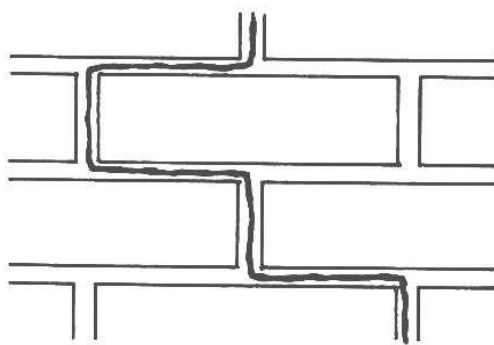


Figura 2.30 – Fissura vertical acompanhando as juntas de assentamento de alvenaria (Thomaz, 1989).

#### 2.2.4.4 – Falhas nas juntas

A deterioração das juntas de assentamento pode ocorrer entre outras razões devido a impactos nas regiões de encontro especialmente com as esquadrias; pela ação das intempéries (insolação, ação da água) (SARAIVA, 1998); fadiga do rejunte por ciclos higrotérmicos; envelhecimento, manifestado nas resinas de origem orgânica pela alteração da cor; especificação e/ou uso e aplicação errônea do rejunte que podem implicar em elevada porosidade superficial e baixa resistência mecânica; infiltração de produtos potencialmente agressivos e água. Todos estes fatores podem implicar em fissuração e posterior queda do rejunte da fachada.

Com o surgimento de aberturas entre as placas cerâmicas (Figura 2.31) ficam abertos caminhos para a passagem de água e há, portanto o comprometimento do desempenho do rejunte, que além de aliviar tensões colaborava com a estanqueidade do revestimento.



Figura 2.31 – Falha de rejunte (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

A deficiência na calafetação das juntas de assentamento permite o acesso de água na argamassa de assentamento e no corpo cerâmico das peças, gerando esforços nas mesmas por dilatação e contração por absorção de água, possibilitando a formação de pressão de vapor d'água e eflorescências localizadas no revestimento.

Quanto às juntas de movimentação e de dessolidarização, sua deterioração, para Fontenelle e Moura (2004), pode ser sinalizada pela perda de estanqueidade da junta e envelhecimento do material de preenchimento, e apesar de afetar diretamente as argamassas de preenchimento compromete o desempenho dos revestimentos cerâmicos como um todo. Sendo que a perda da estanqueidade pode iniciar-se logo após a sua execução, e agravar-se através do tempo por meio de procedimentos de limpeza inadequados, como o uso de ácidos e bases concentrados, somados aos ataques de agentes atmosféricos agressivos e/ou solicitações mecânicas por movimentações estruturais.

Para Beltrame e Loh (2009), os danos incidentes sobre as juntas estão principalmente relacionadas aos seguintes aspectos (Figura 2.32):

- deficiências de projeto e especificação das juntas (geometria);

- escolha incorreta do selante (tipo, qualidade e desempenho);
- aplicação sobre substrato contaminado;
- aplicação sobre substrato com umidade acima dos limites admissíveis;
- não observância da temperatura adequada e recomendada para a aplicação;
- defeitos na preparação de superfícies;
- falhas durante a aplicação dos selante;
- não utilização de *primer* em situações que este componente for imprescindível;
- ocorrência de movimentações não previstas.

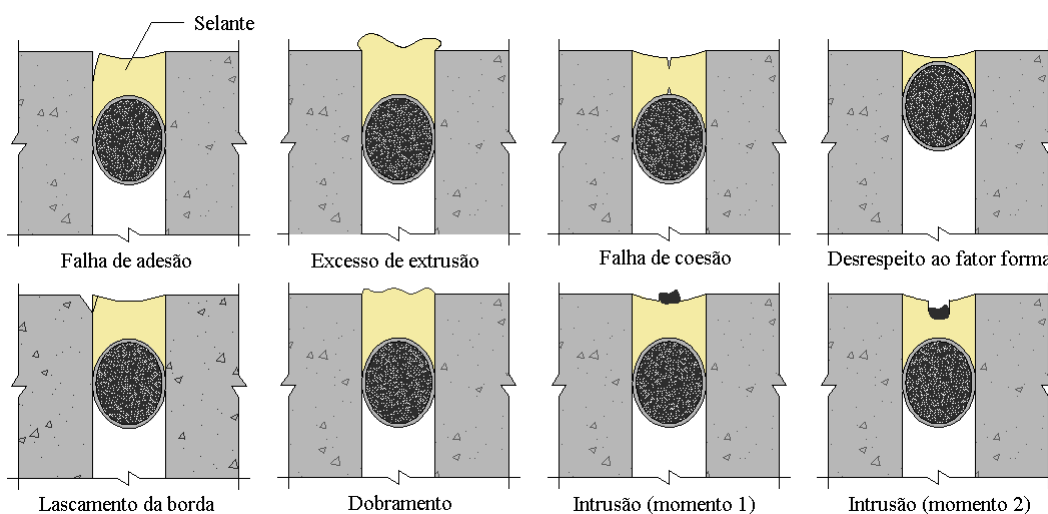


Figura 2. 32 – Principais tipos de falhas relacionadas à deterioração das juntas (adaptado: Beltrame e Loh, 2009).

Em se tratando do material de preenchimento das juntas de movimentação, conforme Fontenelle e Moura (2004), é usual selantes à base de poliuretano, polissulfetos, silicone, dentre outros, cuja origem orgânica permite a manifestação do envelhecimento mais rapidamente; a durabilidade varia em torno de 5 anos, embora existam materiais no mercado que possuem garantia de 20 anos. Sua deterioração é causada ademais dos fatores já apresentados para juntas de assentamento também por microorganismos, razão pela qual, após o período de garantia, devem ser inspecionados e trocados.

Nas situações de preenchimento, em que o selante é empregado através de uma camada excessivamente fina, o mesmo fica passível à fissuração precoce (Figura 2.33), favorecendo a infiltração de água pela junta, podendo atingir o emboço e causar prejuízos na aderência das placas cerâmicas.



Figura 2.33 – Junta de movimentação deteriorada, cujo selante foi empregado numa camada excessivamente fina (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

Analisando ainda o aspecto de preenchimento das juntas, sejam elas de movimentação, dessolidarização ou estruturais, não é raro observar-se ao invés de material adequadamente deformável, a obstrução das mesmas pelo uso de materiais rígidos, desconsiderando-se, desta maneira, as movimentações que atuam sobre o revestimento (Figura 2.34).



Figura 2.34 – Detalhe de falha na junta estrutural (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

É possível prevenir a ocorrência de falhas nas juntas através do atendimento às características geométricas previstas em projeto, controle durante a execução das juntas, escolha correta dos materiais de preenchimento, e atendendo às orientações e exigências das normas vigentes.

#### 2.2.4.5 – Manchamento

##### a) Bolor ou mofo:

Segundo Alucci *et al.* (1988), o bolor é uma alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos. Nas edificações, os fungos promovem a decomposição de diferentes tipos de componentes, notadamente dos revestimentos, ou de material orgânico sobre estes depositados (Figura 2.35). Para tanto, secretam enzimas que quebram moléculas orgânicas complexas até compostos mais simples, que são assimilados e utilizados no seu desenvolvimento. O bolor se apresenta com coloração escura normalmente, preta, marrom ou verde.

Os microrganismos que geram o bolor ou mofo desenvolvem-se e se proliferam em condições de clima favoráveis, como em ambientes bastante úmidos, mal ventilados e/ou mal iluminados. Alucci *et al.* (1988), afirma que são necessárias para o desenvolvimento de bolor em edificações, umidades relativas do ar acima de 75%; temperatura variando entre 10° e 35°C, havendo uma grande variabilidade de comportamentos fora destes limites, dependendo da espécie considerada, desenvolvem-se bem em meio ácido e algumas espécies apresentam crescimento razoável em pHs ligeiramente superiores a 7.



Figura 2.35 – Bolor sobre a fachada de um edifício.

Cabe salientar que para prevenção e combate do bolor em edificações é necessária a adição de fungicidas nos materiais de revestimento, ou ainda atuar no combate a algum dos fatores já mencionados que colaboram para a sua proliferação.



## b) Eflorescência:

A eflorescência é um fenômeno cujos danos são notadamente de ordem estética, é causada por três fatores igualmente importantes: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a diferença de pressão para propiciar a migração da solução para a superfície. Todas estas três condições devem existir e se uma delas for eliminada não irá ocorrer o fenômeno (UEMOTO, 1988).

A eflorescência, conforme Bauer *et al.* (2007) ocorre quando a fachada fica umedecida por longos períodos e alguns sais, hidróxidos e carbonatos solúveis (presentes na argamassa ou tijolo) dissolvem-se; depositam-se nos poros dos materiais, que ficam saturados e são levados para a superfície por difusão e evaporação, resultando em um depósito salino na superfície. Apresenta normalmente, coloração esbranquiçada (Figura 2.36).



Figura 2.36 – Detalhes de eflorescência (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

Para Uemoto (1988) existem fatores externos que favorecem o fenômeno, tais como:

- a quantidade de solução que aflora, principalmente para os sais pouco solúveis; quanto maior a quantidade de água, maior é a fração solubilizada;
- o aumento do tempo de contato, que favorece a solubilização de maior teor de sais;
- a elevação da temperatura, além de favorecer a solubilização dos sais, aumenta a velocidade de evaporação da umidade absorvida pelo elemento de alvenaria. Os sais

dissolvidos podem tanto permanecer nos poros capilares como migrar para a sua superfície;

- a porosidade dos componentes (tijolos, blocos, ladrilho, argamassas, concreto), permitindo a percolação da solução. Nem sempre a eflorescência é formada sobre o componente que possui maior teor de sais solubilizáveis: às vezes, devido a uma melhor capilaridade do componente vizinho, os sais tendem, preferencialmente, a se depositar sobre este último.

Verduch e Solana (1999) destacam a importância em se considerar a forma como se realiza a molhagem e secagem das alvenarias no estudo do mecanismo de formação das eflorescências (Figura 2.37).

Segundo os mesmos autores, considerando a face de evaporação aquela através da qual a água evapora com uma velocidade maior, sinalizada pela direção e sentido do fluxo predominante de água, em seu caminho de saída. Se a água entra na alvenaria pela mesma face que posteriormente irá sair por evaporação, a eflorescência será menos provável que se o umedecimento se dá pela outra face.

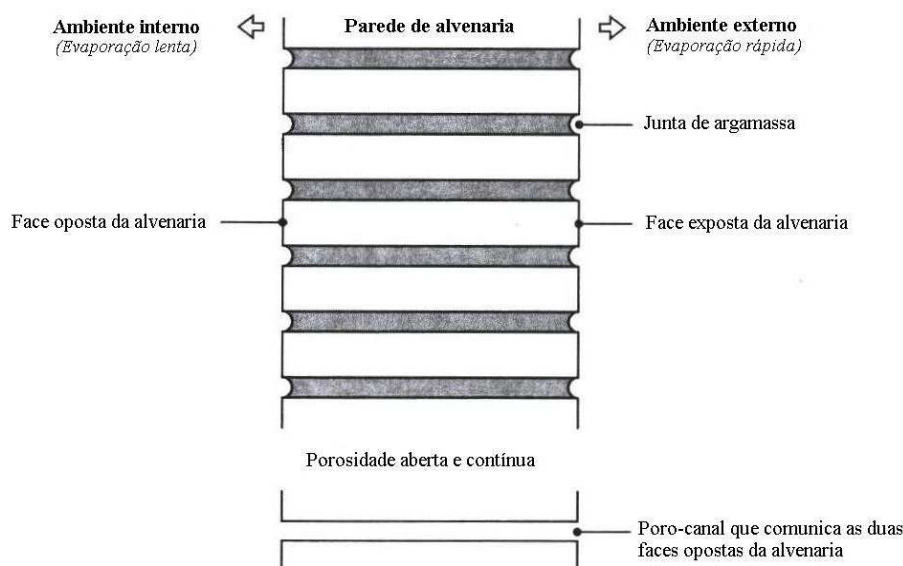


Figura 2.37 – Comunicação dos ambientes interior e exterior através da porosidade aberta e contínua da alvenaria que constitui a parede (Verduch e Solana,1999).

Considerando a primeira situação na qual a água entra pela mesma face através da qual sairá depois na forma de vapor detalhada conforme a figura 2.38, neste as primeiras

porções de água de chuva vai dissolvendo os sais à medida que entra nos poros do revestimento, enquanto que as porções seguintes se encontram mais diluídas diante da menor quantidade de sais. Os fenômenos de difusão são lentos nas soluções existentes dentro dos capilares o que retarda a homogeneidade das mesmas. Se o processo de secagem começa antes que a homogeneidade interna seja atingida, a solução próxima da face externa da alvenaria estará diluída; com a evaporação os meniscos retrocedem nos capilares grandes distâncias antes de alcançar a saturação da solução, e a eflorescência não se manifesta, formando-se internamente na forma de criptoflorescência.

Caso houvesse tempo suficiente para a homogeneização das concentrações, a solução mais externa estaria mais concentrada, e conseqüentemente seria mais provável a formação de eflorescências visíveis

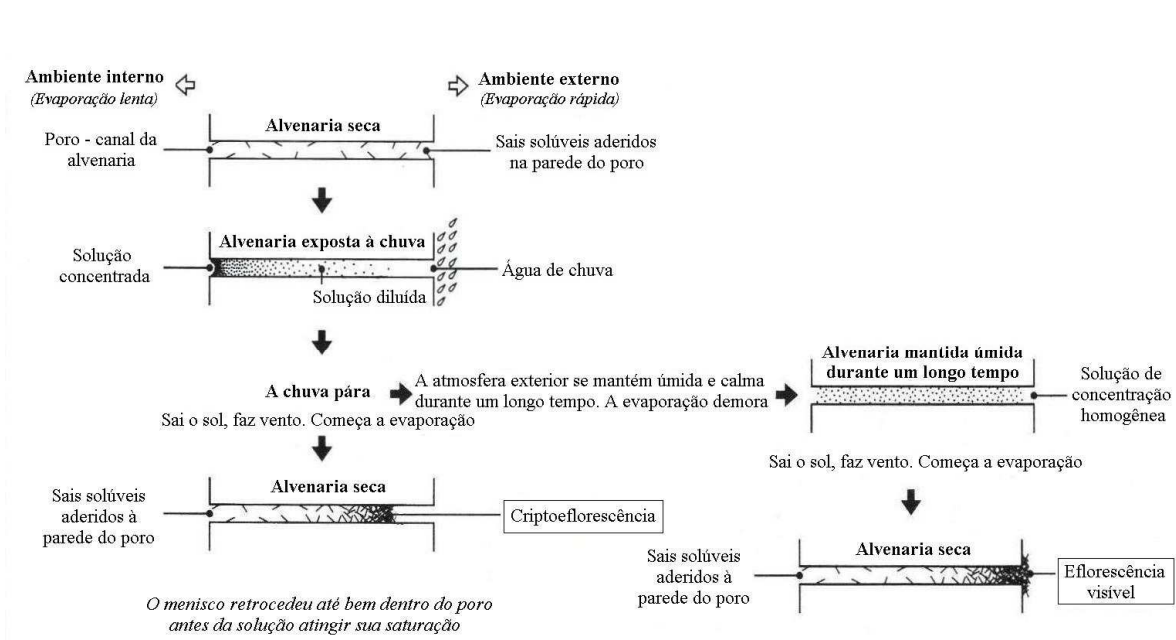


Figura 2.38 – Alvenaria molhada por uma face e seca preferencialmente pela mesma face (Verdusch e Solana,1999).

De acordo com Verdusch e Solana (1999) a situação mais desfavorável é aquela em que a umidade penetra por uma face da alvenaria e sai pela face oposta, visto que a solução da rede capilar se concentra cada vez mais à medida que avança até a face de evaporação. Ao chegar ao exterior a solução está praticamente saturada e logo se inicia a secagem, até que os sais se depositam e cristalizam na face exterior da alvenaria formando eflorescências, conforme mostra a figura 2.39.

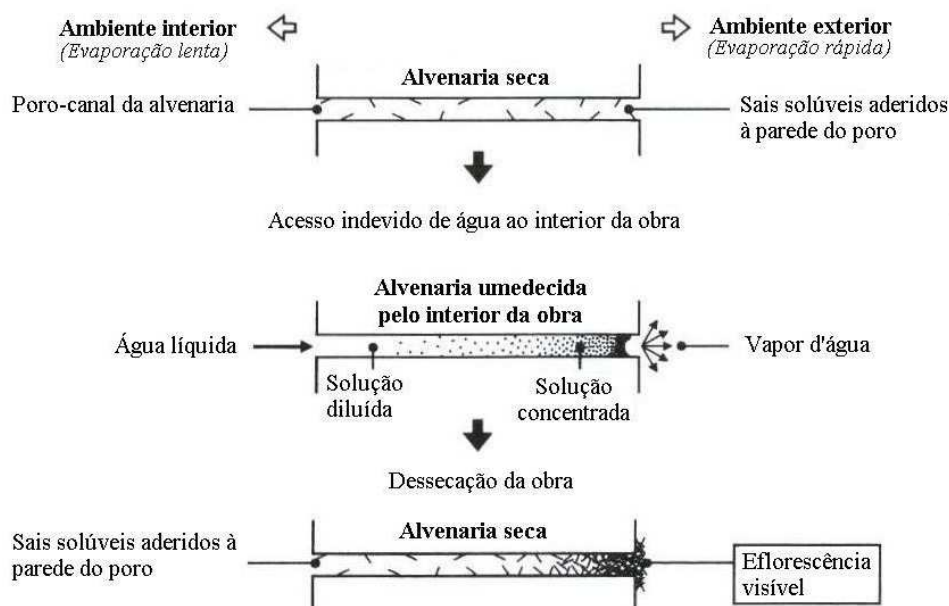


Figura 2.39 – Umedecimento da alvenaria por uma face e secagem preferencialmente pela face oposta (Verduch e Solana, 1999).

A prevenção da eflorescência é possível da seguinte maneira:

- com a redução do consumo de cimento Portland na argamassa de emboço ou uso cimento com baixo teor de álcalis;
- não utilização de tijolos com elevado teor de sulfatos, a fim de evitar a formação de substâncias solúveis em água ou produtos expansivos;
- utilização de placas cerâmicas de boa qualidade, ou seja, queimadas em altas temperaturas (que elimina os sais solúveis de sua composição e a umidade residual);
- permitindo que todas as camadas anteriores à execução do revestimento cerâmico tenham atingido seu tempo de secagem.

O reparo de uma superfície com manchas de eflorescência é feito através da remoção dos depósitos nas áreas atingidas, por meio de uma simples lavagem da superfície do revestimento. Deve-se evitar o uso de ácido muriático sobre a superfície do revestimento cerâmico, pela possibilidade de atingir a armadura existente nos elementos estruturais e constituir-se num composto químico muito corrosivo.

#### 2.2.4.6 – Desagregação

A desagregação consiste na perda de continuidade da argamassa de emboço como mostra a Figura 2.40. Pode manifestar-se através do esfarelamento da argamassa, pela elevada

pulverulência. Sua ocorrência pode estar vinculada ao baixo teor de aglomerante, excesso de elementos finos na areia, aplicação de cal na argamassa que não esteja completamente hidratada, ou a dissolução de sais.



Figura 2.40 – Detalhes de desagregação (Elton Bauer, arquivo pessoal).

Embora se mantenha aderida ao substrato uma argamassa com desagregação não apresenta resistência mecânica conveniente, fato facilmente comprovado ao se friccionar algum objeto metálico sobre ela e a mesma esfarela.

#### 2.2.4.7 – Deterioração de placas cerâmicas

##### a) Gretamento:

O termo gretamento refere-se a aberturas na superfície esmaltada da placa cerâmica, similares a um fio de cabelo, cujo formato geralmente é circular, espiral, ou em forma de aranha.

O gretamento pode ocorrer durante a fabricação da placa cerâmica ou mesmo após o uso da mesma, decorrente da diferença de dilatação entre a massa que constitui o tardo da cerâmica e o esmalte.

Bauer (1996) enfatiza que durante o processo de fabricação da placa cerâmica a massa fica em tensão de compressão em geral nas camadas mais superficiais, visando aumentar a

resistência mecânica da peça. A tensão de compressão residual vai sendo liberada com o decorrer do tempo (meses ou anos), e caso ocorra tração no vidrado, o mesmo se romperá ficando gretado (Figura 2.41). Fato este que destaca a importância da escolha correta da composição química do vidrado em relação à massa, de forma que os coeficientes de dilatação térmica sejam próximos.

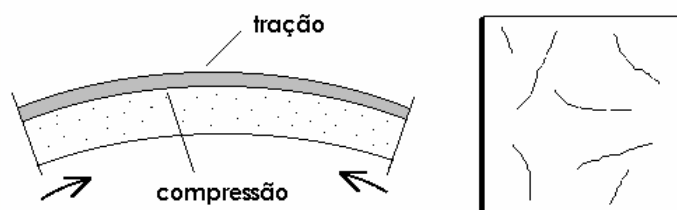


Figura 2.41 – Esquema de gretamento (Thomaz, 2001).

Quando ocorre após a aplicação da placa cerâmica, segundo Campante (2001), o gretamento está associado à expansão do corpo cerâmico devida à absorção de umidade pela massa porosa e/ou retração das argamassas de emboço ou de fixação com alto teor de cimento, ocasionando tensões induzidas nas peças que podem ser responsáveis pelo rompimento retardado da camada de material vítreo do esmalte.

A expansão por umidade (EPU), também chamada de dilatação higroscópica é o termo técnico utilizado para designar a expansão sofrida pelos materiais cerâmicos quando em contato com a água na forma líquida ou de vapor. Essa expansão, em geral, é relativamente pequena, no entanto, durante o uso as tensões geradas quando cada uma das placas cerâmicas se expande além de um determinado limite podem ser suficientes para levar ao gretamento do vidrado (Figura 2.42) e comprometer a estabilidade da estrutura e levar ao destacamento.



Figura 2.42 – Detalhe de cerâmica gretada (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

O reparo deste tipo de manifestação patológica só é feito a partir da substituição do revestimento cerâmico danificado.

#### b) Rompimento de placas cerâmicas

O rompimento das placas cerâmicas (Figura 2.43) pode ser decorrente:

- da quebra por impacto mecânico;
- da existência falhas de assentamento como a falta de argamassa colante em algumas regiões no tardo das placas cerâmicas, já que pode forçar o empenamento das peças e levar a quebra;
  - assentamento com argamassa vencida ou cujo tempo em aberto expirou, fato que leva a perda de aderência na interface argamassa/placa cerâmica;
  - falha na especificação da argamassa de assentamento;
  - movimentações do substrato (térmicas, mecânicas, estruturais, etc.) não previstas e/ou não avaliadas em projeto.



Figura 2.43 – Detalhe de placa cerâmica rompida (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

#### 2.2.4.8 – Outras

##### a) Descascamento de pintura

Segundo Cincotto (1983), o descascamento de pintura (Figura 2.44) pode se manifestar das seguintes formas:

- perda de aderência da película;
- pulverulências ou descolamentos, com posterior perda de aderência;
- escamação da película.



Figura 2.44 – Descascamento de pintura (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

Cincotto (1988) afirma que as tintas a óleo ou à base de borracha clorada e epóxi promovem uma camada impermeável que dificulta a difusão do ar atmosférico através da argamassa de revestimento. Se a pintura for aplicada prematuramente em base muito



úmida, o grau de carbonatação atingido não é suficiente para conferir à camada de reboco a resistência suficiente e este acaba por descolar-se do emboço com desagregação

Existem outras causas que podem ser atribuídas ao descascamento das pinturas são elas:

- preparo inadequado do substrato ou ausência de preparação (por exemplo: aplicação de tinta em superfície contaminada por eflorescências ou a aplicação sobre substrato muito poroso);
- aplicação em substrato instável (a umidade pode se depositar na interface da película de tinta com a superfície, causando posterior descascamento);
- tinta com baixa resistência a álcalis (sendo exemplo as tintas a óleo) aplicada sobre substrato úmido e alcalino havendo perda de aderência, sinais de pulverulências e manchas de umidade;

#### b) Falha de vedação

A falha de vedação (Figura 2.45) normalmente ocorre no entorno do vão das esquadrias, no encontro do corpo da esquadria com a alvenaria, geralmente levam a perda de estanqueidade. Este tipo de manifestação patológica pode ser vinculado à queda de rejunte, pela sua má aplicação ou falta de manutenção e ainda pode ser decorrente do processo de corrosão de esquadrias metálicas. A ausência de rejunte na interface esquadria/alvenaria permite que a água percole pela abertura levando ao surgimento de infiltrações.



Figura 2.45 – Detalhe de falha de vedação (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

## **2.3 – FERRAMENTAS DE APOIO À INSPEÇÃO E AO DIAGNÓSTICO**

Ferramentas e estudos para a inspeção e diagnóstico vêm sendo desenvolvidos em várias instituições de ensino superior, nas pessoas de pesquisadores brasileiros como Bauer (2005) e equipe do PECC/UnB, Lichtenstein (1986), Sabbatini, Medeiros e Campante (2001) da EPUSP, Carasek, Guimarães e Cascudo (2003) da UFG, Massuero e Dal Molin da UFRGS, e pesquisadores estrangeiros como Gaspar e Brito (2005), Silvestre (2005) do Instituto Técnico de Lisboa, com estudos sobre mecanismos de degradação, ferramentas de diagnóstico, técnicas de manutenção e reparo, formas de prevenção das manifestações patológicas em edifícios, etc..

Neste item será apresentada a Metodologia de Avaliação de Fachada e Diagnóstico de Patologias Identificadas adotada pelo LEM – UnB; além de outras duas outras ferramentas em uso e desenvolvimento em Portugal, que exercem juntas grande influência na produção desta dissertação, a Ferramenta de mapeamento da Sensibilidade dos Revestimentos de Fachada às Manifestações Patológicas, de Gaspar e Brito (2005) e a Ferramenta de Inspeção e Diagnóstico de Revestimentos Cerâmicos Aderentes, de Silvestre e Brito (2008).

### **2.3.1 – Metodologia de avaliação de fachada e diagnóstico das patologias identificadas LEM- UnB**

A metodologia de avaliação de fachada e diagnóstico das patologias identificadas LEM- UnB (Laboratório de Ensaio de Materias da Universidade de Brasília) vem sendo aplicada desde 1998, cujo primeiro trabalho foi a avaliação dos edifícios da quadra AOS-2, na cidade de Brasília, por Bauer e Nepomuceno (1998). A metodologia, desde então, passa por constantes aprimoramentos e adaptações, neste sentido, cita-se uma das mais recentes, que se deu através de estudos de alvenaria e fachadas, realizados por Roewer (2007) com a análise e quantificação de danos nas edificações. A forma tal como será abordada nesta dissertação, além da consulta às publicações e documentos existentes no LEM-UnB, baseia-se no acompanhamento de inspeções em campo e registro da sequência lógica seguida pela equipe do laboratório no sentido emitir relatórios técnicos de inspeção e diagnóstico de fachadas danificadas.

### 2.3.1.1 – Visita e coleta de informações preliminares

Previamente é realizada uma vistoria de aspecto geral no sentido de coletar o máximo de informações possíveis sobre o edifício a ser estudado. Levanta-se sua documentação técnica, como projetos, histórico de construção, idade, número de pavimentos, tipo de uso, orientação cardinal das fachadas, sistema construtivo, tipo de acabamento de fachada; a existência de projeto de revestimento, intervenções anteriores, e ainda existência de manutenção e sua frequência.

Lopes (2000) recomenda nesta fase a coleta de dados sobre as origens da edificação, as necessidades iniciais para a qual ela foi concebida, parâmetros que nortearam o desenvolvimento do projeto, sua destinação inicial, características de execução, outras utilizações por que passou a edificação, reformas e acréscimos importantes, alterações e modernizações realizadas, etc., de maneira a formar um histórico sucinto. Quanto à região, verificarem-se as condições climáticas, incidência de ventos, índice pluviométrico, umidade relativa do ar, variações térmicas, presença de agente agressivo no ambiente ou micro ambiente, condições geológicas, etc. ainda acrescenta a necessidade de juntar a essas informações outras obtidas em projetos arquitetônicos, projetos estruturais, projetos de instalações, especificações técnicas, tecnologia empregada, cadernos de encargos. Diários de obra, resultados de ensaios de controle tecnológico, laudos e atestados de materiais empregados.

### 2.3.1.2 – Inspeção e diagnóstico

Este procedimento deve ser realizado por um profissional habilitado, engenheiro ou arquiteto (profissional regulamentado pelo CREA – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura) junto de uma equipe técnica treinada.

Para identificação das manifestações patológicas no edifício, utiliza-se como recurso a inspeção visual, apoiado no uso de instrumentos como binóculos e/ou lunetas de alta resolução e ainda câmera fotográfica de resolução conveniente, com a cautela de percorrer todos os panos de fachada.

A documentação fotográfica pode exibir uma vista geral ou parcial do elemento em foco. No caso de fotografia com vista parcial, recomenda-se a utilização de artifício capaz de transmitir a idéia da real dimensão da manifestação patológica, alguma referência de maneira a dar destaque e melhor orientar o observador, na compreensão do fenômeno. O registro fotográfico com visão geral por sua vez, deve transmitir a intenção e motivação do autor em fazê-lo (Figura 2.46).



Figura 2.46 – Registro fotográfico com visão geral (à esquerda) e visão parcial (à direita).

A importância da realização do levantamento fotográfico é dar suporte e esclarecimento de possíveis dúvidas durante a análise e interpretação dos mapeamentos, para a realização do diagnóstico.

A inspeção deve ser capaz de identificar falhas e danos visíveis existentes no sistema de revestimento de fachada, como regiões de descolamentos, fissuras, eflorescências, falhas construtivas, infiltrações; de determinar se os fenômenos estão estabilizados ou não; permitir decidir se há riscos imediatos e medidas urgentes a serem tomadas; identificar se o meio ambiente é danoso ao edifício e, ainda prever os locais onde há necessidade de se examinar com maior rigor.

Os danos visíveis são registrados num croqui, esquema da área em questão. Este pode ser feito a partir de uma foto impressa ou sobre um esboço da prumada previamente confeccionado com auxílio de programa de desenho gráfico (Figura 2.47). O mapeamento da fachada deve apresentar as regiões críticas e os problemas identificados em todo o pano tendo em vista a programação de inspeções localizadas para melhor análise, caso haja necessidade.

Para melhor controle e realização do mapeamento das manifestações patológicas recomenda-se seguir uma sequência constante na avaliação dos panos de fachada do edifício em análise, de forma exemplificada, percorrendo pavimento por pavimento, de cima para baixo, da esquerda para a direita, tendo-se a cautela de percorrer todos os panos de fachada.

A vistoria além de identificar as falhas e danos existentes no sistema de revestimento de fachada, deve ser capaz de determinar se os fenômenos estão estabilizados ou não, decidir se há riscos imediatos e medidas urgentes a ser tomadas e, ainda prever os locais onde há necessidade de se examinar com maior rigor. Quando necessário se faz uso de inspeções localizadas as quais demandam o acesso à região a investigar.






Em havendo a necessidade de inspeções localizadas, elas podem ser efetuadas com o apoio de técnicas de rapel, em cadeirinha, por um profissional qualificado capaz de identificar as manifestações patológicas. As descidas devem ser realizadas em todas as prumadas das fachadas, e caso seja inviável, devem-se priorizar as prumadas mais deterioradas ou as que forem julgadas mais representativas. Durante a descida de rapel sobre uma prumada, é possível averiguar o tipo de material que foi usado, identificam-se as camadas constituintes e suas espessuras, e permite-se coletar amostras do revestimento.

De maneira à melhor subsidiar o diagnóstico das manifestações patológicas, além da realização de técnicas de avaliação *in-situ*, pode ser útil a realização de ensaios específicos em laboratório. O descolamento de revestimento e sua extensão, por exemplo, podem ser detectados por percussão de um martelo com leve impacto sobre o revestimento da fachada, a partir da observação de um som cavo. Já o procedimento de avaliação de aderência do mesmo deve ser efetuado em região não danificada, conforme prescrito na ABNT NBR 13755:1996.

Os testes ou ensaios geralmente têm o objetivo de identificar as características mecânicas (resistência, deformabilidade, etc.), físicas (porosidade, etc.) e químicas (composição, etc.) dos materiais, as tensões e deformações da estrutura, a presença de discontinuidades e ou trincas no interior da estrutura, etc. Como regra, a programação de ensaios deve ser dividida em estágios, começando com a aquisição de dados básicos e continuando com exames e testes mais extensos baseados em uma avaliação dos dados iniciais. Ensaios não-

destrutivos são preferíveis àqueles que envolvem alterações na estrutura; se estes forem insuficientes, deve ser feita uma análise “custo-benefício” das alterações relacionadas às perdas culturais que possam ocorrer para aprofundar o conhecimento, o que leva à redução de intervenções estruturais (ICOMOS, 2001).

Legenda:

-  Descolamento de cerâmica
-  Desplacamento de cerâmica
-  Falha de rejunte
-  Fissura
-  Eflorescência

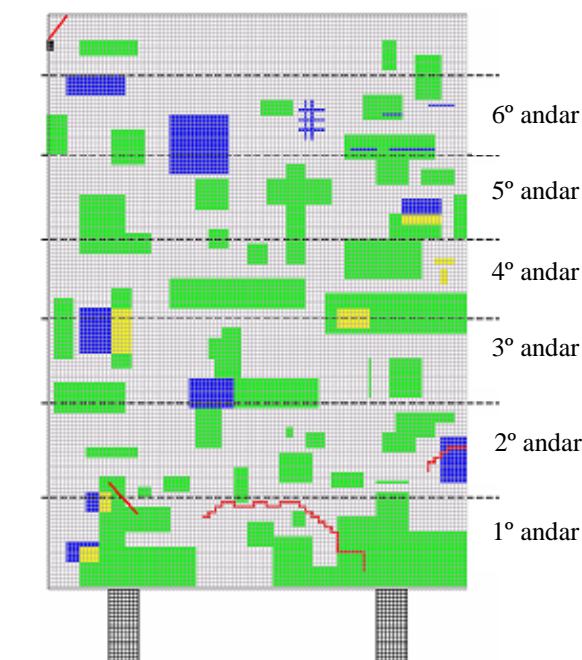


Figura 2.47 – Mapeamento das manifestações patológicas de uma prumada (sem escala).

A realização de um diagnóstico coerente e o estudo de manifestações patológicas de fachadas não devem se restringir ao aspecto apresentado externamente. É importante conhecer também às implicações que estas venham a ocasionar no interior dos edifícios realizando-se vistorias internas complementarmente (Figura 2.48).



Figura 2.48 – Visão interna de empolamento da pintura gerada pela infiltração de umidade (LEM- UnB, arquivo fotográfico).

### 2.3.2 – Ferramenta de mapeamento da sensibilidade dos revestimentos de fachadas às manifestações patológicas

A ferramenta consiste numa análise probabilística para a definição da sensibilidade às manifestações patológicas em revestimentos de argamassas aplicados em fachadas, desenvolvida por Pedro Gaspar e Jorge de Brito e divulgada no artigo “*Mapping defect sensitivity in external mortar renders*”, em 2005.

Inicialmente, os referidos autores coletaram dados de campo em 150 edifícios, nas cidades de Lisboa, Alcochete e Tavira, Portugal, sendo 50 em cada uma. Os casos deveriam atender aos seguintes critérios: (a) ter idade inferior a 30 anos, (b) com estrutura de concreto e paredes externas duplas de blocos cerâmicos, (c) fachada revestida com argamassa cimentícia, aplicada em camada única ou mais camadas e com acabamento com tinta.

Observou-se a incidência de danos na fachada dos edifícios em torno de seis diferentes áreas como mostra figura 2.49: (1) próximo ao nível do solo, (2) sobre paredes contínuas, (3) próximo às aberturas (janelas, portas, etc.), (4) em parapeitos, abaixo de cornijas, rufos e beirais, (5) abaixo de sacadas ou varandas e (6) nos cantos e extremidades.

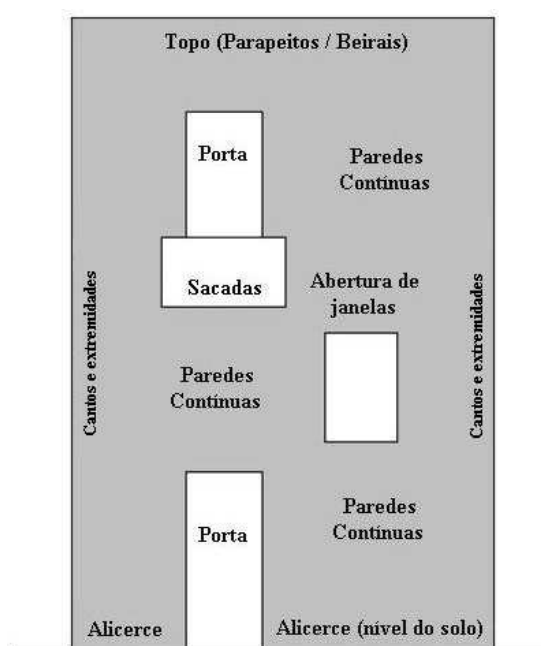


Figura 2.49 – Representação esquemática da fachada (Gaspar e Brito, 2005).

A fim de se identificar a ocorrência dos danos encontrados nos edifícios emite-se em valores percentuais o quão corrente é cada tipo de manifestação patológica verificada, em torno de cada uma das seis áreas pré-definidas, como exemplifica a figura 2.50 (a).

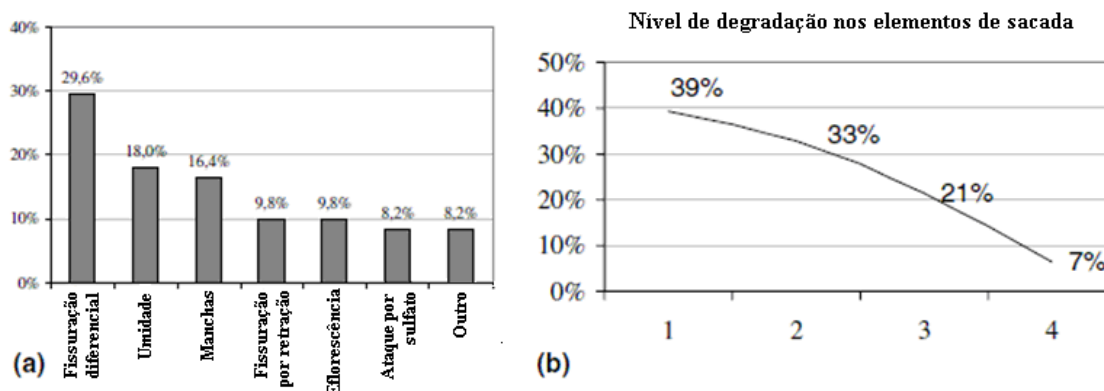


Figura 2.50 – (a) Ocorrência das manifestações patológicas e (b) níveis de degradação abaixo dos elementos de sacada (Gaspar e Brito, 2005).

Para cada manifestação patológica identificada, estabelecem-se níveis de degradação com valor atribuído variando de 0 (sem degradação) a 4 (elevado nível de degradação), como mostra a tabela 2.13. Considerando-se, o nível 3 como de desempenho mínimo aceito.

Tabela 2.13 – Nível de degradação dos revestimentos de fachada (Gaspar e Brito, 2005).

Nível 0 – Melhor condição	Degradação não detectável visualmente	Não requer intervenção
Nível 1 – Boa condição	Manchas na superfície	Acesso visual
Nível 2 Degradação suave	Fissuração (visível somente com binóculo) Grafite Presença localizada de bolor Possível infiltração de água ou sinais suaves de eflorescência Baixa umidade e mancha por umidade	Limpeza da superfície (escovação e lavagem)
Nível 3 Degradação extensa	Fissuração localizada (visível a olho nu) Cantos ou bordas danificadas Infiltrações localizadas Eflorescências Superfície danificada (cor e textura)	Reparo e proteção
Nível 4 – Pior degradação	Fissuração intensa Descolamento ou desagregação da superfície Infiltração intensa e superfície danificada Elementos de aço quebrados ou corroídos Perda de aderência entre camadas Destacamento da parede	Substituição parcial ou completa



Em cada região tipificada da fachada é quantificada percentualmente a existência de manifestações patológicas em cada um dos 4 (quatro) níveis de degradação (Figura 2.50a).

Para a realização do mapeamento da sensibilidade dos revestimentos de fachadas às manifestações patológicas em si, são elaborados graficamente a partir dos dados obtidos, mapas em torno das diferentes áreas existentes na fachada, para cada tipo de dano. Na abordagem proposta, dois diferentes tipos de mapeamento são apresentados e representam dois indicadores distintos:

- (a) Mapas probabilísticos: as curvas traçadas expressam a chance de ocorrência de uma determinada manifestação patológica numa fachada, em torno de cada uma das seis diferentes áreas de fachada previamente definidas, observar figura 2.51. São obtidos através do produto da frequência de ocorrência pelo nível da degradação da manifestação patológica dada conforme a Equação 2.1;

$$P_{(A)} = f_{(A)} \times nd_{(A)} \quad (\text{Equação 2.1})$$

onde,

$P_{(A)}$  - probabilidade de ocorrência de uma determinada manifestação patológica A (varia entre 0 e 1);

$f_{(A)}$  - frequência de ocorrência de um problema A, conforme indicado nos resultados de obtidos em campo ou bancos de dados (varia entre 0 e 1);

$nd_{(A)}$  - nível de degradação registrado para um problema A (varia entre 0 e 1), para níveis de degradação que vão de 0 (sem degradação) a 4 (degradação intensa).

Considera-se o nível de degradação global das manifestações patológicas nos revestimentos de acordo com a expressão:

$$nd_{(A)} = (n_1 \times 1 + n_2 \times 2 + n_3 \times 3 + n_4 \times 4) / \Sigma (n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad (\text{Equação 2.2})$$

onde,

$nd_{(A)}$  – nível de degradação global da manifestação patológica analisada;

$n_i$  – somatório das manifestações patológicas de nível i (de 1 a 4).

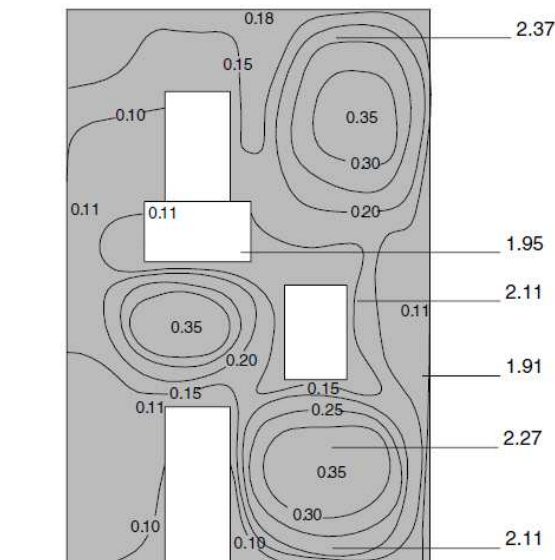


Figura 2.51 – Mapa probabilístico da ocorrência de manifestações patológicas (Gaspar e Brito, 2005)

- (b) Mapas de sensibilidade: expressam a sensibilidade de uma fachada para uma determinada manifestação patológica (Figura 2.52). São obtidos pelo produto entre a probabilidade de ocorrência “ $P_{(A)}$ ” e o peso de um determinado problema em relação a todas as manifestações patológicas registradas, ver equação 2.3;

$$S_{(A)} = P_{(A)} \times Pr_{(A)} \quad (\text{Equação 2.3})$$

onde,

$S_{(A)}$  - Sensibilidade de uma fachada para determinada manifestação patológica A (varia entre 0 e 1);

$P_{(A)}$  - Probabilidade de ocorrência do problema A, tal como determinado pela expressão (4.1);

$Pr_{(A)}$  - Peso relativo de um dado problema (A), entre todos os problemas registrados, como os obtidos nos registros de campo ou bancos de dados (varia entre 0 e 1).

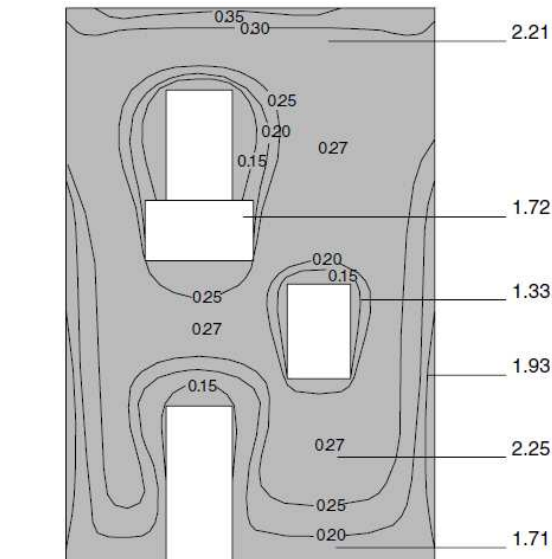


Figura 2.52 – Sensibilidade da fachada a problemas de umidade (à direita, nível de degradação médio de 0 a 4) (Gaspar e Brito, 2005)

### 2.3.3 – Ferramenta de inspeção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes

A ferramenta de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimento cerâmico aderente (RCA), apresentada esquematicamente na figura 2.53, foi construída por Silvestre (2005) e está em aprimoramento no Instituto Superior Técnico em Lisboa, Portugal. A formatação apresentada nesta dissertação foi desenvolvida pelo pesquisador José Silvestre juntamente com professor Jorge de Brito, em 2008.

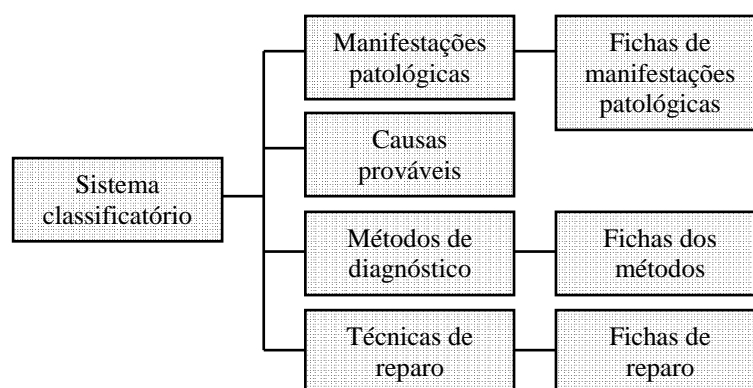


Figura 2.53 – Fluxograma de apoio à inspeção (Silvestre e Brito, 2008).

Inicialmente se identificam as manifestações patológicas ou anomalias, como tratam os autores, existentes no revestimento cerâmico aderente (RCA), conforme o apresentado na Tabela 2.14.

Tabela 2.14 – Classificação das anomalias no RCA (adaptada - Silvestre e Brito, 2008).

D.1_a – Descolamento na camada exterior	
D.s – Descolamento do sistema de RCA	
D.s1 na interface material de assentamento / base	D.s3 na própria base
D.s2 no seio da camada de regularização da base	
F.1_a – Fissuração na camada exterior	
F.s – Fissuração do sistema de RCA	
F.s1 fissuração da base propagada para o revestimento	F.s3 em zonas de concentração de tensões na base
F.s2 nas juntas de dilatação da base	
Dt.1 – Deterioração das placas cerâmicas	
Dt.11 esmagamento ou lascamento das bordas	Dt.13 eflorescências / criptoflorescência
Dt.12 desgaste ou risco	Dt.14 pequenas crateras sobre a superfície
Dt.j – Deterioração das juntas	
Dt.j1 eflorescência / criptoflorescências	Dt.j4 descolamento
Dt.j2 alteração de cor	Dt.j5 organismos vegetais
Dt.j3 fissura / perda de massa no seio do material de preenchimento das juntas	Dt.j6 consistência pulverulenta
E.s – Manifestações patológicas estéticas	
E.s1 deficiência de planeza ou existência de irregularidades na superfície do revestimento	E.s3 fissuração ou gretamento do esmalte das placas cerâmicas
E.s2 manchas, alteração de cor ou alteração de brilho das placas cerâmicas	

A classificação dos problemas parte de 4 (quatro) grandes grupos iniciais, que se subdividem em outros subgrupos:

- D – descolamento das placas cerâmicas:
  - D.1\_a: a anomalia abrange apenas a camada exterior do sistema de revestimento (as placas cerâmicas, respectivas juntas e camada de assentamento);
  - D.s: a anomalia abrange todos os elementos do sistema de revestimento cerâmico;
- F – fissuração dos constituintes do RCA indicados em cada caso:
  - F.1\_a: a anomalia abrange apenas a camada exterior do sistema de revestimento;
  - F.s: a anomalia abrange todos os constituintes do sistema de revestimento;
- Dt – deterioração limitada aos constituintes do sistema de revestimento cerâmico indicados, afetando diretamente o desempenho destes:
  - Dt.l: a manifestação patológica afeta apenas as placas cerâmicas;
  - Dt.j: a manifestação patológica afeta apenas as juntas de revestimento;

- E.s – manifestações patológicas estritamente de ordem estética que afetam os constituintes do sistema de revestimento, não pondo em causa o seu desempenho.

Em seguida se elencam as prováveis causas das anomalias RCA, tal como na Tabela 2.15.

Tabela 2.15 – Classificação das prováveis causas das anomalias no RCA (adaptada - Silvestre e Brito, 2008).

C - A Falhas de projeto	
C - A1 escolha de materiais incompatível, omissa, ou não adequada à utilização	
C - A2 estereotomia não conforme com as características da base	
C - A3 prescrição de colagem simples em vez de dupla	
C - A4 dimensionamento incorreto das juntas do RCA	
C - A5 inexistência de juntas de assentamento, de movimentação ou estruturais	
C - A6 existência de zonas do RCA inacessíveis para limpeza	
C - A7 cuidado deficiente no detalhamento das zonas singulares do RCA	
C - A8 inexistência ou insuficiência de pendentos em pavimentos exteriores	
C - A9 inexistência ou anomalia dos elementos periféricos do RCA	
C - A10 deformações excessivas da base	
C - A11 umidade ascensional do terreno	
C - B Erros de execução	
C - B1 utilização de materiais não prescritos e/ou incompatíveis entre si	C - B9 colagem simples em vez de dupla
C - B2 aplicação em condições ambientais extremas	C - B10 utilização de material de assentamento ou de preenchimento de juntas de retração elevada
C - B3 desrespeito pelos tempos de espera entre as várias fases de execução	C - B11 preenchimento de juntas sujas
C - B4 aplicação em bases sujas, pulverulentos ou não regulares	C - B12 execução de juntas com largura ou profundidade inadequada / não execução
C - B5 desrespeito pelo tempo aberto da argamassa colante	C - B13 preenchimento incompleto das juntas de assentamento
C - B6 espessura inadequada do material de assentamento	C - B14 desrespeito pela estereotomia do RCA
C - B7 contato incompleto placa cerâmica / material de assentamento	C - B15 inexistência ou insuficiência de pendentos em pavimentos exteriores
C - B8 assentamento de placas cerâmicas nas juntas de dilatação da base	C - B16 encaixamento de acessórios metálicos não protegidos nas juntas
C - C Ações acidentais	
C - C1 choques contra o RCA	C - C4 circulação de pessoas ou veículos nos pavimentos
C - C2 vandalismo / grafite	C - C5 deformação da base
C - C3 concentração de tensões na base	

C - D Ações ambientais	
C - D1 vento	C - D6 umedecimento do RCA
C - D2 radiação solar	C - D7 ação biológica
C - D3 exposição solar reduzida	C - D8 poluição atmosférica
C - D4 choque térmico	C - D9 criptoflorescências
C - D5 lixiviação dos materiais do RCA que contêm cimento	C - D10 envelhecimento natural
C - E Falhas de manutenção	
C - E1 ventilação insuficiente interiores	C - E3 limpeza
C - E2 falta de limpeza do RCA ou de zonas adjacentes	C - E4 anomalias em canalizações
C - F Alteração das condições inicialmente previstas	
C - F1 cargas excessivas em RCA de pavimentos	C - F3 desrespeito pelo tempo de espera até à utilização do RCA de piso
C - F2 aplicação de cargas verticais excessivas em RCA de paredes	

Depois se apresentam métodos de diagnóstico *in-situ* do RCA, de forma a facilitar a identificação das anomalias, conforme a Tabela 2.16.

Tabela 2.16 – Lista dos métodos de diagnósticos *in-situ* de RCA (adaptada - Silvestre e Brito, 2008).

M - A Inspeção visual	
M-A1 Fissurômetro	M-A2 Medição da inclinação de RCA
M - B Métodos mecânicos	
M-B1 Choque de esfera	
M - C Métodos ultra-sônicos	
M-C1 Ultra-sons	
M -D Métodos acústicos	
M-D1 Percussão	
M - E Métodos térmicos	
M-E1 Ensaio termográfico	
M - F Ensaio de tensão / Deformação	
M-F1 Selos de gesso	M-F2 <i>Pull-off</i>

E finalmente, se sugerem técnicas de reparação, como as apresentadas na Tabela 2.17.

Tabela 2.17 – Lista de técnicas de reparo (rc), preventivas (rp) e trabalhos de manutenção (m) (adaptada - Silvestre e Brito, 2008).

R-A Superfície do RCA	
R-A1 limpeza do RCA (rc)	R-A2 aplicação de protetor de superfície (rp)
R-B Material de assentamento	
R-B1 injeção de resinas de preenchimento (rc)	R-B2 reforço da camada de assentamento em zonas localizadas (rp)
R-C Juntas	
R-C1 aumento da espessura ou inserção de juntas (rp)	R-C3 substituição do material de preenchimento (rc / m)
R-C2 remoção de elementos metálicos corroídos (rp)	R-C4 aplicação de fungicida (rp)
R-D RCA	
R-D1 substituição de RCA (rc)	R-D3 aplicação de novo RCA sobre o existente (rc)
R-D2 reparo dos pontos singulares de entrada de água em RCA de fachadas (rc)	R-D4 proteção de cantos salientes
R-E Suporte	
R-E1 substituição da camada de regularização (rc)	R-E3 reparo de trincas estabilizadas em panos de alvenaria
R-E2 reparo de anomalias em canalizações encastradas (rp)	
R-F Envolvente	
R-F1 reparação de anomalias em canalizações à vista (rp)	R-F2 limpeza de zonas horizontais de fachadas (rp /m)

A partir dos dados obtidos e após tabulados, elaboram-se matrizes de correlação, tais como as mencionadas a seguir, e exemplificadas pela Tabela 2.18:

- Matriz de correlação anomalias / causas prováveis;
- Matriz de correlação inter-anomalias;
- Matriz de correlação anomalias / métodos de diagnóstico;
- Matriz de correlação anomalias / técnicas de reparo.

O preenchimento das matrizes é feito com o grau de correlação entre os dados relacionados, que é inscrito por um número representativo, de acordo com o seguinte critério:

- 0 – sem relação;
- 1 – pequena relação;
- 2 – grande relação.

Tabela 2.18 – Matriz de correlação anomalia / causas prováveis (Silvestre e Brito, 2008).

A \ C	C-A1	C-A2	C-A3	C-A4	C-A5	C-A6	C-A7	C-A8	C-A9	C-A10	C-A11
D.1_a	1		2	1	1					1	
D.s1	1						1			1	
D.s2	1								1		
D.s3	1						1			1	1
F.1_a											1
F.s1										1	
F.s2					1		1		1	1	
F.s3							2			1	
Dt.l1	1	1		1	2					1	
Dt.l2	2										
Dt.l3	1							2	1		2
Dt.l4	1										
Dt.j1								2	1		2
Dt.j2	1					1			1		
Dt.j3	1			1							
Dt.j4	1			1							
Dt.j5								1	1		1
Dt.j6	1							1			
E.s1		1					1		1	1	
E.s2						1					
E.s3	1										



### **3 – METODOLOGIA DA PESQUISA**

#### **3.1 – INTRODUÇÃO**

No sentido de sistematizar a abordagem das manifestações patológicas incidentes em sistemas de revestimento de fachada, esta dissertação apresenta estudos de seis edifícios situados na cidade de Brasília.

Apresenta-se uma metodologia prática e objetiva no sentido de analisar sistemas de revestimento de fachada danificados. Enfatiza-se a importância das rotinas de inspeção, se considera os mecanismos envolvidos no surgimento das manifestações patológicas por região de ocorrência na fachada, e busca-se o grau de incidência das mesmas, colaborando para elaboração de diagnósticos mais precisos.

A metodologia utilizada neste estudo é resultante do aprimoramento da metodologia de avaliação de fachada e diagnóstico de patologias adotado pelo LEM – UnB; adaptação da ferramenta desenvolvida por Gaspar e Brito (2005) que tem por finalidade associar as manifestações patológicas com as regiões de incidência e, complementarmente, adequação da ferramenta proposta por Silvestre e Brito (2008) para correlacionar os danos às suas causas prováveis.

A metodologia se fundamenta, basicamente, na sequência de procedimentos apresentados na figura 3.1. Para melhor sistematização optou-se por dividi-la em três etapas: coleta de dados, tratamento dos dados e, por fim, diagnóstico.

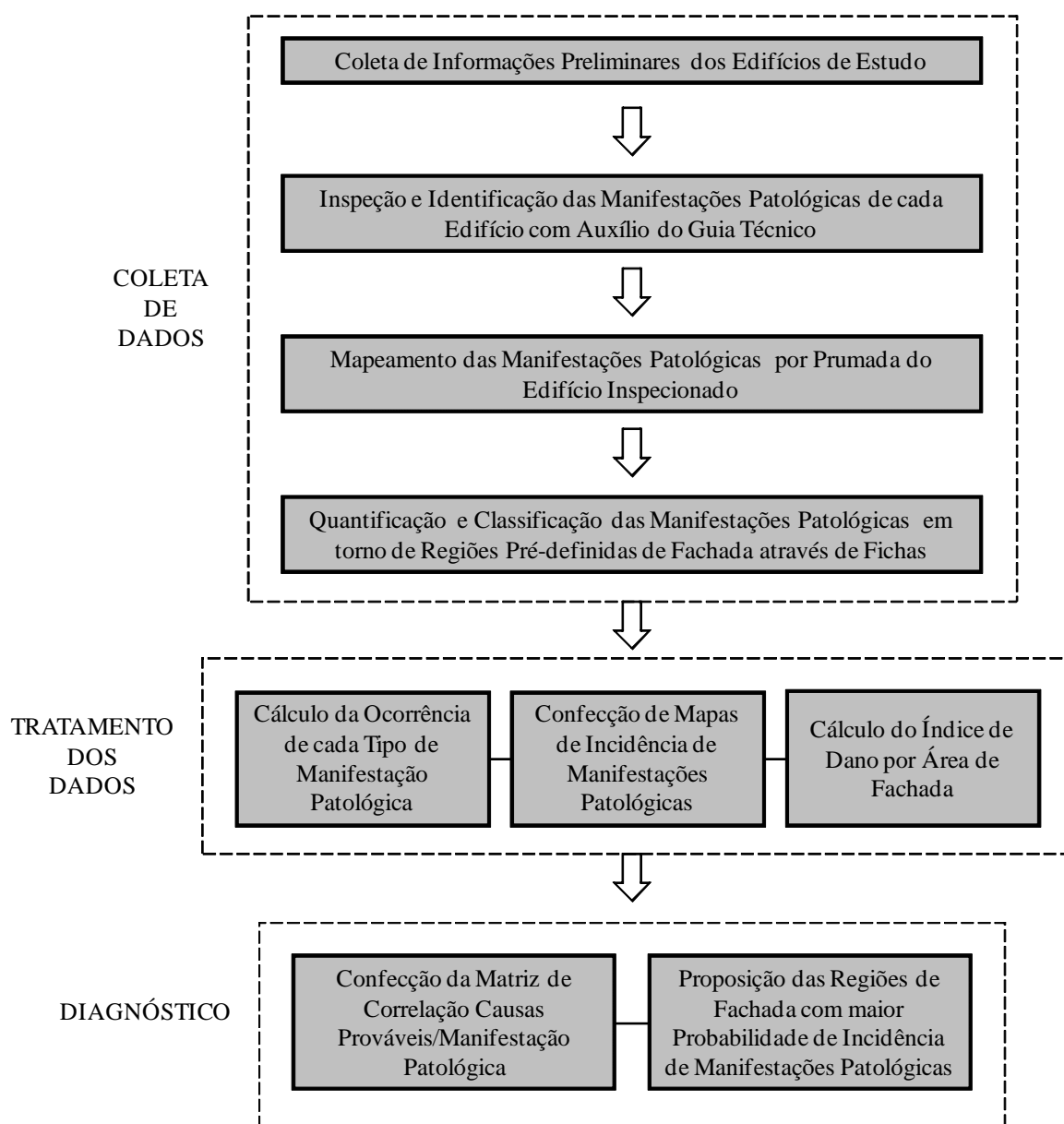


Figura 3.1 – Fluxograma da metodologia de estudo utilizada nesta pesquisa.

A versatilidade da metodologia consiste na possibilidade de aplicá-la em diferentes tipos de edifícios, distintos em altura, projeto arquitetônico e idade, por exemplo, e ainda assim, estabelecer comparações entre os mesmos.

No estudo em questão optou-se por selecionar edifícios com o mesmo tipo de sistema construtivo, estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, erguidos sobre pilotis, com idades distintas, porém inferior a 40 (quarenta) anos, em cujas fachadas são utilizados revestimentos cerâmicos ou revestimentos em argamassa com acabamentos em pintura.

### 3.2 – COLETA DE DADOS

Nesta primeira etapa procede-se com a coleta de documentação e informações preliminares dos edifícios de estudo; inspeção e identificação dos danos nas fachadas com auxílio de um Guia Técnico de Manifestações Patológicas, elaborado e utilizado nesta pesquisa; registro das manifestações patológicas visíveis por prumada do edifício num croqui da fachada em questão; e quantificação e classificação das manifestações patológicas em torno de regiões tipificadas de fachada previamente definidas através de fichas.

A inspeção e o registro das manifestações patológicas visíveis foram realizados conforme previsto na metodologia LEM – UnB, por prumada do edifício num croqui da fachada em questão. Durante este procedimento foi utilizado um Guia Técnico de Identificação de Manifestações Patológicas que foi elaborado no estudo atual e segue apresentado como apêndice nesta dissertação. O guia consiste numa ferramenta de identificação e caracterização de danos incidentes sobre sistemas de revestimento de fachadas, no qual as manifestações patológicas são apresentadas por meio de registros fotográficos, de forma a facilitar o reconhecimento das mesmas.

Cabe destacar que as inspeções dos edifícios apresentados neste estudo foram realizadas por equipes técnicas distintas e com objetivos específicos em determinado momento; deu-se ênfase em algumas manifestações patológicas em detrimento de outras em cada edifício, conforme se observará mais adiante na caracterização dos estudos de caso e apresentação dos resultados.

A inspeção dos cinco primeiros edifícios (A, B, C, D e E) foi realizada pela equipe do LEM – UnB, com a adoção de inspeção localizada e ensaios laboratoriais complementares à inspeção visual. Enquanto que, a inspeção do edifício F foi feita inteiramente pela pesquisadora deste estudo, e de caráter estritamente visual. Os demais procedimentos da pesquisa, como o tratamento dos dados, foram efetuados pela autora em todos os seis edifícios de estudo.

Procedeu-se o mapeamento dos dados de manifestações patológicas recolhidas em campo, adaptando-se a proposição de Gaspar e Brito (2005), sendo que, diferentemente do primariamente sugerido pelos autores, que definiram apenas seis áreas de fachada,

estabeleceram-se desta vez, oito diferentes regiões de análise tipo nas fachadas, conforme mostra a figura 3.2: (1) próximo ao nível do solo (caso haja contato com mesmo), (2) sobre paredes contínuas, (3) em torno das aberturas (janelas, portas, elementos vazados, etc.), (4) no topo (platibanda, abaixo de cornijas, rufos e beirais), (5) em sacadas ou varandas, (6) nos cantos e extremidades, (7) acerca das juntas, e em havendo ausência de juntas de movimentação horizontal a cada pé direito, (8) na transição entre pavimentos.

A inserção da região de transição entre os pavimentos deu-se face à realidade encontrada marcadamente nos edifícios de Brasília, que em sua maioria, possui múltiplos pavimentos, e cuja transição estrutura (laje, viga) com a alvenaria mostra-se danificada muitas das vezes. Já a região de entorno das juntas também mereceu ser acrescida no estudo, devido ao uso frequente deste elemento construtivo, nas suas mais diversas funções (movimentação, dessolidarização e estrutural) nas edificações dentro da cidade contexto da pesquisa.

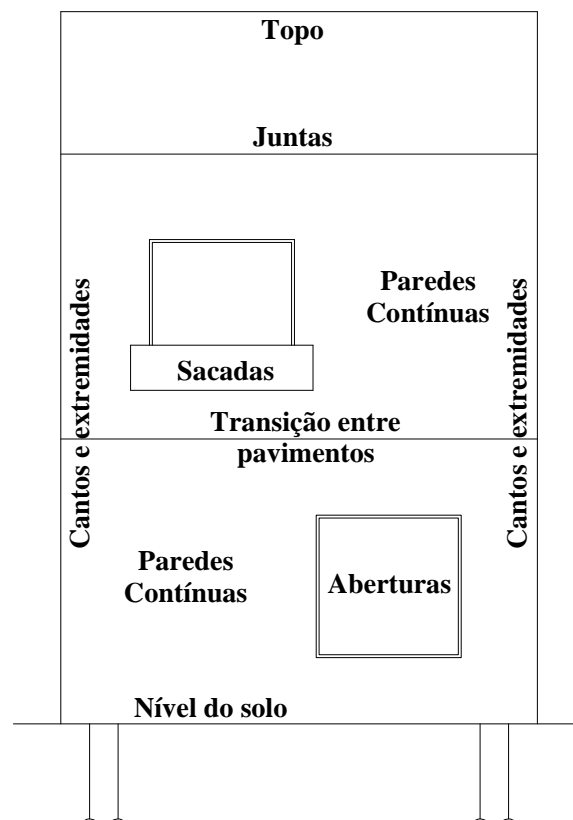


Figura 3.2 – Representação esquemática das regiões de análise tipo numa fachada (modificado – Gaspar e Brito, 2005).

A quantificação dos danos levantados foi registrada em fichas identificadas para cada edifício, especificadas por prumada inspecionada e considerando-se a devida orientação cardeal da fachada a que pertencia a prumada (Tabela 3.1). Cada pavimento é analisado por vez, limitado à região detida no intervalo entre as linhas divisórias que demarcam os andares. Os danos são considerados como de dada região de análise tipo ao verificar-se a origem da manifestação patológica partindo da mesma, e então se contabilizam os registros gráficos existentes sobre elas.

Tabela 3.1 – Ficha modelo de quantificação de manifestações patológicas por prumada de um edifício específico.

FICHA DE QUANTIFICAÇÃO						
Edifício:						
Prumada:			Orientação da fachada:			
Localização		Manifestações Patológicas				
Andar	Região	Desc. cerâmico	Desplac. cerâmico	Falha de rejunte	Fissuração	Eflorescência
1°	Nível do solo					
	Paredes contínuas					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos e extremidades					
	Juntas					
	Transição entre pavimentos					
2°	Paredes contínuas					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos e extremidades					
	Juntas					
	Transição entre pavimentos					
3°	Paredes contínuas					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos e extremidades					
	Juntas					
	Transição entre pavimentos					
	Topo					

### 3.3 – TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados obtidos durante a primeira etapa da metodologia desta pesquisa, neste momento são organizados de forma a direcionar o pesquisador a um diagnóstico provável das manifestações patológicas. Calculam-se as ocorrências de cada tipo específico de manifestação patológica identificada e apresentam-se as mesmas por meio de gráficos de setores (pizza); confeccionam-se mapas de incidência de manifestações patológicas em cima da representação esquemática das regiões de análise tipo numa fachada e finalmente, calcula-se o índice de dano por área de fachada.

Interessa para fins desta pesquisa a confecção de mapas de incidência de manifestações patológicas aplicadas não somente a sistemas de revestimento de fachada com argamassa, conforme sugere Gaspar e Brito (2005), mas também a sistemas com acabamento cerâmico. Por considerar-se a ferramenta original com teor muito subjetivo no que diz respeito ao estabelecimento de níveis de degradação, optou-se por desprezar o cálculo da probabilidade de ocorrência e o de sensibilidade como proposto pelos pesquisadores.

Foram confeccionados mapas com dados quantitativos obtidos durante a inspeção dos edifícios estudados, mostrando os tipos mais prováveis de danos relacionados a cada área de ocorrência da fachada. Os mapas apresentam em termos percentuais a incidência de manifestações patológicas sobre um esquema padrão de regiões tipificadas da fachada.

O índice de dano/m<sup>2</sup> de área de fachada é um dispositivo apresentado nesta dissertação a fim de mensurar a gravidade de deterioração das fachadas, onde se relaciona a quantidade de manifestações patológicas com a área da fachada em questão, conforme apresentado na equação 3.1. Quanto maior for o índice, constata-se que mais degradada está a fachada.

$$I_d = \frac{N_m}{A_f} \text{ (Equação 3.1)}$$

Onde,

$I_d$  – índice de dano/m<sup>2</sup> de área de fachada;

$N_m$  – número de manifestações patológicas (quantidade);

$A_f$  – área da fachada (m<sup>2</sup>).

Estas proposições da pesquisa fornecem balizamentos de diagnóstico, facilitam a identificação da origem das manifestações patológicas e contribuem para a mensuração do grau de deterioração de determinado sistema de revestimento em torno de áreas pré-estabelecidas.

### **3.4 – DIAGNÓSTICO**

Nesta fase final da metodologia procede-se com a confecção de uma matriz de correlação causas prováveis / manifestação patológica e realiza-se a proposição das regiões com maior probabilidade de incidência e diagnóstico.

A matriz de correlação apresentada neste trabalho espelha-se na ferramenta preconizada por Silvestre e Brito (2008), todavia, considera apenas dados obtidos na situação específica dos estudos de caso realizados. A matriz apresentada correlaciona manifestações patológicas que ocorrem no sistema de revestimento de fachada (SRF) às suas causas mais prováveis.

O diagnóstico estima a origem dos problemas, resguardando-se das análises das manifestações patológicas com base nas regiões de ocorrência ao longo da fachada, e baseando-se nos mecanismos de ocorrência das mesmas.

## **4 – CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO**

### **4.1 – CONTEXTO DOS EDIFÍCIOS ESTUDADOS**

Para o desenvolvimento dos estudos de caso escolheu-se a cidade de Brasília, no Distrito Federal. A cidade é capital do Brasil, inaugurada em 21 de abril de 1960, e o primeiro núcleo urbano construído no século XX considerado Patrimônio Histórico da Humanidade pelo Comitê do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, em dezembro de 1987.

Nesta cidade, apesar do desenvolvimento de técnicas construtivas inovadoras, uso de novos materiais e do cuidado crescente no que se refere a projeto e execução de fachadas, muito se tem visto de falhas nos revestimentos.

#### **4.1.1 – Abordagem histórica das edificações e procedimentos construtivos em Brasília**

Brasília, apesar de ser uma cidade relativamente nova, pode ter o histórico suas edificações residenciais dividido em dois períodos de construção. O primeiro, compreendendo edifícios construídos entre os anos 60 até fim da década de 1970, quando vigoraram os Códigos de Obra de 1960, seguido do de 1967. Já o segundo período abrangendo edifícios construídos a partir da década de 80, época na qual vigorou o Código de Obra de 1989.

De acordo com Amorim e Flores (2005), nos edifícios residenciais pertencentes ao primeiro período, são características a presença de empenas cegas, salas e quartos voltados para a fachada frontal, janelas corridas, quebra-sol e existência de áreas de serviço protegidas da visibilidade externa por elementos vazados. Nestes, é comum o revestimento com reboco pintado ou pastilhas pequenas.

Já os edifícios concebidos a partir dos anos 80, segundo as mesmas autoras, apresentam como principais características, as formas mais recortadas, a presença de varandas, ocupação das empenas, apartamentos não vazados e a predominância de certos tipos de fechamentos opacos e transparentes. Nestes edifícios distingue-se maior uso dos revestimentos cerâmicos, especialmente a cerâmica esmaltada de 10x10 cm, utilização de placas de mármore ou granito e o pouco uso do concreto aparente.

Quanto aos edifícios de escritórios em Brasília, estes são notadamente marcados pelo uso de fachadas envidraçadas.

No que se refere ao procedimento executivo das edificações, Almeida (1994) estudou o processo de evolução do uso de argamassas em Brasília, embasado no conhecimento de engenheiros que fizeram parte da construção da cidade. Em sua pesquisa constatou que até o final da década de 70, o assentamento de placas cerâmicas era um processo artesanal e baseava-se na experiência do mestre de obras. Este assentamento era feito com argamassa convencional rodada em obra, sem aditivos, com alto consumo de cimento e elevada porosidade. Conhecida como “bolão”, a argamassa tinha espessura média em torno de 20 mm. Para diminuir a perda de água por sucção para o substrato e para o ambiente por evaporação, costumava-se imergir a placa cerâmica em água, assentando-a úmida.



A partir da década de 80, as atividades construtivas passaram a ter algum tipo de controle. Começou a adotar-se a argamassa colante no trabalho de execução dos revestimentos em argamassa, que trouxe consigo ganho de produtividade. No sentido de otimizar o desempenho das edificações a empresa ENCOL, responsável pelos maiores avanços na tecnologia construtiva nas décadas de 80 e 90 no Brasil, propõe o uso de argamassas pré-misturadas nas centrais, com traço em massa de 1:1:5 (cimento:saibro:areia) para aplicação no emboço, sendo necessária apenas o acréscimo de água em obra, um avanço considerável, ainda que utilizasse saibro.

Em se tratando da incidência de manifestações patológicas referentes à execução dos revestimentos de fachada em Brasília, o desconhecimento das propriedades de materiais e a falta de normalização na primeira época, bem como a adoção de construções mais esbeltas no segundo momento, foram identificados como as principais fontes de danos.

O saibro foi largamente utilizado por conferir plasticidade às argamassas, todavia este uso indiscriminado sem o devido conhecimento de suas propriedades implicou no surgimento de danos nos revestimentos, como fissuras de retração, pulverulência, descolamento entre outros. Só entre 1995 e 2000 que o saibro foi sendo substituído em Brasília pelo uso da cal.

É importante destacar que nos períodos iniciais da construção de Brasília, cerâmicas recomendadas para uso em revestimentos externos ainda estavam sendo introduzidas no mercado. Logo, era comum a utilização de placas cerâmicas indicadas para uso interno, nas fachadas sem controle ou ensaios prévios.

#### **4.1.2 – Condições climáticas da região de estudo**

Localizada na região central do Brasil, Brasília é uma cidade de clima tropical de altitude,. Conforme o zoneamento bioclimático do território brasileiro, apresentado na Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), entre as oito zonas que agrupam regiões de climas semelhantes, Brasília localiza-se na Zona 4 (Figura 4.1) que abrange 2% do território nacional.

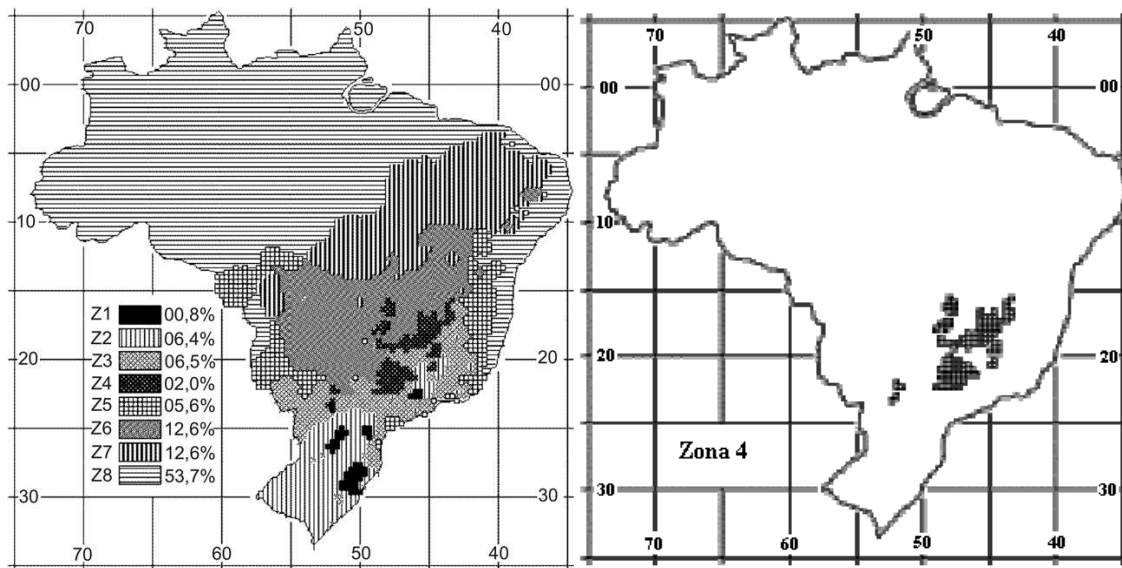


Figura 4.1 – Mapa de zoneamento bioclimático brasileiro (esquerda) e mapa com destaque à zona 4, na qual se enquadra Brasília (ABNT NBR 15220-3, 2005).

A cidade é caracterizada por apresentar dois períodos bem definidos, um quente e úmido entre outubro e abril, e outro quente e seco de maio a setembro, considerado dos mais agressivos se comparada às outras regiões brasileiras.

Observando-se dados ilustrados nos gráficos climatológicos de umidade e de insolação, figuras 4.1 e 4.2 respectivamente, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), é fácil comprovar a distinção entre os dois períodos climáticos.

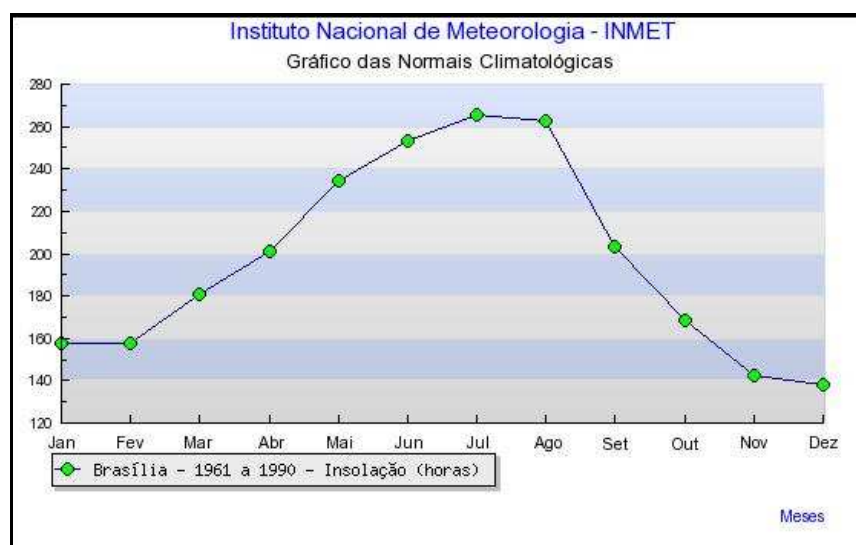


Figura 4.2 – Gráfico climatológico de insolação de Brasília (INMET, 2010).

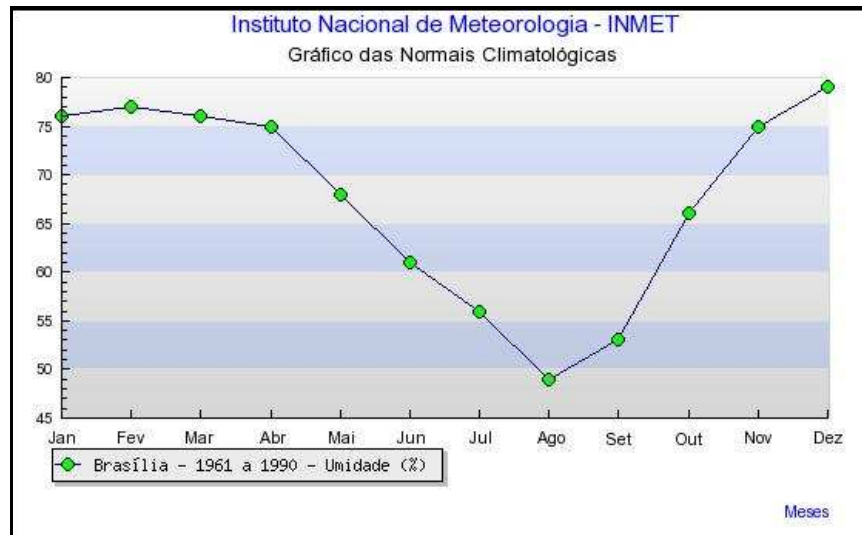


Figura 4.3 – Gráfico climatológico de umidade de Brasília (INMET, 2010).

Conforme Braga e Amorim (2004), por sua localização na área central do país e sua altitude, em média 1100 m, Brasília têm amplitudes diárias de temperatura consideráveis, especialmente no período seco, cerca de 14°C, e na estação chuvosa de aproximadamente 10°C. A temperatura média anual é de cerca de 19,8°C, podendo chegar aos 30,0°C de média das máximas em setembro, e aos 10,5°C de média das mínimas nas madrugadas de inverno, em julho. A umidade média anual é das mais baixas do Brasil, em torno de 67%, sendo que, de abril a setembro a umidade relativa alcança níveis inferiores a 25%.

Pereira (2007) destaca a importância da relação existente entre as condições climáticas, como a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente e a velocidade dos ventos, e a perda de água por evaporação. Segundo o autor, a retração e o desempenho mecânico da argamassa estão intimamente ligados à quantidade de água presente no material no estado fresco e no endurecido a cada instante. A evaporação de água da argamassa para o meio ambiente tende a esvaziar progressivamente os capilares da argamassa, gerando uma pressão negativa, até que grande parte da água intersticial seja evaporada, causando contração, que ocasiona tensões internas.

No caso específico de Brasília, o intervalo de tempo de estiagem, é o mais propício para o surgimento de manifestações patológicas, especialmente decorrentes da retração da argamassa. Entretanto, é neste período, que normalmente são executados os revestimentos de fachadas dos edifícios.

## **4.2 – COLETA DE DADOS**

A escolha das edificações do estudo de caso foi baseada em inspeções previamente realizadas pelo LEM - UnB (Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília). Foram selecionados edifícios que fossem representativos no que diz respeito ao estilo de construções habitacionais existentes na cidade de Brasília.

Os edifícios selecionados possuem o mesmo tipo de sistema construtivo, estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos, de idades distintas, porém inferior a 40 (quarenta) anos, cujas fachadas são revestidas somente com revestimento cerâmico ou com revestimento de argamassa e acabamentos como pintura.

Durante a apresentação da coleta de dados, optou-se por uma análise não unificada das informações obtidas, face à tipologia diversificada e peculiaridade de cada edifício. Preferiu-se, portanto, analisar cada um isoladamente.

### **4.2.1 – Edifício A**

#### 4.2.1.1 – Dados de identificação

- Tipo de uso da edificação: Residencial;
- Idade: Conclusão em 1999, 11 anos;
- Número de pavimentos: 6 pavimentos tipo;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos;
- Acabamento de fachada: 3 tipos de cerâmica, azul-escura, bege e marrom (10 x 10 cm);
- Projeto de revestimento: Não;
- Intervenções anteriores: Sim, 2005;
- Área total aproximada de fachada: 3361,60 m<sup>2</sup>;
- Principais falhas observadas nas fachadas: descolamento (87%) e deslocamento (2%) das peças cerâmicas, falha de rejunte (8%), fissuração (2%) e eflorescência (1%), como mostra a figura 4.4.

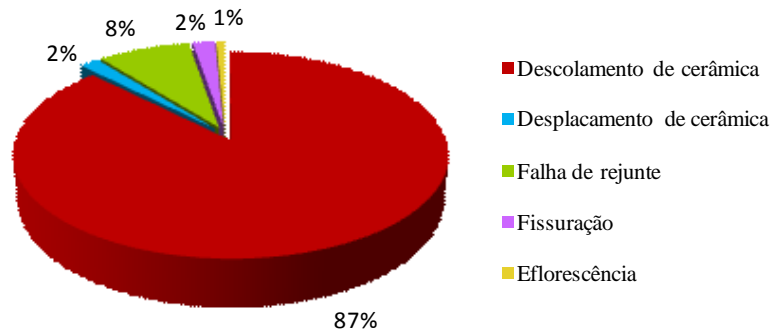


Figura 4.4 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício A.

Como peculiaridades o edifício consta, em seu sistema de revestimento da fachada, de juntas de dilatação horizontal entre cada pavimento, rente à região superior das janelas e suas fachadas principais apresentam sacadas (Bauer *et al.*, 2009).

#### 4.2.1.2 – Orientação das fachadas

Para facilitar a coleta de dados, as fachadas do edifício A, bem como de todos os demais edifícios, foi subdividida em prumadas:

- Fachada principal de entrada: noroeste, subdividida nas prumadas 1/A, 1/B, 1/C e 1/D (Figura 4.6);
- Empena 2: sudoeste (Figura 4.7);
- Fachada posterior: sudeste, subdividida nas prumadas 2/A, 2/B, 2/C e 2/D (Figura 4.7);
- Empena 1: nordeste (Figura 4.6).

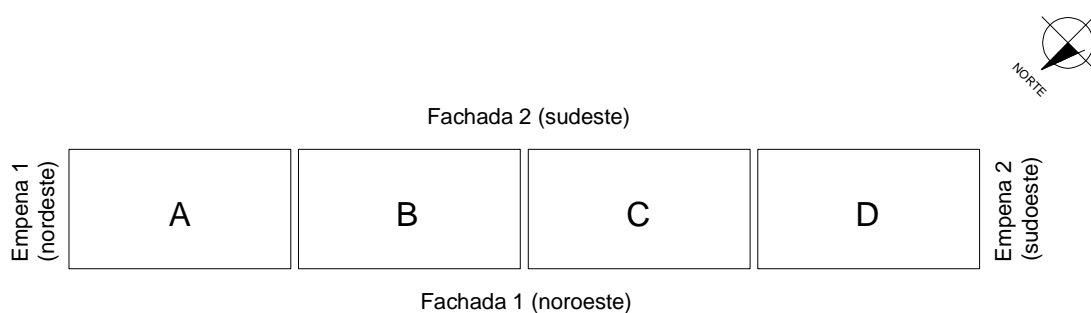


Figura 4.5 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício A.



Figura 4.6 – Fotos das fachadas nordeste (esquerda) e noroeste (direita) do edifício A.



Figura 4.7 – Fotos das fachadas sudoeste (esquerda) e sudeste (direita) do edifício A.

## 4.2.2 – Edifício B

### 4.2.2.1 – Dados de identificação

- Tipo de uso da edificação: Residencial
- Idade: conclusão em 1970, 40 anos;
- Número de pavimentos: 6 pavimentos tipo;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação de blocos cerâmicos e alguns panos de elementos vazados feitos de cimento;
- Acabamento de fachada: 3 tipos de cerâmica, cinza-clara, azul e bege (2 x 2 cm);
- Projeto de revestimento: Não;
- Intervenções anteriores: Não;
- Área total aproximada de fachada: 1217,34 m<sup>2</sup>;

▪ Principais falhas observadas nas fachadas: descolamento (55%) e deslocamento (7%) das peças cerâmicas, falha de rejunte (24%), fissuração (12%) e falha de vedação (2%), como mostra a figura 4.8.

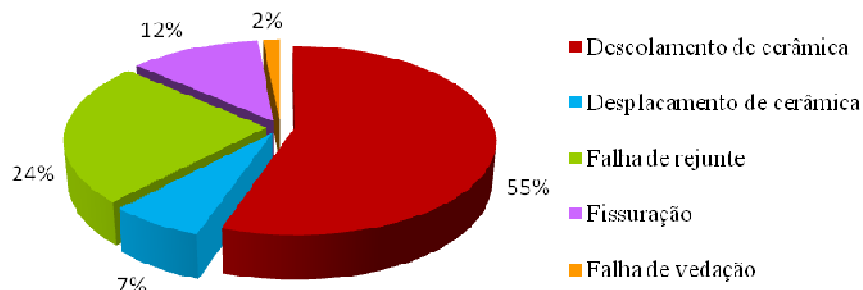


Figura 4.8 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício B.

O edifício B consiste num bloco de um edifício residencial com tipologia típica do Plano Piloto de Brasília. O edifício no todo, consta de três blocos com seis pavimentos sobre pilotis, separados por juntas estruturais, e não possui juntas de movimentação horizontal entre os pavimentos. Intercalando as caixas de escada e elevadores, possui panos de elemento vazado (Bauer *et al.*, 2006b).

#### 4.2.2.2 – Orientação das fachadas

- Fachada principal de entrada: sudeste, subdividida nas prumadas A/1, A/2, A/3, A/4, A/5, A/6, A/7 e A/8 (Figura 4.10);
- Empena: nordeste (Figura 4.11);
- Fachada posterior: noroeste, subdividida nas prumadas B/1, B/2, B/3, B/4, B/5, B/6, B/7, B/8, B/ 1-2 (caixa de escada); B/ 3-4 (caixa de escada), B/5-6 (caixa de escada) e B/7-8 (caixa de escada) (Figura 4.10);

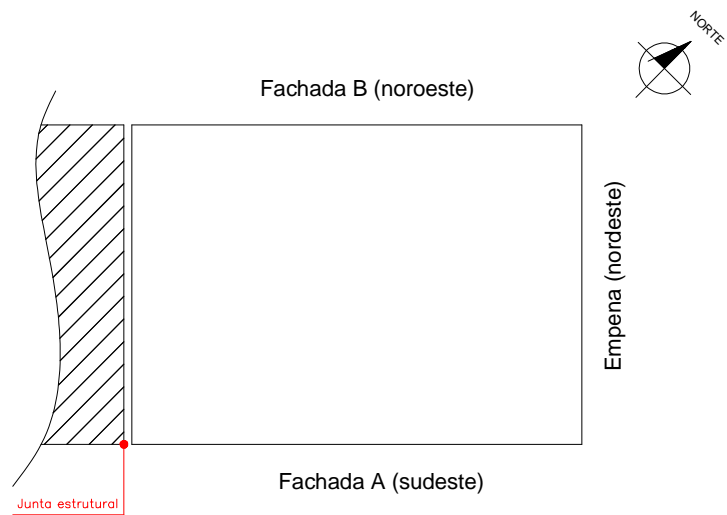


Figura 4.9 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício B.



Figura 4.10 – Fotos das fachadas sudeste (esquerda) e noroeste (direita) do edifício B.



Figura 4.11 – Fotos da junta estrutural existente entre blocos (esquerda), detalhe do pano de elementos vazados (centro) e empena (direita) do edifício B.



## 4.2.3 – Edifício C

### 4.2.3.1 – Dados de identificação

- Tipo de uso da edificação: Residencial;
- Idade: conclusão em 1970, 40 anos;
- Número de pavimentos: 6 pavimentos tipo;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação de blocos cerâmicos e alguns panos de elemento vazado feito com cimento;
- Acabamento de fachada: 2 tipos de cerâmica, marrom (4 x 4 cm) e cinza (2 x 2 cm);
- Projeto de revestimento: Não;
- Intervenções anteriores: Não;
- Área total aproximada de fachada: 3432,00 m<sup>2</sup>;
- Principais falhas observadas nas fachadas: descolamento das peças cerâmicas (83%), falha de rejunte (6%), fissuração (9%) e falha de vedação (2%), como mostra a figura 4.12.

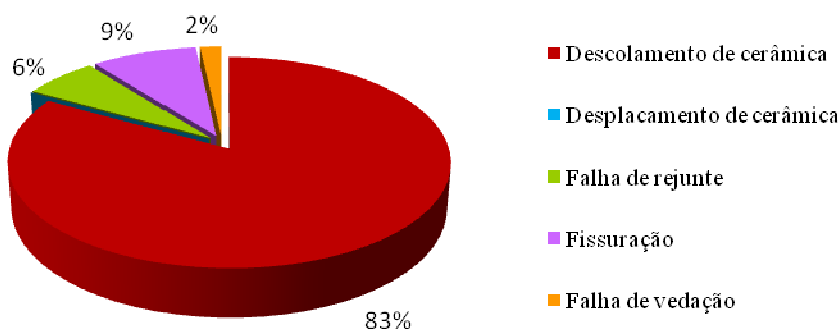


Figura 4.12 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício C.

O edifício C segue as mesmas características do edifício B, é erguido sobre pilotis, com 2 (duas) juntas estruturais que separam 3(três) blocos, possui um total de 36 apartamentos distribuídos em 6 pavimentos tipo, e garagem. Não apresenta junta de movimentação horizontal no sistema de revestimento cerâmico, visto que não era usual o emprego deste tipo de juntas na época de construção do edifício, excetuando-se as juntas estruturais. Somente a caixa de escada e de elevador mantém contato com o solo (Bauer *et al.*, 2006a).

#### 4.2.3.2 – Orientação das fachadas

- Fachada principal de entrada (possui varandas): norte, subdividida nas prumadas A/1, A/2 e A/3;
- Empena D: oeste;
- Fachada posterior (possui as caixas de escada e elevadores): sul, subdividida nas prumadas B/1, B/2 e B/3;
- Empena C: leste.

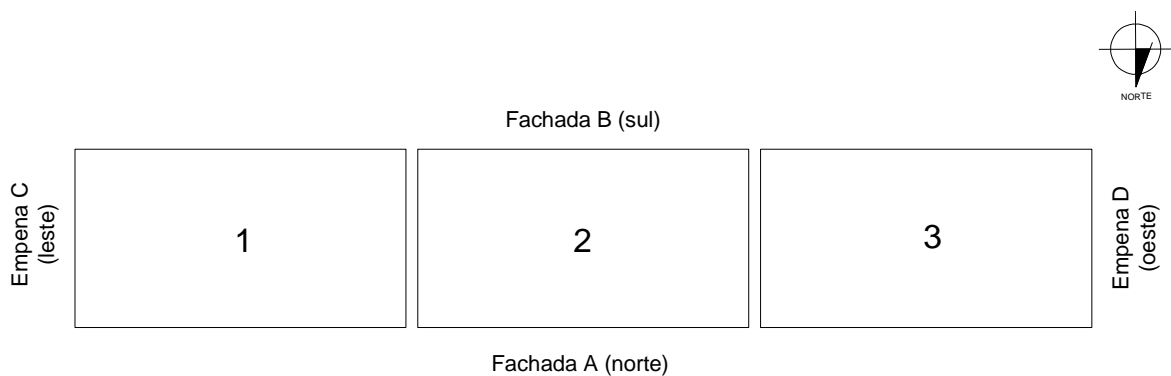


Figura 4.13 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício C.



Figura 4.14 – Fotos das fachadas oeste (esquerda), norte (centro) e leste (direita) do edifício C.



Figura 4.15 – Fotos representativas da fachada sul do edifício C.

#### 4.2.4 – Edifício D

##### 4.2.4.1 – Dados de identificação

- Tipo de uso da edificação: Residencial;
- Idade: conclusão em 2000, 10 anos;
- Número de pavimentos: 12 pavimentos tipo;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos;
- Acabamento de fachada: 4 tipos de cerâmica, cinza-clara, cinza-escura, branca e vermelha (10 x 10 cm);
- Projeto de revestimento: Não;
- Intervenções anteriores: Não;
- Área total aproximada de fachada: 3843,01 m<sup>2</sup>;
- Principais falhas observadas nas fachadas: descolamento (91%) e deslocamento (9%) das peças cerâmicas como mostra a figura 4.16.

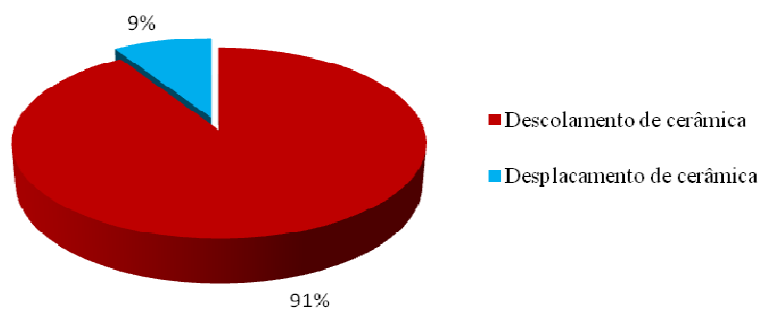


Figura 4.16 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício D.

O edifício D apresenta no sistema de revestimento cerâmico das fachadas laterais, juntas de movimentação horizontais, a cada pavimento (aprox. 2,80m). Contém panos de pele de vidro em três das fachadas (Bauer *et al.*, 2007).

#### 4.2.4.2 – Orientação das fachadas

- Fachada de principal de entrada: sudeste, subdividida nas prumadas A/1, B/1, C/1, D/1 e E/1;
- Fachada lateral direita: nordeste, subdividida nas prumadas A/2, B/2, C/2 e E/2;
- Fachada posterior: noroeste, subdividida nas prumadas A/3, B/3, C/3, D/3 e E/3;
- Fachada lateral esquerda: sudoeste, subdividida nas prumadas A/4, B/4, D/4 e E/4.

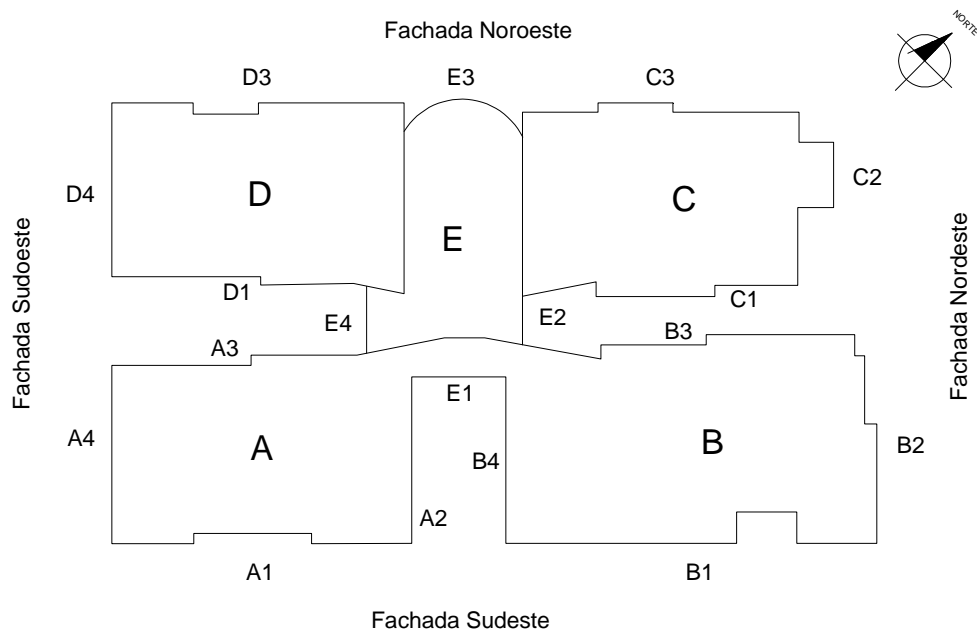


Figura 4.17 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício D.

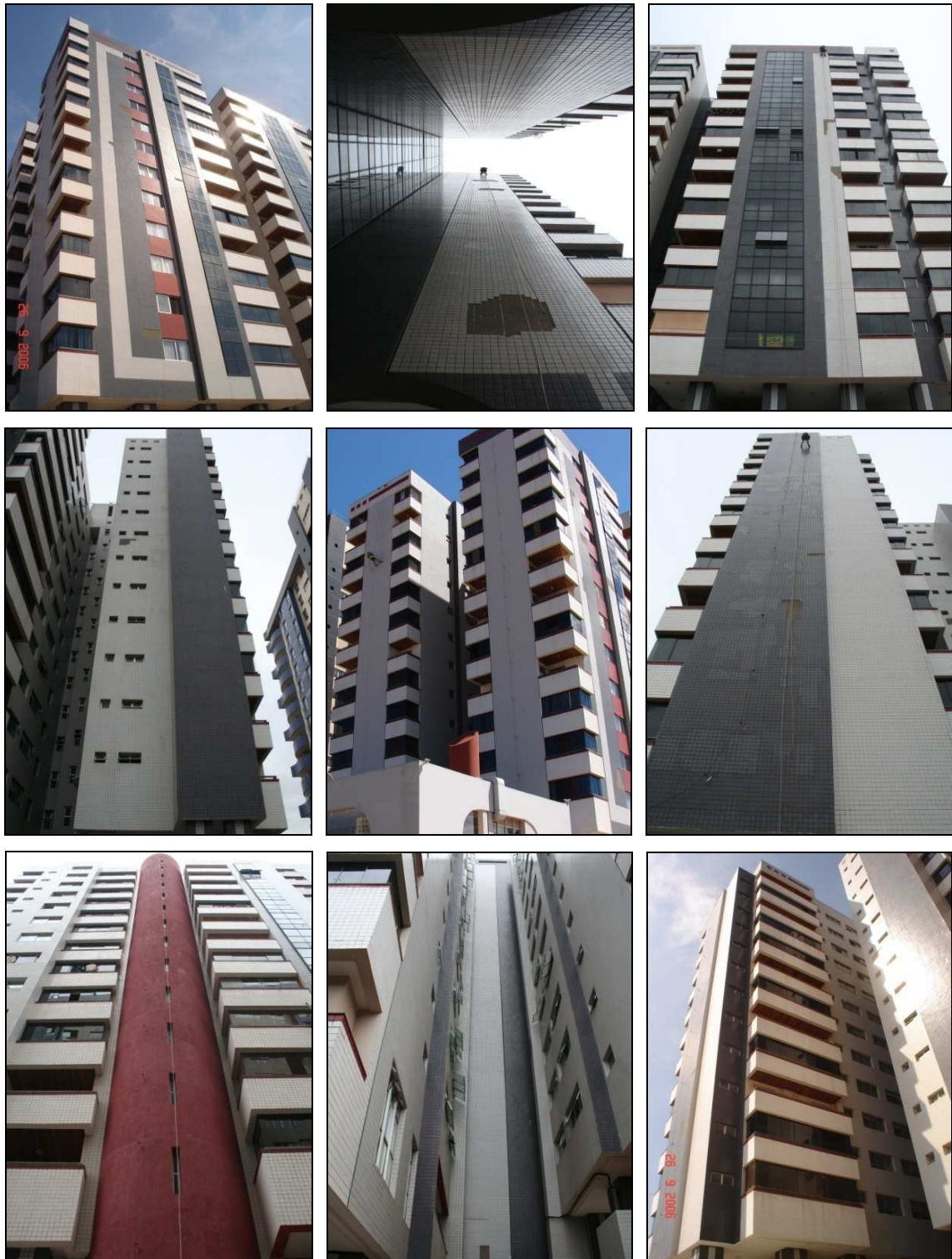


Figura 4.18 – Fotos representativas das fachadas do edifício D.

## 4.2.5 – Edifício E

### 4.2.5.1 – Dados de identificação

- Tipo de uso da edificação: Escritórios;
- Idade: conclusão em 2001, 9 anos;
- Número de pavimentos: 1 bloco (lâmina) de 19 pavimentos e outro bloco (embasamento) de 2 pavimentos, ambos separados por uma junta estrutural;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos;
- Acabamento de fachada: As fachadas principais (leste e oeste) possuem em sua composição 2 (dois) tipos de cerâmica: cinza-claro e azul-escuro, nas dimensões 10 x 10 cm. Nas fachadas laterais (norte e sul) têm-se 3 (três) tipos de cerâmica: cinza-claro, azul-escuro e rosa-claro, nas dimensões 10 x 10 cm;
- Projeto de revestimento: Não;
- Intervenções anteriores: Não;
- Área total aproximada de fachada: 7959,04 m<sup>2</sup>;
- Principais falhas observadas nas fachadas: descolamento (13%) e deslocamento (1%) das peças cerâmicas, falha no rejunte (27%), falha de vedação (27%) e deterioração da junta de movimentação (15%) como mostra a figura 4.19.

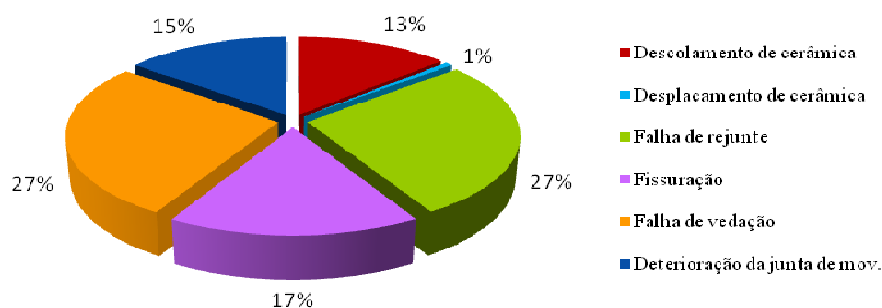


Figura 4.19 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício E.

No edifício E, nas fachadas revestidas em cerâmica, têm-se juntas de movimentação horizontais, a cada pavimento (aproximadamente 2,80 m) e na parte central tem-se um vasto pano de esquadrias em alumínio na cor preta com vidros espelhados, denominada pele de vidro (Bauer *et al*, 2006c).

#### 4.2.5.2 – Orientação das fachadas

- Fachada principal de entrada: leste, subdividida nas prumadas I, II e III;
- Fachada lateral direita: norte: subdividida nas prumadas I/lâmina, II/lâmina, I/embasamento, II/embasamento;
- Fachada posterior: oeste, subdividida nas prumadas I, II e III;
- Fachada lateral esquerda: sul, subdividida nas prumadas I/embasamento, II/embasamento, I/lâmina, II/lâmina.

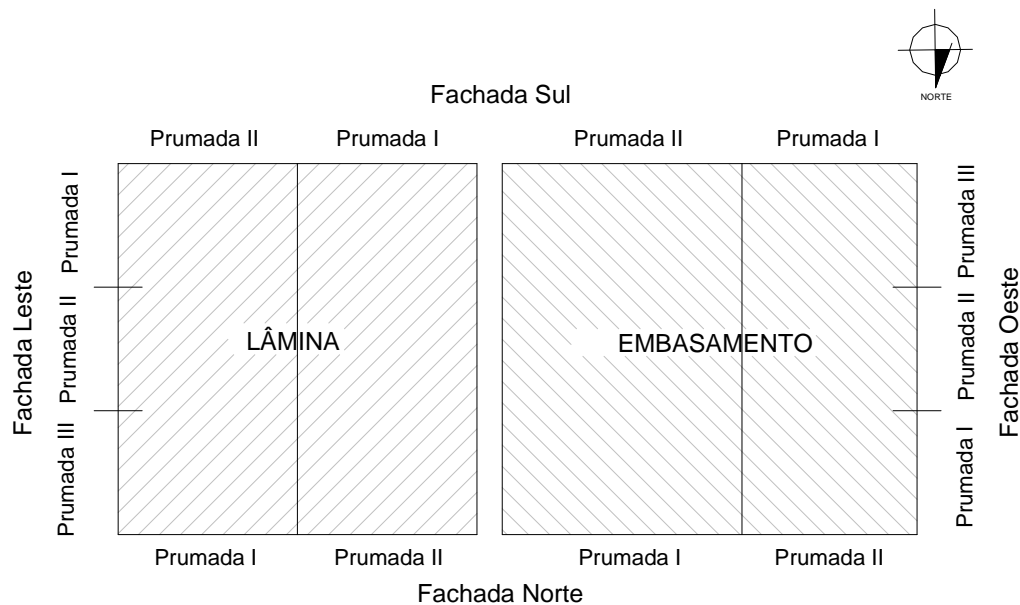


Figura 4.20 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício E.



Figura 4.21 – Fotos representativas das fachadas do edifício E.

## 4.2.6 – Edifício F

### 4.2.6.1 – Dados de identificação

- Tipo de uso da edificação: residencial;
- Idade da edificação: conclusão em 2000, 10 anos;
- Número de pavimentos: 3 pavimentos tipo duplex;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos;
- Tipo de acabamento de fachada: As fachadas principais (leste e oeste), bem como a empena sul possuem em sua composição, revestimento argamassado além de 2 (dois) tipos de placas cerâmicas: azul-escura e vermelha, nas dimensões 10 x 10 cm. A empena norte apresenta, exclusivamente, revestimento argamassado;
- Projeto de revestimento: Não;
- Intervenções anteriores: Não;
- Área total aproximada de fachada: 4099,23 m<sup>2</sup>;
- Principais falhas observadas nas fachadas: descolamento (1%) e deslocamento (4%) das peças cerâmicas, fissuração (54%), falha de rejunte (11%) e eflorescência (30%), como mostra a figura 4.22.

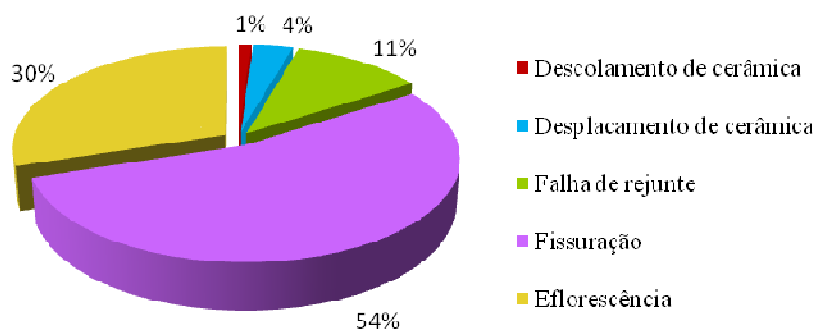


Figura 4.22 – Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício F.

O edifício F consta de três blocos com três pavimentos tipo duplex sobre pilotis separados por juntas estruturais, não possui juntas de movimentação horizontal entre os pavimentos, e apresenta duas caixas de elevadores e escada, uma localizada no eixo central, e outra na extremidade da fachada sul.



#### 4.2.6.2 – Orientação das fachadas

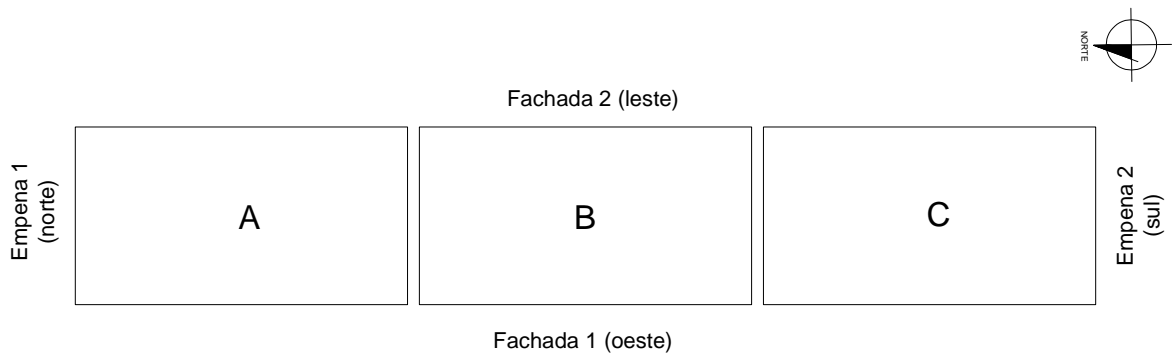


Figura 4.23 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício F.

- Norte: empena 1;
- Oeste: prumada 1A, prumada 1B e prumada 1C;
- Sul: empena 2;
- Leste: prumada 2C, prumada 2B e prumada 2A.



Figura 4.24 – Fotos representativas das fachadas do edifício F.

## 5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados e discussões, da mesma forma que a coleta de dados foi apresentada, respeitarão a individualidade de cada edifício.

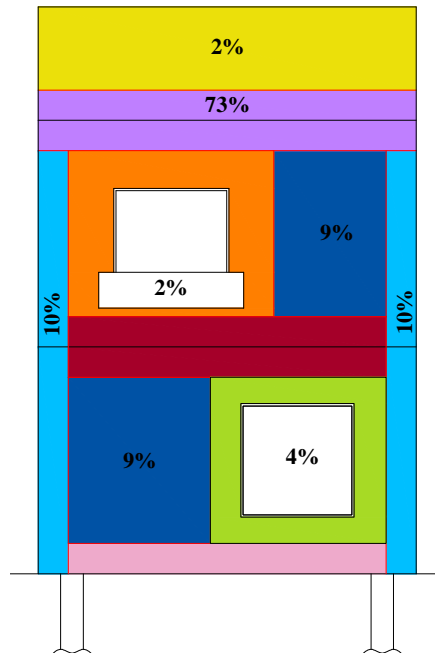
A quantificação das manifestações patológicas incidentes sobre os edifícios é apresentada em termos percentuais sobre a fachada esquemática padrão segundo as regiões de análise tipo, sendo um esquema para cada orientação de fachada do edifício analisado.

A incidência de manifestações patológicas em relação ao total é representada através de gráficos de setores. Cada orientação de fachada do edifício em análise terá seus dados expostos percentualmente nestes gráficos.

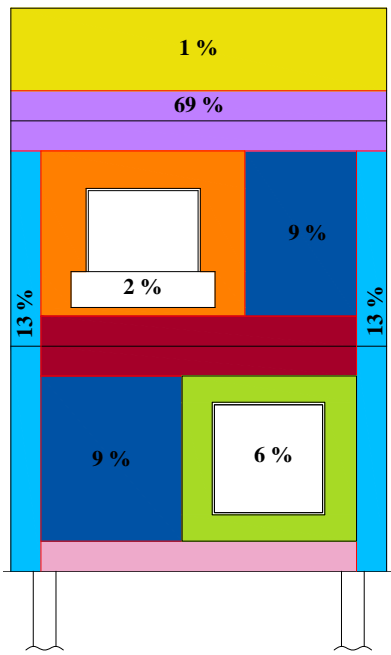
### 5.1 – EDIFÍCIO A

Legenda:

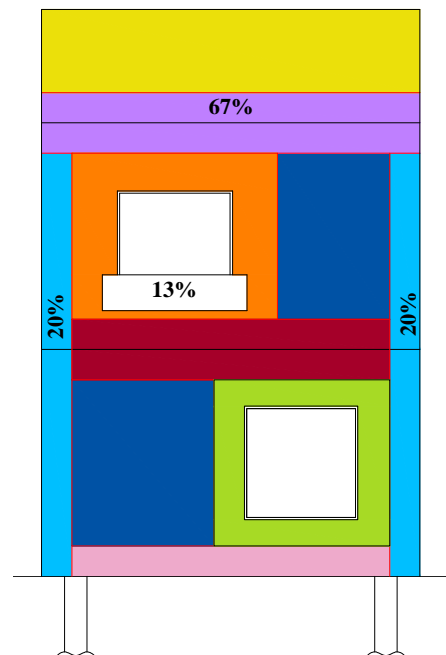
-  Topo
-  Juntas
-  Sacadas
-  Cantos e extremidades
-  Transição entre pavimentos
-  Paredes contínuas
-  Aberturas
-  Nível do solo



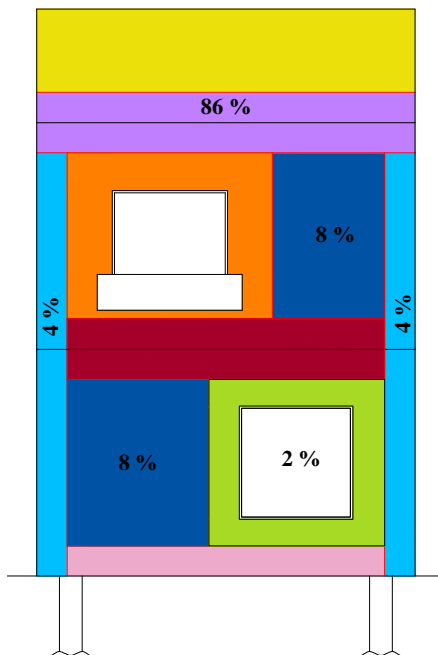
5.1a – Edifício A



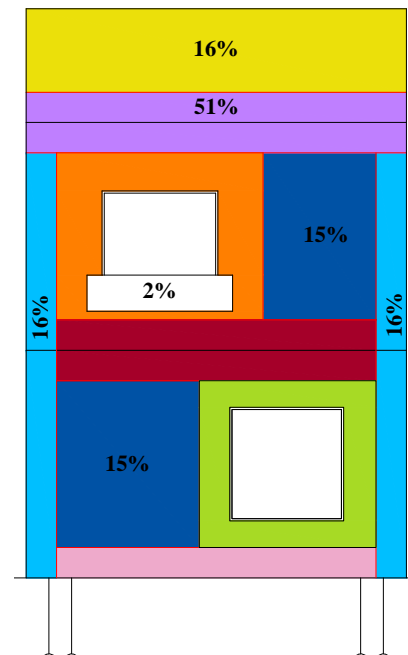
5.1b – Fachada noroeste



5.1c – Fachada sudoeste



5.1d – Fachada sudeste



5.1e – Fachada nordeste

Figura 5.1 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício A.

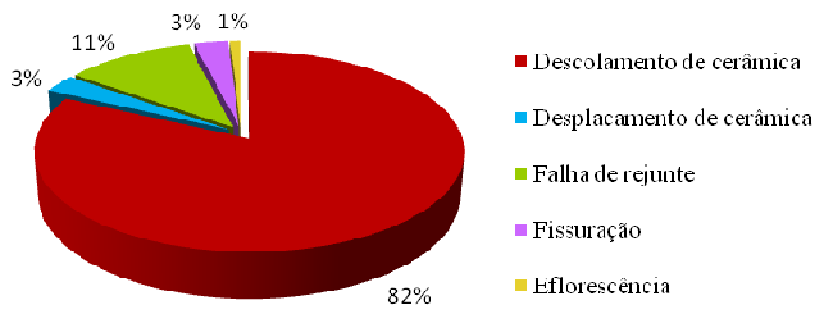


Figura 5.2 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada noroeste do edifício A.

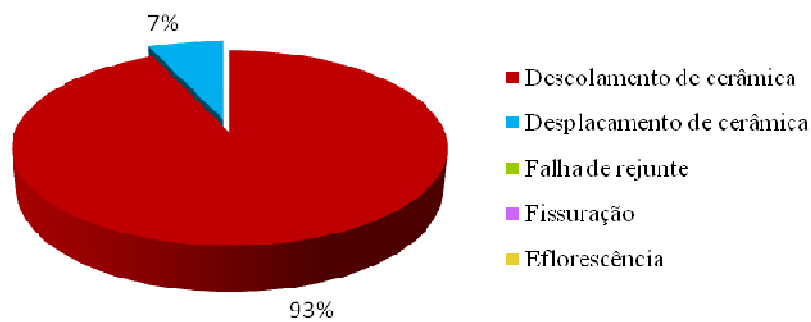


Figura 5.3 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudoeste do edifício A.

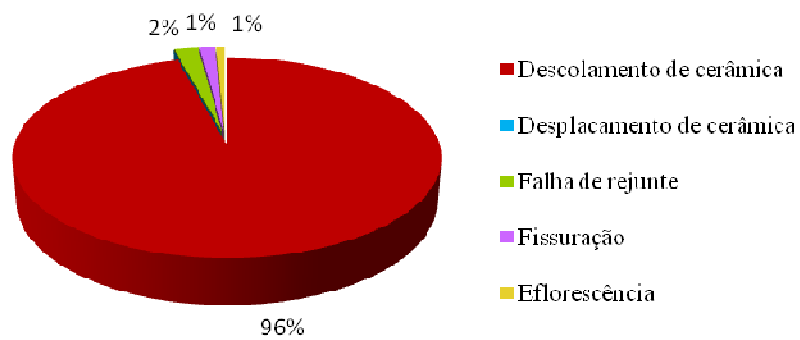


Figura 5.4 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudeste do edifício A.

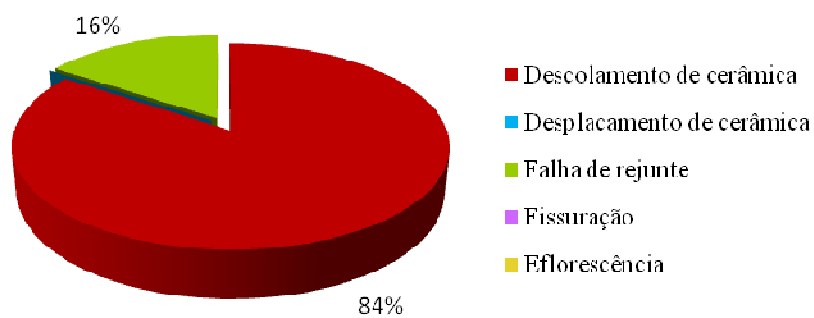


Figura 5.5 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada nordeste do edifício A.

Conforme verifica-se nas figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5, o edifício A notadamente é acometido de descolamento de placas cerâmicas como principal manifestação patológica, em consequência de falhas no assentamento das peças cerâmicas, como esmagamento inadequado dos filetes de argamassa colante e espalhamento incompleto do material no tardo das placas cerâmicas, como notou-se em placas caídas (Figura 5.6). Este tipo de dano foi identificado especialmente na região entorno das juntas de movimentação horizontal (73%), como mostra a figura 5.1a e é ratificada considerando cada fachada em particular nas figuras 5.1b, 5.1c, 5.1d e 5.1e.



Figura 5.6 – Falhas de espalhamento do filete de argamassa no tardo da cerâmica.

A partir da inspeção visual do edifício A, notou-se também, em vários pontos da fachada o uso de selante com espessura reduzida nas juntas de movimentação.

Interessa destacar neste edifício, a grande quantidade de recortes na fachada, face a presença de alto-relevos e reentrâncias, decorrentes disso, a segunda região foco de manifestações patológicas, constatada na figura 5.1 como um todo, foram os cantos e extremidades, por conta da sua maior vulnerabilidade à exposição natural e, possivelmente, à falta de detalhe durante seu projeto e execução.

Tabela 5.1 – Índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício A.

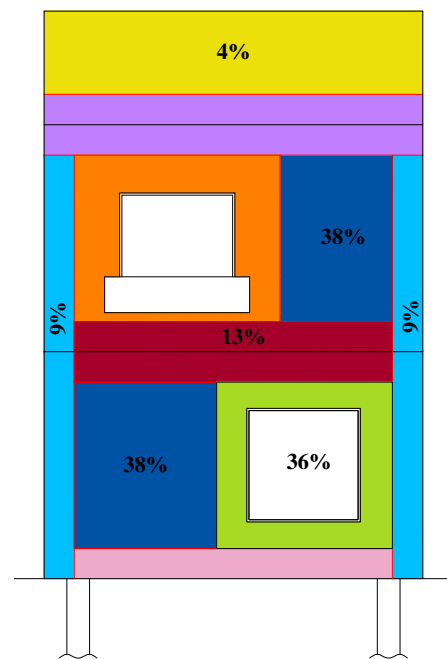
Fachada do Edifício	Nº de danos	Área de fachada (m <sup>2</sup> )	Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada
Noroeste	206	1425,60	0,14
Sudoeste	15	255,20	0,06
Sudeste	144	1425,60	0,10
Nordeste	45	255,20	0,18
Edifício A	410	3361,60	0,12

Analisando desta vez a tabela 5.1, na qual é demonstrado o índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício A, comparando as fachadas entre si, é possível verificar que as de orientação noroeste (0,14) e nordeste (0,18) apresentam-se mais degradadas que as de orientação sudoeste (0,06) e sudeste (0,10). De modo geral o nível de degradação do edifício A não é tão elevado (0,12), o que se pode atribuir à idade da construção, com apenas 11 anos.

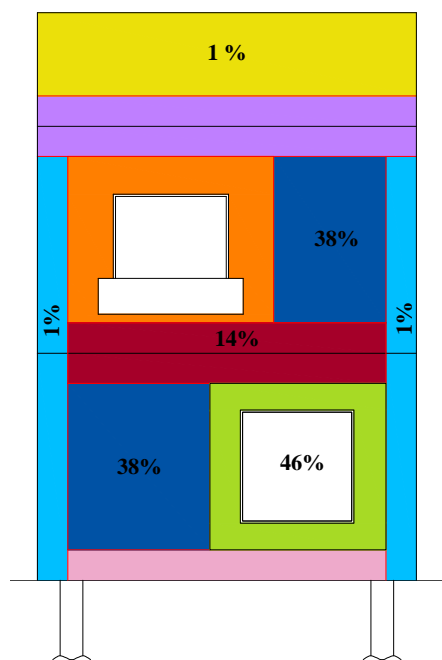
## 5.2 – EDIFÍCIO B

Legenda:

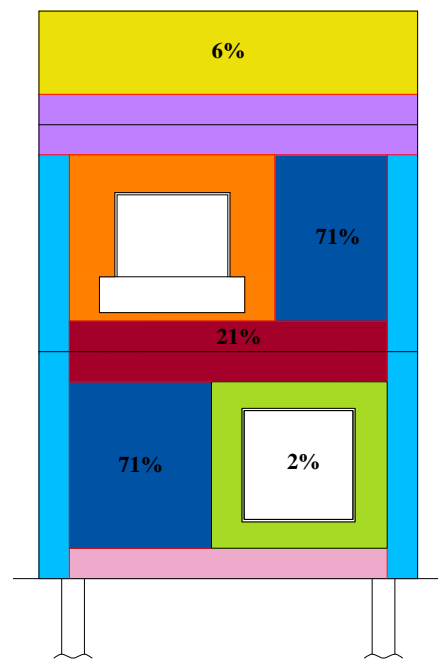
-  Topo
-  Juntas
-  Sacadas
-  Cantos e extremidades
-  Transição entre pavimentos
-  Paredes contínuas
-  Aberturas
-  Nível do solo



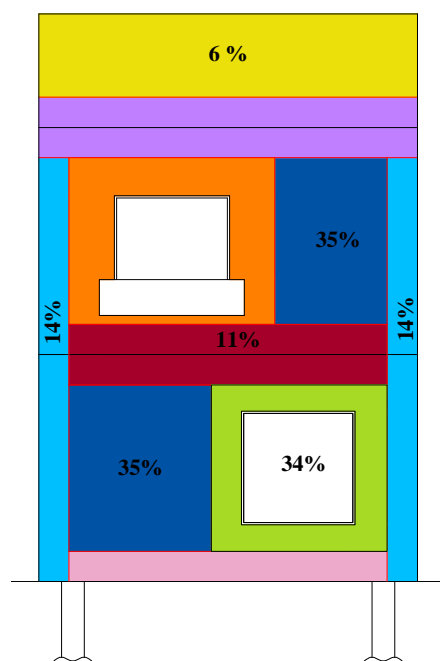
5.7a – Edifício B



5.7b – Fachada sudeste



5.7c – Fachada nordeste



5.7d – Fachada noroeste

Figura 5.7 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício B.

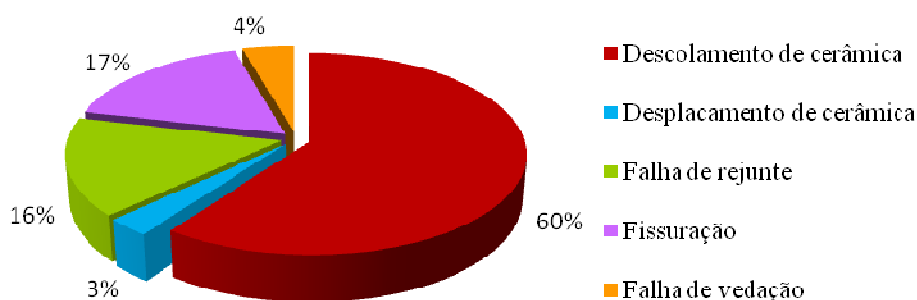


Figura 5.8 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudeste do edifício B.

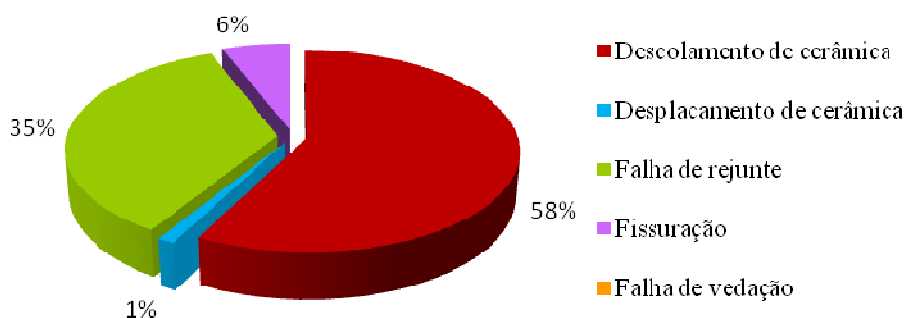


Figura 5.9 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada nordeste do edifício B.

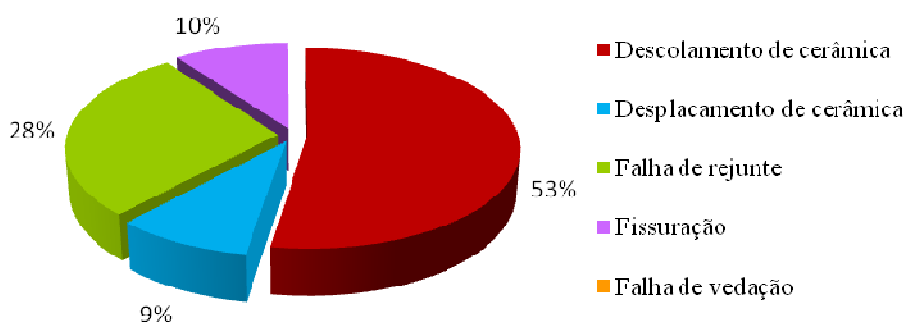


Figura 5.10 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada noroeste do edifício B.

A figura 5.7 permite analisar comparativamente as fachadas do edifício B. A fachada sudeste (Figura 5.7b), que é a de entrada do prédio, composta basicamente por faixas de esquadrias metálicas intercaladas por panos de vedação horizontal revestidos em cerâmica cinza-clara, apresentou, por esta razão, danos basicamente em volta das aberturas (46%) e nas paredes contínuas (38%). As principais manifestações patológicas verificadas na fachada sudeste (Figura 5.8) foram o descolamento (60%), a falha de rejunte (16%) e fissuração (17%) nos cantos das janelas pela ausência de vergas e contravergas.



Na fachada nordeste, que consiste numa típica empena cega sem qualquer tipo de abertura, revestida no todo em cerâmica cinza clara, permitiu-se observar danos essencialmente nas paredes contínuas (71%) e na transição entre pavimentos (21%), que se atribui à influência da falta de juntas de movimentação (Figura 5.7c). Constatou-se a ocorrência principalmente de descolamento (58%) e falha de rejunte (35%) como mostra a figura 5.9.

Já na fachada noroeste (Figura 5.7d), onde se encontram panos de elemento vazado, alternados com caixas de escada revestidas em toda a sua extensão por cerâmica na cor bege contendo janelas de ventilação e iluminação apenas acompanhando os lances de escada, observou-se a maioria dos danos nas aberturas (34%) e nas paredes contínuas (35%). Nesta fachada (Figura 5.10) constatou-se uma grande presença de descolamento de cerâmica (53%) e falha de rejunte (28%) sendo a maioria exatamente no entorno dos painéis de elemento vazado, conforme ilustra a figura 5.11.



Figura 5.11 – Falha de rejunte no encontro com os elementos vazados.

Analisando o edifício B no geral, percebe-se através da figura 5.7a, que a maioria dos danos se deu em torno das aberturas (36%) e nas paredes contínuas (38%), sendo que neste percentual o descolamento de placas cerâmicas foi a manifestação patológica que mais se destacou. Vale alertar que houve muitos casos de infiltração e falhas de vedação no edifício B, agravados pela ausência de peitoris e pingadeiras, especialmente na fachada sudeste que correspondeu a 4% dos casos verificados.

Tabela 5.2 – Índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício B.

Fachada do Edifício	Nº de danos	Área de fachada (m <sup>2</sup> )	Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada
Sudeste	550	498,67	1,10
Nordeste	85	220,00	0,39
Noroeste	1040	498,67	2,09
Edifício B	1675	1217,34	1,38

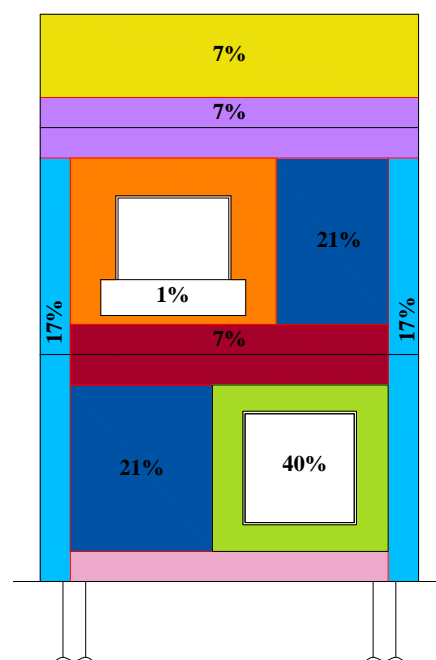
Observando a tabela 5.2 na qual é demonstrado o índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício B, comparando as fachadas entre si é possível verificar que as de orientação sudeste (1,10) e noroeste (2,09) apresentam degradação bastante elevada, enquanto que a de orientação nordeste (0,39) apesar de ainda possuir um índice considerável é bem inferior ao das fachadas anteriores.

De um modo geral o edifício B, que está entre os mais antigos analisados, com 40 anos de construção, apresentou um nível de degradação bastante elevado (1,38). Muitas das falhas verificadas podem ser vinculadas ao desgaste e envelhecimento natural dos materiais que, muito possivelmente, não passaram por manutenção ou substituição com a periodicidade esperada.

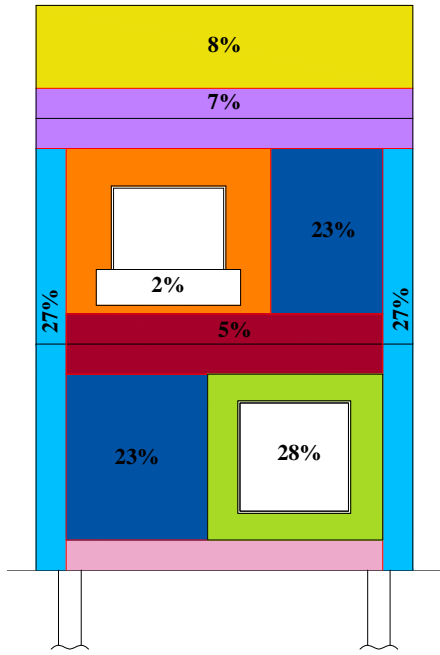
### 5.3 – EDIFÍCIO C

Legenda:

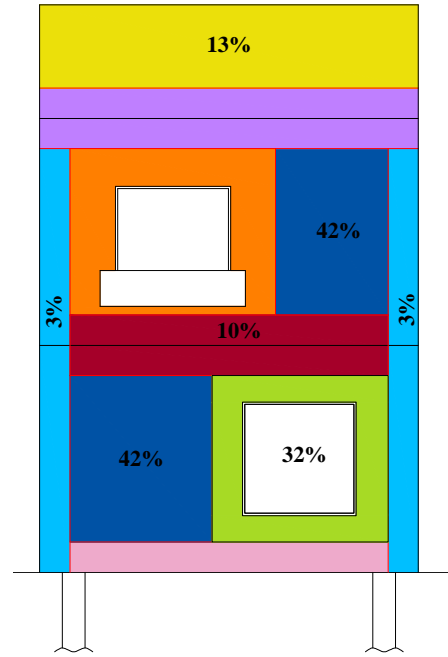
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo



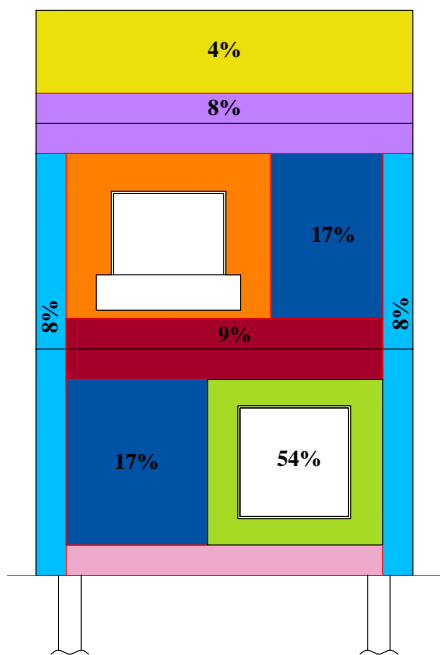
5.12a – Edifício C



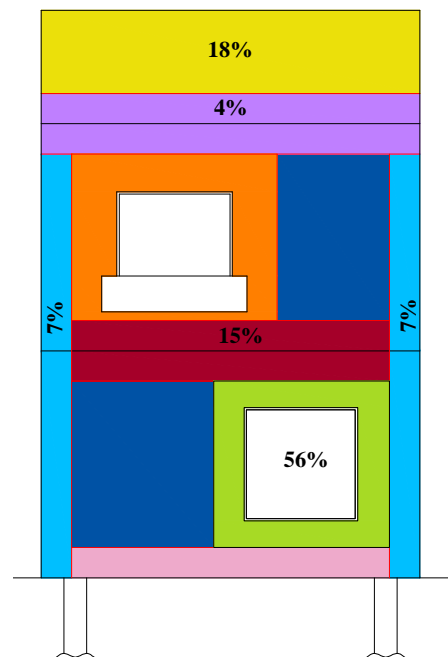
5.12b – Fachada norte



5.12c – Fachada oeste



5.12d – Fachada sul



5.12e – Fachada leste

Figura 5.12 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício C.

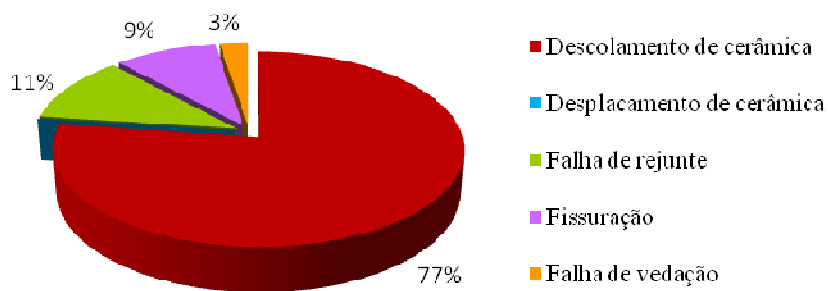


Figura 5.13 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada norte do edifício C.

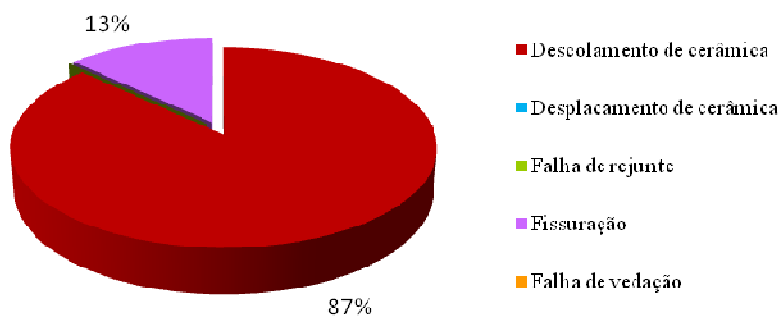


Figura 5.14 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada oeste do edifício C.

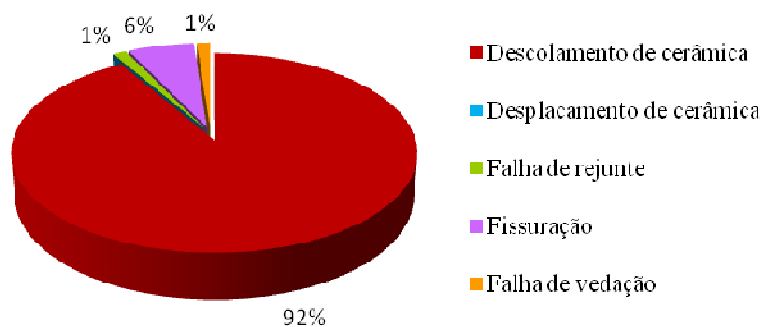


Figura 5.15 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sul do edifício C.

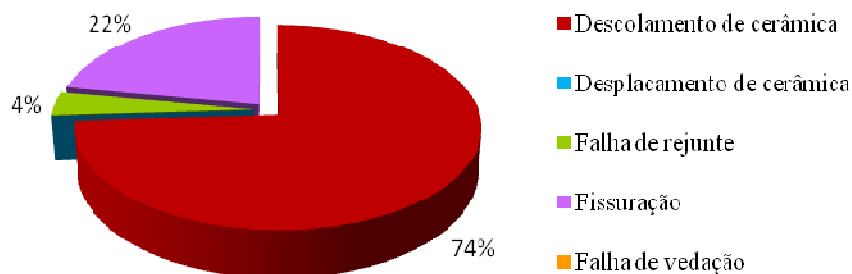


Figura 5.16 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada leste do edifício C.

O edifício C possui arquitetura e idade bem similares a apresentada pelo edifício B. A maior diferença consiste na existência de varandas na fachada norte do edifício C que é a de entrada (Figura 4.14). A fachada sul que é a de serviço, por sua vez destaca-se pela presença de caixas de elevadores (Figura 4.15). Tanto na fachada norte como na sul, a vedação é composta por faixas de esquadrias metálicas junto das quais se utilizou cerâmica marrom, alternadas por faixas verticais de alvenaria em alto relevo, revestidas em cerâmica cinza.

Como se observa na figura 5.12b, a fachada norte apresentou como principais regiões de incidência de manifestações patológicas, a região das aberturas (28%), as paredes contínuas (23%), além dos cantos e extremidades (27%). Na fachada sul (Figura 5.12d) o destaque foi para a região de aberturas, com incidência de manifestações patológicas de 54%.

As fachadas oeste e leste, que correspondem às empenas do edifício C, apesar de apresentarem configuração arquitetônica muito similar, têm como peculiaridade o fato de a fachada oeste (Figura 5.12c) constar a maioria dos danos em torno das paredes contínuas (42%) e aberturas (32%), enquanto que a fachada leste (Figura 5.12e) não constou de danos na parede contínua e seu maior destaque foi o entorno das aberturas com 56% dos danos. Atribui-se este comportamento diferenciado das duas fachadas à orientação das mesmas. Era de se esperar que a fachada oeste, exposta à insolação durante toda a tarde, respondesse de forma mais agressiva às variações térmicas nas paredes contínuas.

O edifício C apresentou um comportamento equivalente em todas as fachadas, conforme averiguado nas figuras 5.13, 5.14, 5.15 e 5.16. O descolamento de placas cerâmicas foi preponderante em relação ao total de manifestações patológicas encontradas, com ocorrência superior a 70%. Ressalta-se que, grande parte das placas cerâmicas que já sofreram descolamento é mantida fixa somente pelo rejunte entre elas. Esta situação nos alerta para a necessidade de maior controle projetual e executivo que deve ser dispensado na fase de assentamento das placas cerâmicas. Acrescente-se que, constatou-se no revestimento do edifício, argamassa de emboço à base de saibro e argamassa de assentamento das placas cerâmicas porosa e pulverulenta em alguns pontos de deslocamento.

O edifício C (Figura 5.12a) da mesma forma que o edifício B, apresentou problemas na região de transição entre os pavimentos (7%), atribuídas ao comportamento do sistema de revestimento na fachada como uma estrutura rígida e monolítica, pela ausência de juntas de movimentação, de forma que, em havendo solicitações superiores ao que o sistema é capaz de suportar surgem problemas como fissurações para aliviar as tensões. Nesta região normalmente existe alvenaria em contato com vigas, e a resposta diferenciada que cada material tem a solicitação que lhe é imposta gera danos na interface, ver figura 5.17.

O edifício C não dispõe de juntas de movimentação, portanto as manifestações patológicas verificadas nas juntas (Figura 5.12a) são decorrentes da deterioração das juntas estruturais (7%) existentes entre os blocos do edifício (Figura 5.17).



Figura 5.17 – Transição entre pavimentos com fissuração (esquerda) e junta estrutural com deslocamento e deterioração do emboço com uso de saibro (direita).

Tabela 5.3 – Índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício C.

Fachada do Edifício	Nº de danos	Área de fachada (m <sup>2</sup> )	Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada
Norte	314	1496,00	0,21
Oeste	31	220,00	0,14
Sul	246	1496,00	0,16
Leste	27	220,00	0,12
Edifício C	618	3432,00	0,18

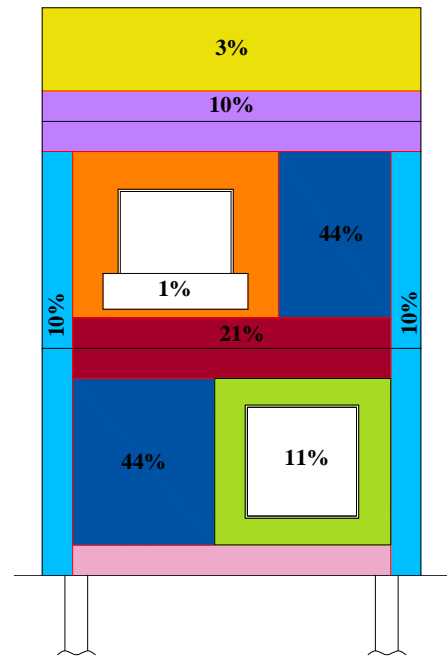
Observando a tabela 5.3 é possível notar que as fachadas do edifício C não apresentaram grandes diferenças entre si no que diz respeito ao índice de danos/m<sup>2</sup> de fachada. As fachadas norte (0,21) e sul (0,16) obtiveram maior degradação se comparadas com as fachadas oeste (0,14) e leste (0,12). Apesar de ser um edifício antigo, com 40 anos de

idade, se comparado ao edifício B, seu estado de conservação foi menos agressivo (0,18), mas ainda assim, requer recuperação do revestimento de fachada.

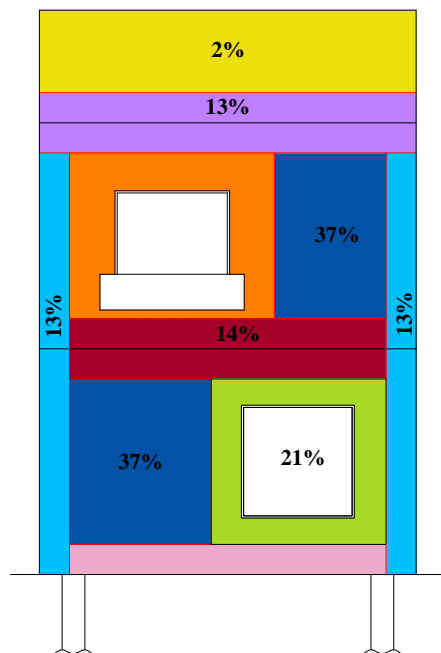
#### 5.4 – EDIFÍCIO D

Legenda:

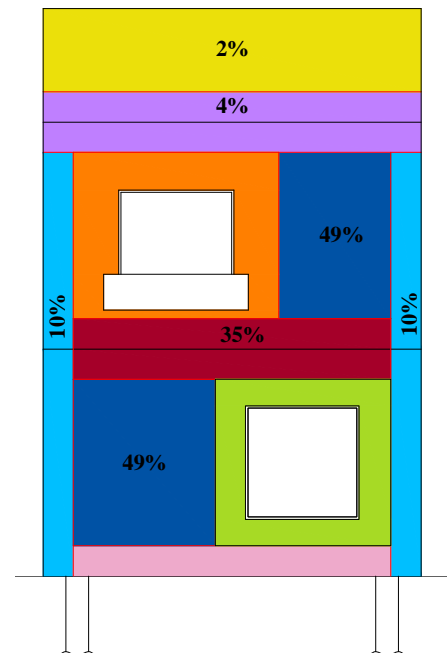
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo



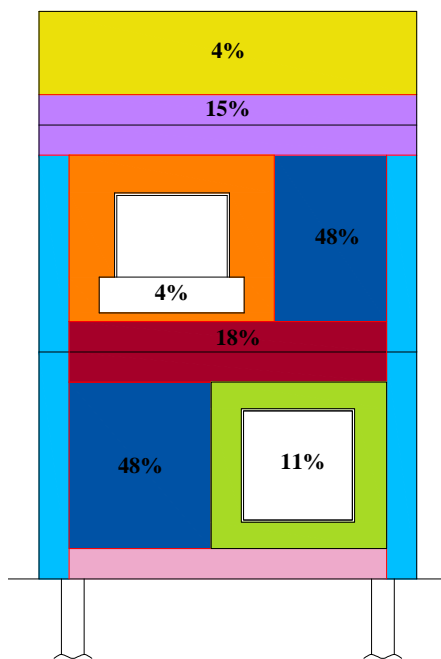
5.18a – Edifício D



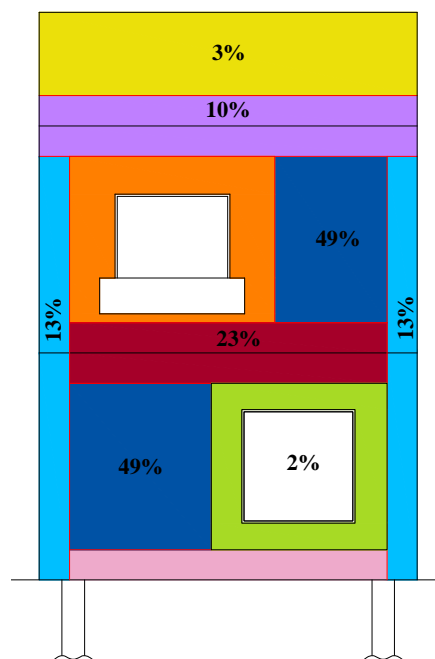
5.18b – Fachada sudeste



5.18c – Fachada nordeste



5.18d – Fachada noroeste



5.18e – Fachada sudoeste

Figura 5.18 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício D.

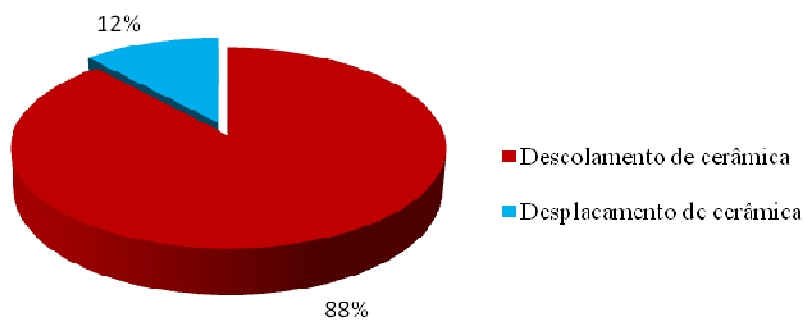


Figura 5.19 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudoeste do edifício D.

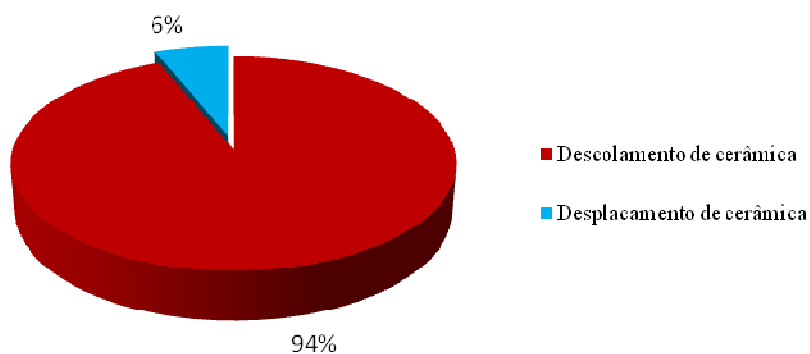


Figura 5.20 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada nordeste do edifício D.



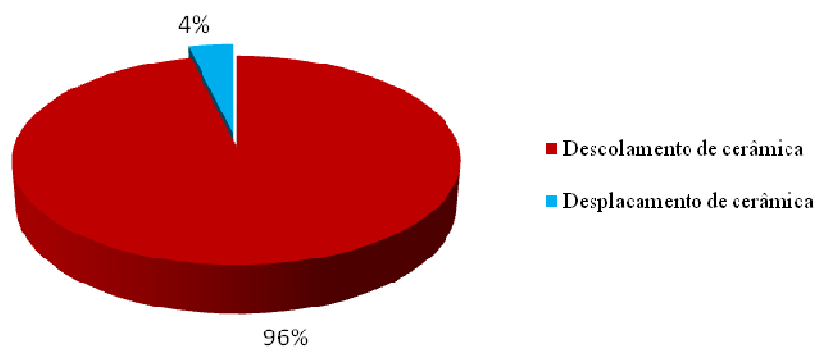


Figura 5.21 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada noroeste do edifício D.

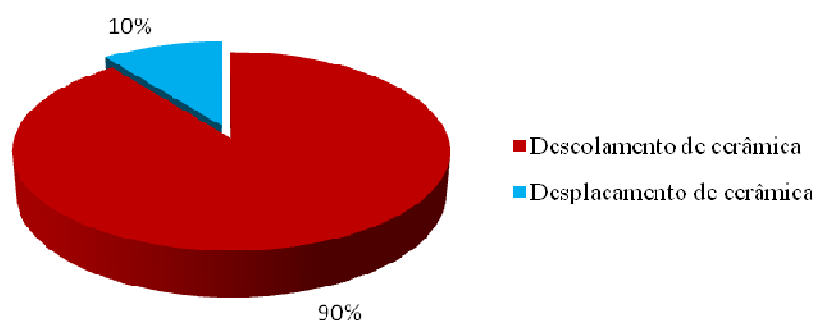


Figura 5.22 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sudoeste do edifício D.

O edifício D, com planta baixa na forma de “H”, é notadamente recortado. Os panos de fachadas que o compõem, em todas as orientações são bem parecidos, possuem varandas, são revestidos com cerâmicas na cor cinza-clara e cinza-escura abrangendo os principais panos de fachada, e cerâmicas branca e vermelha compondo detalhes estéticos. Apenas três das prumadas analisadas do edifício destoam das demais, face à existência de pele de vidro revestindo-as, ver figura 4.18.

Comparando as figuras 5.18b, 5.18c, 5.18d e 5.18e, que demonstram a incidência de manifestações patológicas nas fachadas do edifício D, é possível verificar que a região das paredes contínuas, em todas, foi a mais afetada pela ocorrência de manifestações patológicas, sendo a fachada sudeste com 37%, a nordeste com 49%, a noroeste com 48% e por fim a fachada sudoeste com 49% dos casos. Este resultado destaca a região de paredes contínuas vulnerável de maneira expressiva à ocorrência de danos, principalmente de descolamento e deslocamento de placas cerâmicas, ver a figura 5.23.

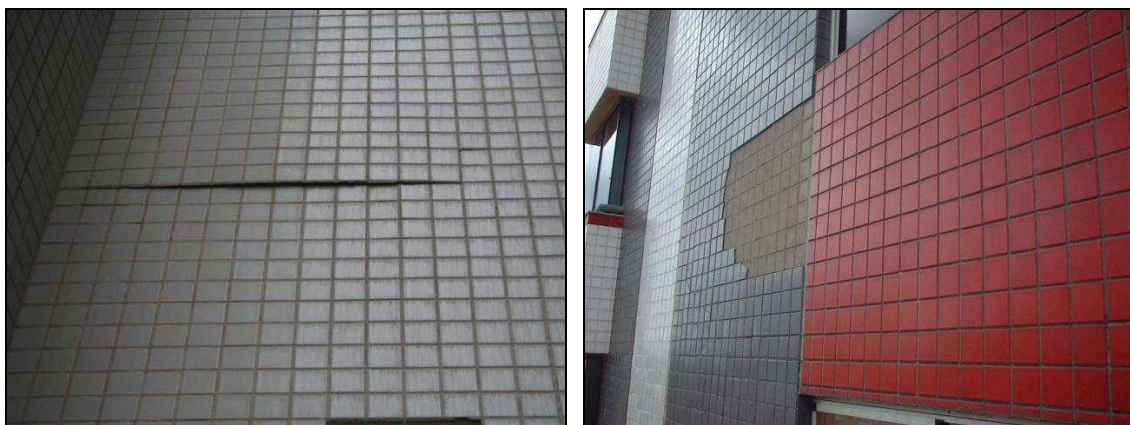


Figura 5.23 – Descolamento (esquerda) e deslocamento (direita) do edifício D.

Conforme é permitido observar nas figuras 5.19, 5.20, 5.21 e 5.22, o edifício D é acometido de descolamento de placas cerâmicas como principal manifestação patológica, com percentuais superiores a 80% dos casos de manifestação patológica, apesar de possuir apenas 10 anos de idade. Isso pode ter ocorrido devido falhas no assentamento das peças cerâmicas, como esmagamento inadequado dos filetes de argamassa colante e espalhamento incompleto do material no tardo das placas cerâmicas.

Este edifício possui juntas de movimentação horizontais a cada andar. No entanto, 10% das manifestações patológicas incidentes, como ilustra a figura 5.18a, ainda ocorreram no entorno deste elemento construtivo, comportamento justificado pela perda de estanqueidade em vários pontos das juntas e ausência de manutenção preventiva.

Tabela 5.4 – Índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício D.

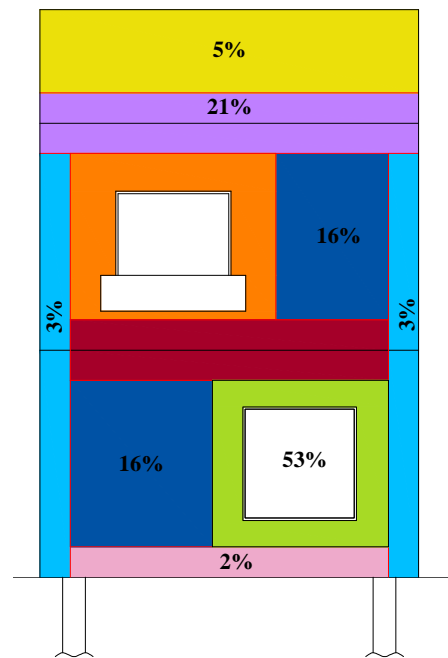
Fachada do Edifício	Nº de danos	Área de fachada (m <sup>2</sup> )	Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada
Sudeste	86	1220,78	0,07
Nordeste	49	690,73	0,07
Noroeste	27	1194,34	0,02
Sudoeste	39	737,16	0,05
Edifício D	201	3843,01	0,05

Como pode ser observado na tabela 5.4 o índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício D, retrata uma degradação menos agressiva. Verificaram-se valores bem similares entre si, as fachadas sudeste e noroeste apresentaram índice de 0,07, a noroeste de 0,02 e a sudoeste um valor de 0,05.

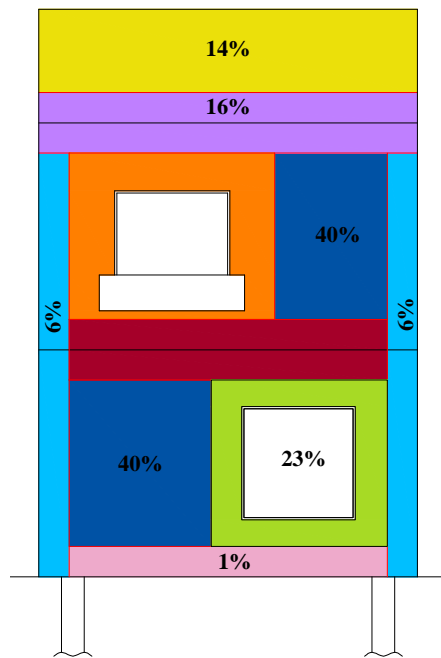
## 5.5 – EDIFÍCIO E

Legenda:

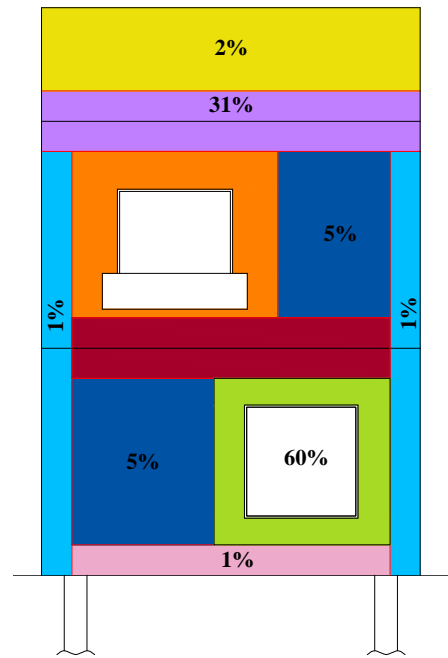
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo



5.24a – Edifício E



5.24b – Fachada leste



5.24c – Fachada norte

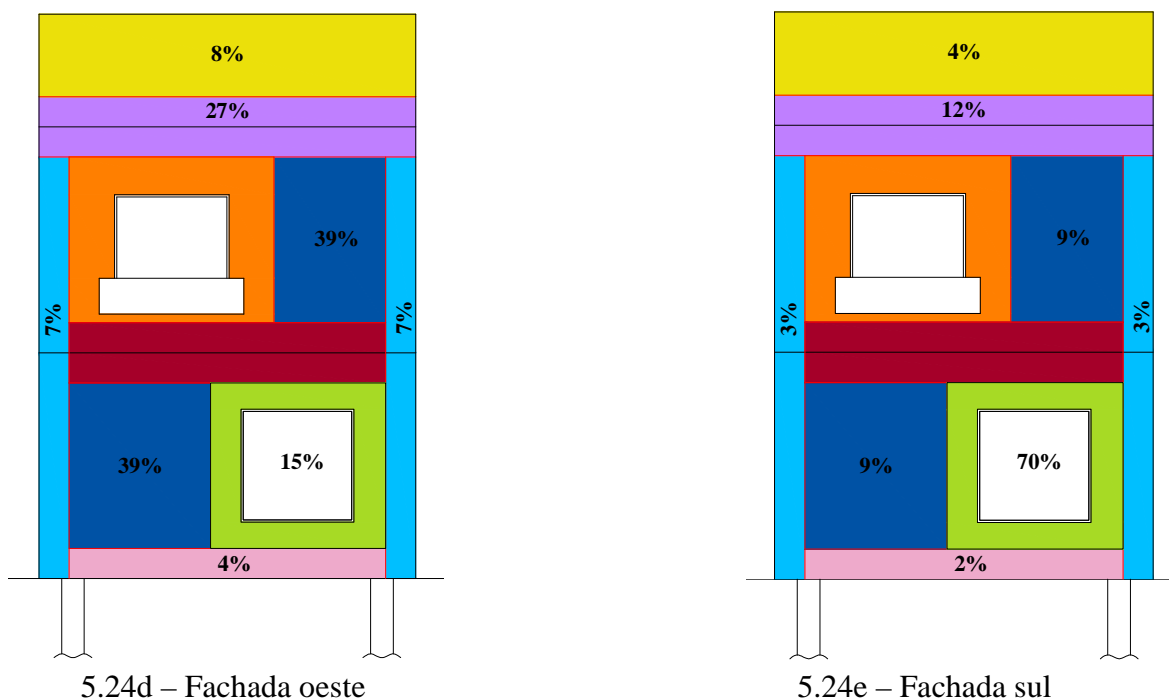


Figura 5.24 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício E.

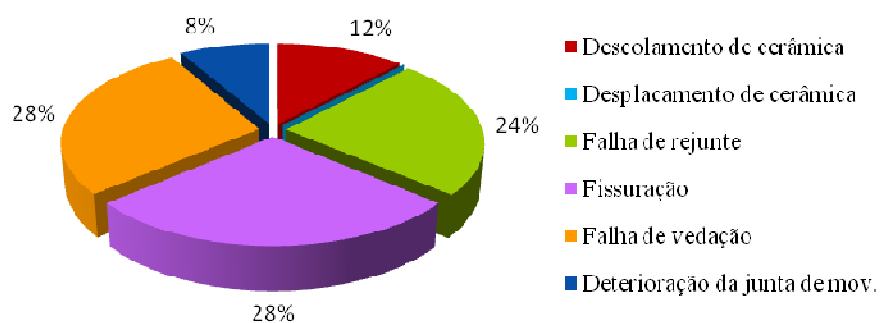


Figura 5.25 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada leste do edifício E.

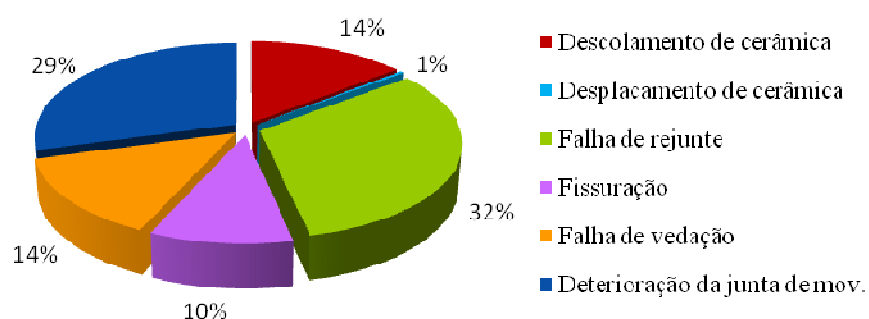


Figura 5.26 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada norte do edifício E.

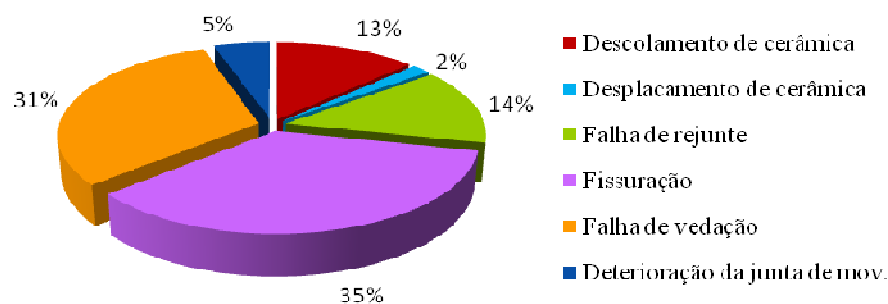


Figura 5.27 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada oeste do edifício E.

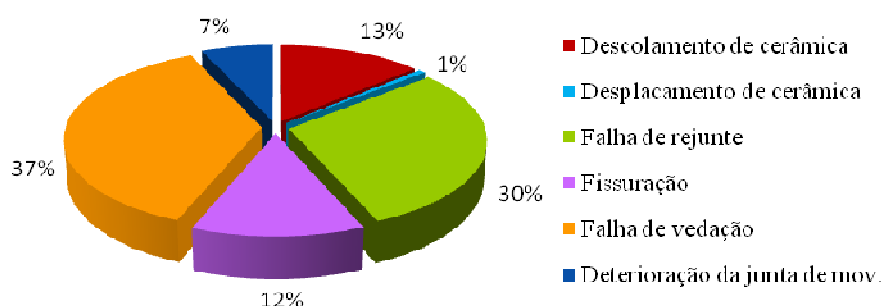


Figura 5.28 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sul do edifício E.

O edifício E é aquele que apresenta a arquitetura mais diferenciada, se comparado aos demais edifícios, por se tratar de um prédio de escritórios com muitas esquadrias. Apresentou problemas patológicos especialmente ao redor das aberturas (53%), conforme a figura 5.24a, com falhas de vedação e fissuras.

As fachadas principais, leste e oeste, possuem em sua composição panos de vedação em alvenaria revestidos em cerâmica cinza-clara, com faixas horizontais de cerâmica azul-escura, e cuja região central é composta por pele de vidro, ver figura 4.21. A fachada leste (Figura 5.24b) que equivale à entrada principal do edifício E, apresentou como principais regiões de ocorrência de manifestações patológicas (Figura 5.20b) as paredes contínuas (40%) e o entorno das aberturas (23%), comportamento similar ao apresentado pela fachada oeste, como ilustra a figura 5.24d.

Tanto na fachada leste como na oeste, a maior parte das manifestações patológicas identificadas foi fissuração, 28% e 35%, respectivamente, de acordo com as figuras 5.25 e 5.27. A fissuração se deu principalmente em volta das aberturas, e resulta da possível ausência ou incorreto dimensionamento e disposição das vergas, contravergas e peitoris.

As fachadas laterais, norte e sul, são idênticas e caracterizadas pela presença de panos de vedação que se projetam destacando-se da fachada, revestidos em cerâmica rosa-clara, nos quais se encontram as venezianas de ventilação do edifício E; por regiões em cerâmica azul-escura, onde estão assentes esquadrias de alumínio na cor preta; e pelas bordas direita e esquerda revestidas em cerâmica cinza-claro (Figura 4.21). Na fachada norte encontrou-se 60% dos danos dispostos no entorno das aberturas, assim como na fachada sul, que apresentou 70% de todos os danos nesta mesma região.

Atribuem-se os danos presentes nas aberturas, principalmente às falhas de rejunte e de vedação. Na fachada norte, como se vê na figura 5.26, falha no rejunte responde por 32% e falha de vedação por 14% das ocorrências de manifestações patológicas. Na fachada sul, segundo a figura 5.28, 37% dos danos encontrados foi devido à falha de vedação, enquanto 30% são decorrentes de falha de rejunte, compondo junto, a maior parte dos danos apresentados na referida fachada.

Encontraram-se falhas de vedação no encontro das esquadrias com o revestimento cerâmico, e juntas de movimentação deterioradas, em todas as fachadas, como se vê no exemplo da figura 5.29, sendo mais crítica a situação das fachadas oeste e norte.



Figura 5.29 – Falha de vedação no encontro da esquadria com a cerâmica cinza-clara (esquerda) e junta de movimentação deteriorada (direita).

Tabela 5.5 – Índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício E.

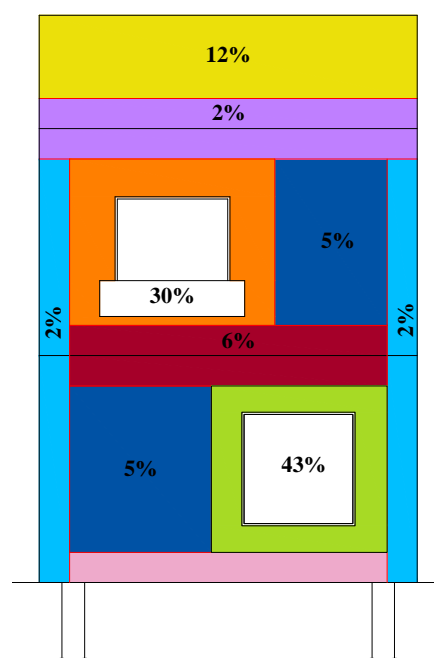
Fachada do Edifício	Nº de danos	Área de fachada (m <sup>2</sup> )	Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada
Leste	83	1837,77	0,05
Norte	266	2079,22	0,13
Oeste	116	1962,83	0,06
Sul	298	2079,22	0,14
Edifício E	763	7959,04	0,10

Analisando-se a tabela 5.1, referente ao índice de danos por fachada do edifício E, comparando as fachadas entre si é possível verificar que as de orientação leste (0,05) e oeste (0,06) apresentam-se menos degradadas que as de orientação norte (0,13) e sul (0,14). O edifício E, não apresentou um nível de degradação tão considerável (0,10) o que se pode atribuir à idade da edificação, que possui somente 9 anos, mas ainda assim exigiu reconstituição total da fachada.

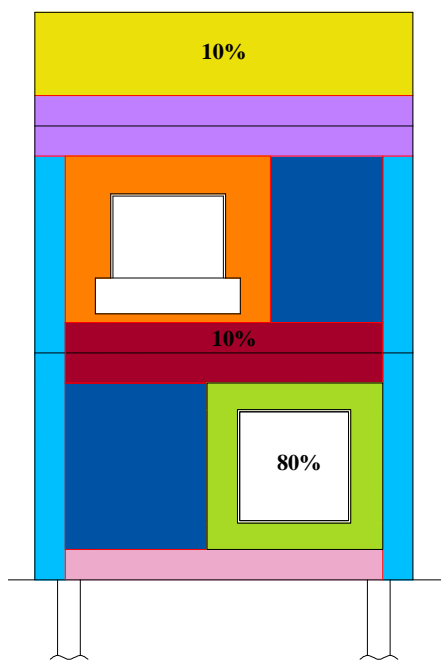
## 5.6 – EDIFÍCIO F

Legenda:

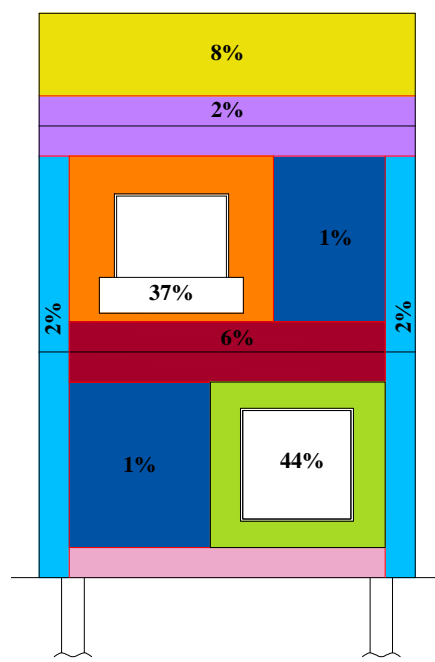
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo



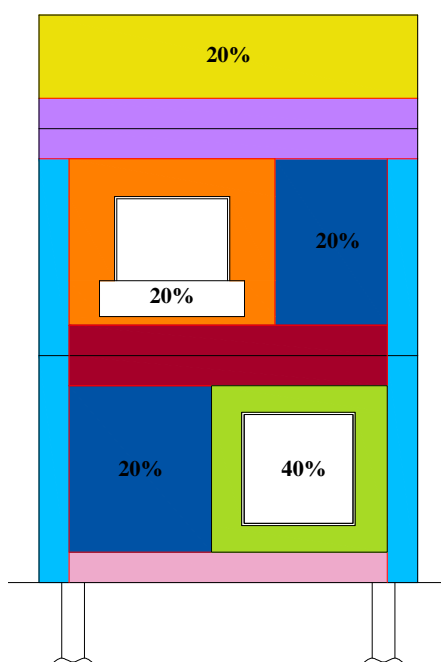
5.30a – Edifício F



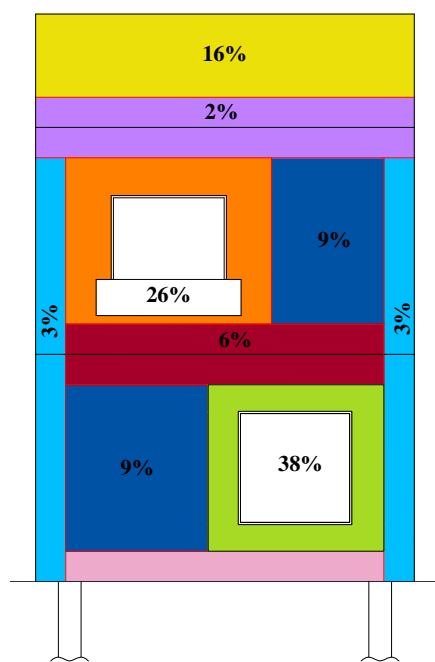
5.30b – Fachada norte



5.30c – Fachada oeste



5.30d – Fachada sul



5.30e – Fachada leste

Figura 5.30 – Mapas de incidência de manifestações patológicas do edifício F.



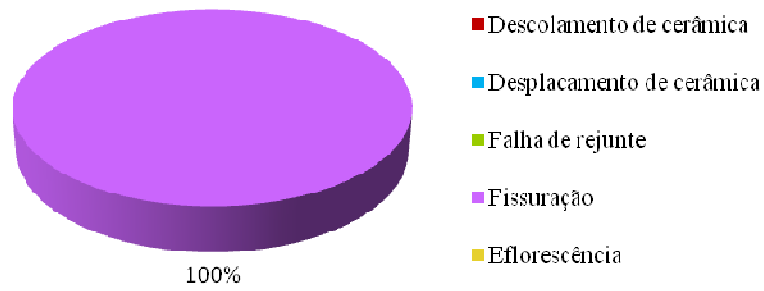


Figura 5.31 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada norte do edifício F.

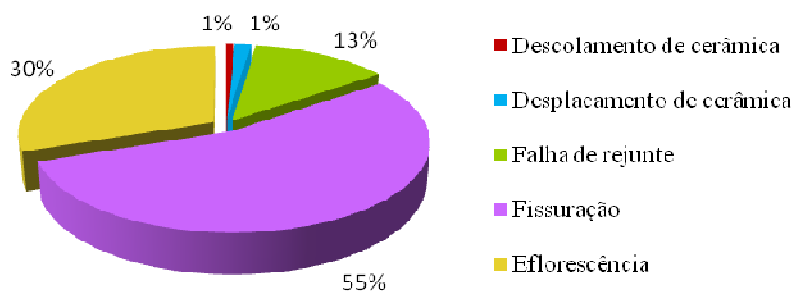


Figura 5.32 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada oeste do edifício F.

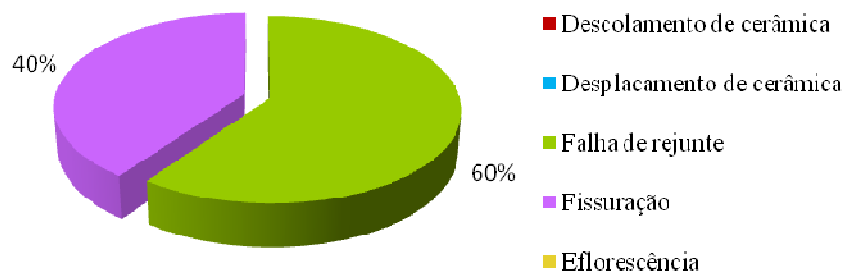


Figura 5.33 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada sul do edifício F.

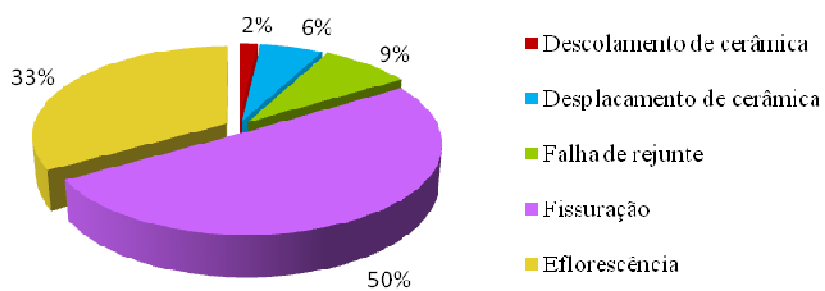


Figura 5.34 – Ocorrência de manifestações patológicas na fachada leste do edifício F.

Analisando o edifício F como um todo, percebe-se através da figura 5.30a, que a maioria dos danos se deu em torno das aberturas (43%) e nas sacadas (30%), sendo que neste percentual a fissuração foi a manifestação patológica que mais se sobressaiu.

As fachadas oeste (de entrada) e leste (que contem as caixas de elevadores) do edifício F são marcadas pela presença de varandas revestidas em cerâmica azul-escura e panos de vedação com acabamento em pintura na cor bege, que detêm as esquadrias, e pelo topo e base destas fachadas revestidas por faixas de cerâmica vermelha, ver figura 4.24.

Os danos apresentados pela fachada oeste (Figura 5.30c) e pela fachada leste (Figura 5.30e) foram, em sua maioria, no entorno das esquadrias (44% e 38%, respectivamente) e nas sacadas (37% e 26%, respectivamente), como era esperado, pela maior ocupação destes elementos nos panos de fachada. As principais manifestações patológicas verificadas em ambas as fachadas foram fissuração e manchas de eflorescência, sendo que, na oeste (Figura 5.32) corresponderam a 55% e 30% dos casos respectivamente, e na leste a 50% e 33%, na ordem expressa anteriormente.

No que tange à fachada norte, que corresponde à empena revestida à base de argamassa com acabamento em pintura bege, e que consta de basculantes, os danos apresentados (Figura 5.30b) foram especialmente no entorno das aberturas, contabilizando 80% do total. E se tratam essencialmente de fissuração (100%), como retrata a figura 5.31, decorrentes da ausência de vergas e contravergas para dissipar as tensões geradas sobre o revestimento.

A fachada sul, que também se trata de empena, é caracterizada pelo revestimento de quase sua totalidade em cerâmica azul-escura, com exceção na região central, que contém esquadrias metálicas intercaladas por faixas horizontais de cerâmica vermelha. Nesta fachada (Figura 5.30d) permitiu-se observar danos essencialmente na envoltória das aberturas (40%) e nas paredes contínuas (20%). E constatou-se a ocorrência principalmente de falha de rejunte (60%) e fissuração (40%), como mostra a figura 5.33.

Os danos verificados na fachada sul podem estar vinculados a sua coloração escura que reflete menos e absorve mais intensamente a radiação solar, favorecendo o aquecimento mais acentuado do revestimento, que se constitui de materiais cujas características físico-

mecânicas são diferentes entre si, com os esforços gerados, aqueles materiais de menor resistência acabam por romper, gerando fissuras e quedas de rejunte.



Figura 5.35 – Região com deslocamento.

Merece destaque no edifício F, a ocorrência localizada de extenso deslocamento de peças cerâmicas num trecho da fachada leste, na área que corresponde à caixa de elevadores do edifício como se nota na figura 5.35. A observação do dano direciona a um possível diagnóstico de extrapolação do tempo em aberto da argamassa de emboço, em virtude da presença de uma película lisa, provavelmente decorrente de exsudação.

Tabela 5.6 – Índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício F.

Fachada do Edifício	Nº de danos	Área de fachada (m <sup>2</sup> )	Índice de danos/m <sup>2</sup> de área de fachada
Norte	10	297,60	0,03
Oeste	132	1698,34	0,08
Sul	5	367,30	0,01
Leste	117	1735,99	0,07
Edifício F	264	4099,23	0,06

Observando a tabela 5.6 na qual é demonstrado o índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada do edifício F, comparando as fachadas entre si é possível verificar que as de orientação norte (0,03) e sul (0,01) apresentam um índice de degradação reduzido, enquanto que as de orientação oeste (0,08) e leste (0,07), apesar de possuírem índices baixos ainda foram superiores as demais.

## 5.7 – ANÁLISE GLOBAL DOS EDIFÍCIOS INSPECIONADOS

De maneira a obter-se uma visão representativa da incidência de manifestações patológicas de edifícios danificados, encontradas na cidade de Brasília, bem como, averiguar o comportamento das regiões tipificadas da fachada diante de cada tipo de dano, neste item optou-se por realizar uma análise global dos 6 (seis) edifícios estudados, diante dos dados extraídos durante as inspeções.

### 5.7.1 – Incidência de manifestações patológicas sobre as regiões tipificadas da fachada

A partir da representação esquemática das regiões de análise tipo da fachada (Figura 5.36) visa-se apresentar e permitir a análise do mapeamento geral da incidência de manifestações patológicas dos edifícios estudados nesta pesquisa.

Legenda:

- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo

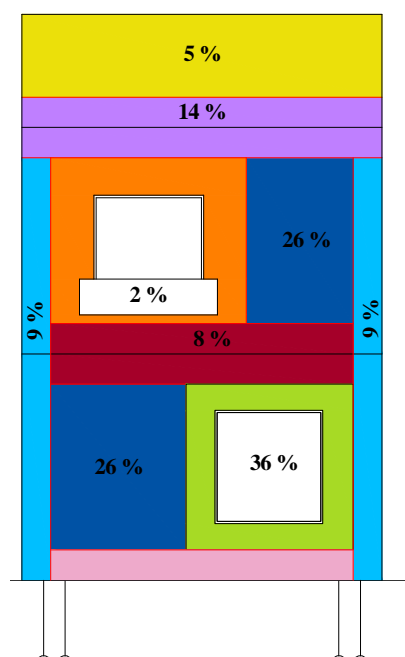


Figura 5.36 – Mapa de incidência de manifestações patológicas geral dos edifícios estudados.

Fissuras devidas à concentração de tensões nos cantos das esquadrias e falhas no entorno dos elementos vazados, destacaram a região das aberturas como uma das mais susceptíveis à incidência de danos (36%), como ilustra a figura 5.36. Falhas de vedação no encontro das esquadrias com o revestimento cerâmico são comuns, graças a deterioração ou ausência do

material de rejunte neste entorno, permitindo que a água penetre pela abertura, levando ao surgimento de infiltrações.

A segunda região de fachada mais vulnerável a ocorrência de manifestações patológicas revelada neste estudo e detectadas através do mapa da figura 5.36, foram paredes contínuas (26%). Atribui-se a grande ocorrência de danos nesta região, entre outras razões, possivelmente, à acomodação do conjunto da edificação, deformação lenta (fluência) da estruturas de concreto armado, variações higrotérmicas e de temperatura, à solicitação e resposta diferenciadas das camadas do revestimento aos esforços existentes. Por se tratarem de panos extensos revestidos com placas cerâmicas, exigem-se cuidados rigorosos durante o processo de execução e especificação das camadas de revestimento, a fim de garantir a aderência necessária para que não haja descolamentos nem fissuração.

A deterioração das juntas de movimentação (14%), foi constante em todos os edifícios que as continham. Exemplificada pelos edifícios A e E, observou-se que mesmo contendo estes elementos de alívio de tensões na interface estrutura/alvenaria, os mesmos não ficaram isentos de manifestações patológicas a cada pé-direito. Detectou-se que o selante utilizado no preenchimento das juntas de movimentação encontrava-se, na maioria delas, deteriorado; sem atendimento às especificações de geometria; e/ou com desgaste por ausência de procedimentos de manutenção preventiva na periodicidade devida. Falhas no preenchimento das juntas facilitam a infiltração de água, e por efeito da pressão de vapor podem contribuir para o surgimento de outros danos, como o descolamento de peças cerâmicas.

### **5.7.2 – Abordagem geral da deterioração dos edifícios de estudo**

A seguir, tem-se a figura 5.37 que apresenta o índice danos/m<sup>2</sup> de área dos 6 (seis) edifícios de estudo (cor preta) e suas respectivas fachadas (nas cores azul, vermelha, verde e lilás) a fim de estabelecer um comparativo de deterioração entre os mesmos.

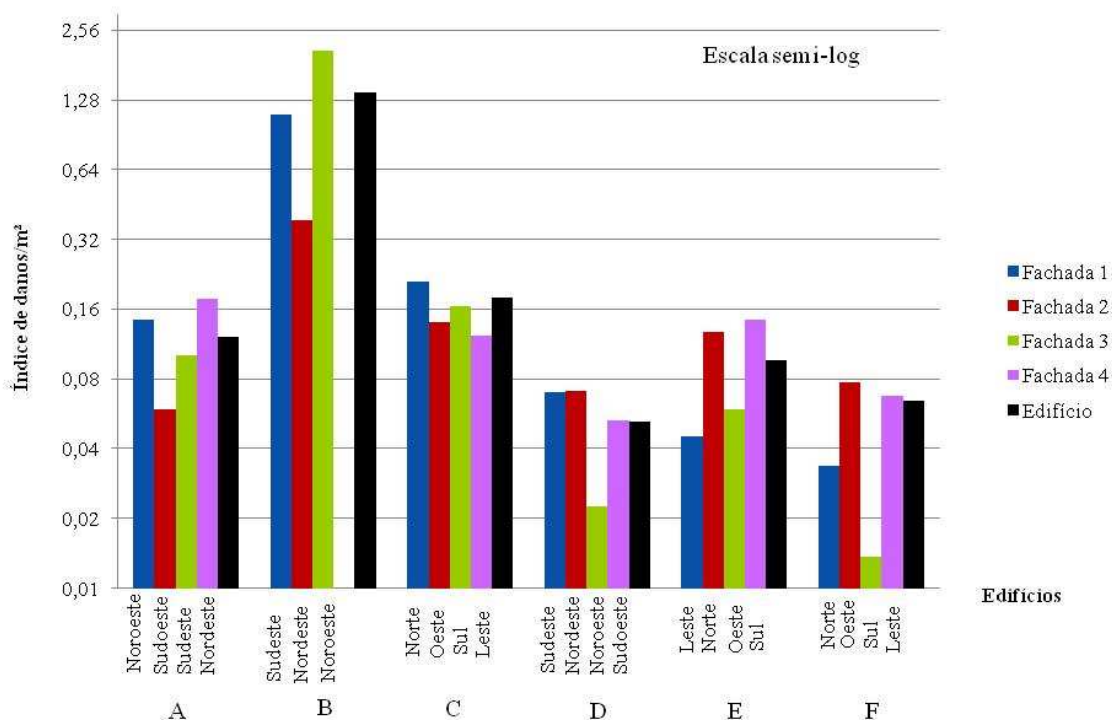


Figura 5.37 – Índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada dos edifícios estudados.

Abordando os edifícios estudados, de maneira geral, os edifícios B e C, foram os mais deteriorados, justificados pela idade avançada de ambos, 40 anos, e marcadamente pela provável falta de manutenção preventiva por parte do condomínio. Estes edifícios apresentaram um índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada bem superior ao apresentado por edifícios de construção mais recente, sendo que, o índice do edifício B foi o maior entre todos, algo em torno de 1,38.

O elevado índice de degradação apresentado pelo edifício B (1,38), foi cerca de 8 (oito) vezes, superior ao edifício C (0,18), embora ambos tenham tipologia arquitetônica e idades equivalentes. Esta situação destacou uma fragilidade da metodologia, ao quantificar danos considerando-os por simples contagem das manifestações patológicas identificadas nos esquemas de fachadas ao invés de considerar a extensão dos mesmos, em termos de área. Em outras palavras, em algumas situações, foi atribuído um mesmo valor durante a quantificação, para danos com áreas bem diferentes entre si.

Analisando-se os edifícios mais novos, A, D e F, com idade em torno de 10 anos, verifica-se que eles apresentaram menor incidência de manifestações patológicas, variando entre 0,05 e 0,12, o índice de danos/m<sup>2</sup> de área de fachada. Ainda que estes tenham sido valores

baixos, todos os edifícios com fachadas danificadas apresentados neste estudo, cuja inspeção foi realizada pelo LEM-UnB, tiveram o revestimento de suas fachadas condenadas e recomendada a remoção total do sistema. Apesar da pouca idade, estes edifícios costaram de elevada ocorrência de descolamento de placas cerâmicas, demarcando fortemente a existência de falhas durante a execução do emboço e/ou do assentamento das peças, seguido de falha na aderência das peças com o substrato.

Considerando-se a discrepância da incidência de danos entre as fachadas norte e sul do edifício F, constatou-se que na fachada norte (0,03) a ocorrência de danos, em sua maioria deu-se à presença de fissuras de canto constante na totalidade das esquadrias. Já na fachada sul (0,01), revestida com acabamento cerâmico de coloração escura, a maioria dos danos apresentados foram falhas de rejunte, vinculadas às solicitações térmicas.

A partir da observação da degradação dos edifícios, não foi possível atribuir correlação entre a orientação cardinal de suas fachadas e a deterioração das mesmas. Embora seja possível admitir que a diferença de deterioração detectada entre as fachadas oeste (0,14) e leste (0,12) do edifício C e oeste (0,06) e leste (0,05) do edifício E, similares entre si no que tange suas arquiteturas, esteja ligada a este aspecto. Observou-se que as fachadas oeste em ambos os edifícios reagiram de maneira mais agressiva a ação da temperatura mais intensa nesta respectiva orientação cardinal.

### **5.7.3 – Manifestações patológicas associadas a cada região tipificada da fachada**

Apresentam-se a seguir as regiões tipificadas de fachada em ordem de ocorrência de manifestações patológicas, mostrando a incidência de danos em cada uma delas.

Observando-se a região em torno de aberturas (esquadrias) é possível perceber o descolamento de cerâmica, falhas de rejunte, fissuração e falhas de vedação (Figura 5.38), como os danos mais correntes. Fissuras quase que constantes na região de aberturas, podem indicar que as estruturas estão deformando mais que o esperado, e a maneira como está sendo executada a maioria delas, sem elementos de distribuição de tensões, como vergas e contravergas ou utilização inadequada destes elementos, tem acentuado o problema. Ressalta-se que danos como o descolamento podem surgir como efeito colateral da existência de fissuração. A deterioração do material existente na interface

esquadria/alvenaria permite a infiltração de água com mais facilidade, acarretando em danos maiores na região.

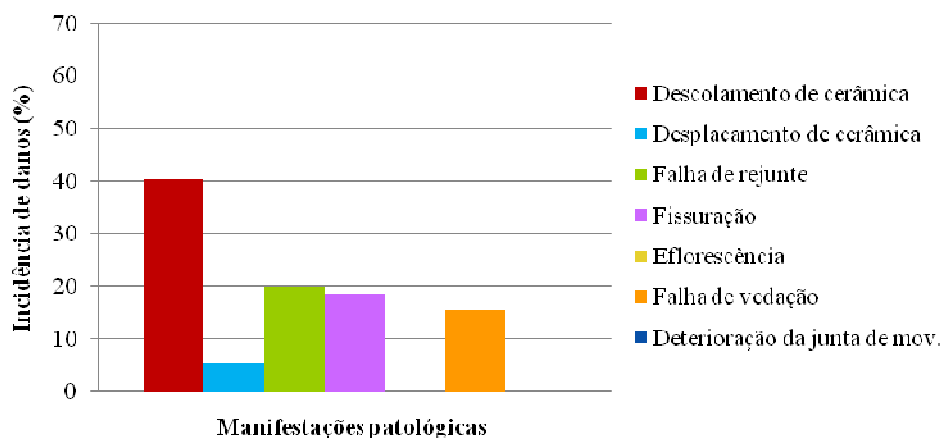


Figura 5.38 – Incidência geral de danos em torno de aberturas dos edifícios estudados.

Analisando-se a região de paredes contínuas (Figura 5.39) é possível perceber o descolamento de cerâmica, falhas de rejunte e fissuração como os danos mais correntes vinculados às variações higrotérmicas mais intensas nesta região; fissuração da alvenaria por deformação lenta da estrutura e, principalmente, a falhas de execução.

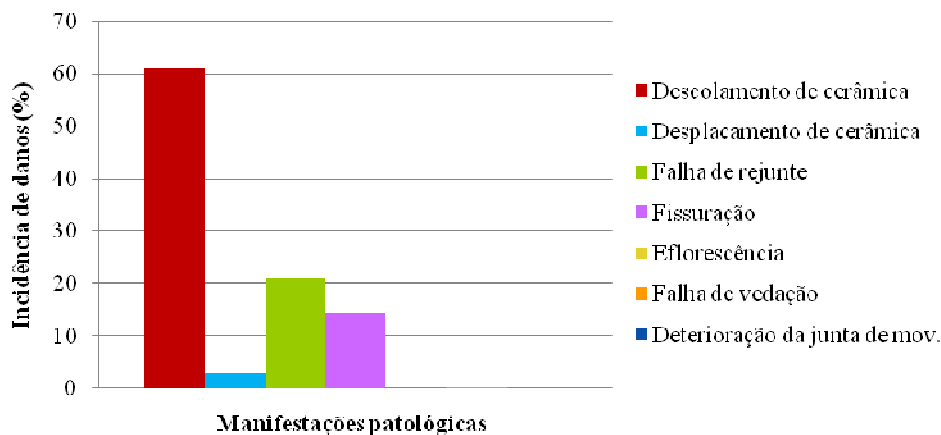


Figura 5.39 – Incidência geral de danos em paredes contínuas dos edifícios estudados.

Através da figura 5.40 observa-se que a região em torno das juntas (Figura 5.40) é atingida mais intensamente pelo descolamento de cerâmica e pela deterioração do selante das juntas de movimentação, atribuída à falta de manutenção, erros de geometria, além de falhas durante a execução das mesmas.



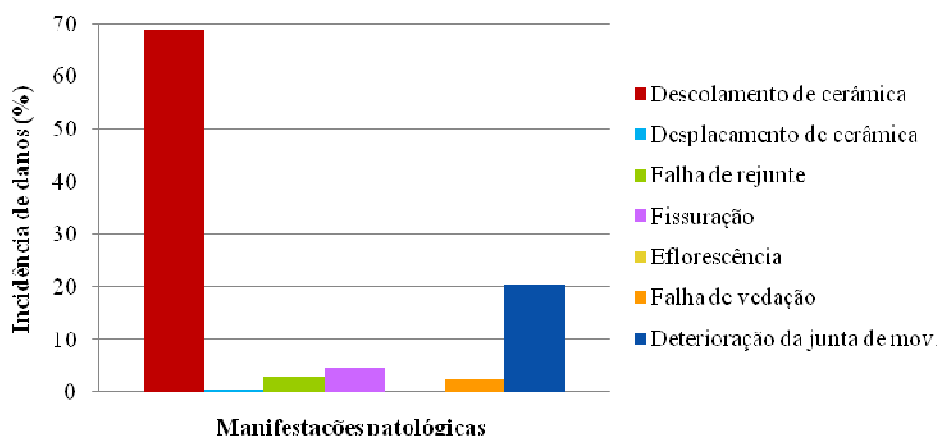


Figura 5.40 – Incidência geral de danos em torno das juntas dos edifícios estudados.

Observando-se a região de cantos e extremidades (Figura 5.41) é possível notar o descolamento de cerâmica, falha de rejunte e fissuração como danos mais correntes, atribuídos ao impacto, falhas de projeto e a problemas de execução. A execução do canto tem dificuldades intrínsecas, exige requadramento do emboço nas duas faces do mesmo, e para tanto, frequentemente utilizam-se argamassas mais fluidas, fato que as tornam depois de endurecidas, camadas porosas e menos resistentes, quadro favorável ao surgimento de danos na região em questão.

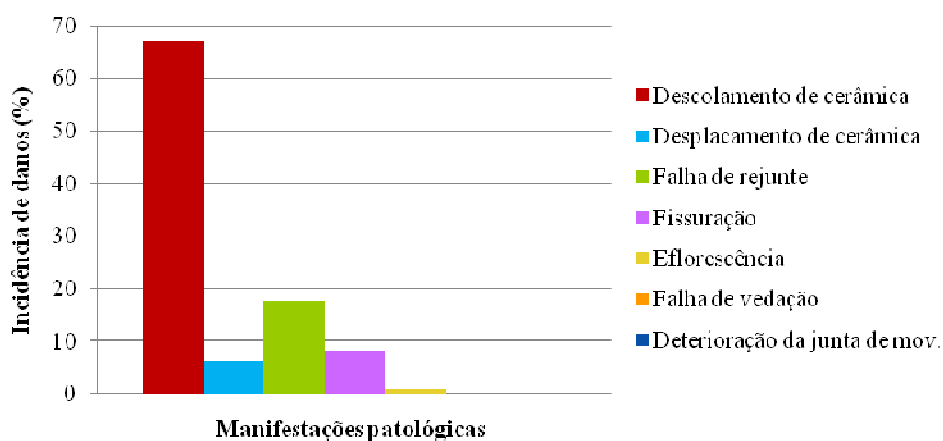


Figura 5.41 – Incidência geral de danos em cantos e extremidades dos edifícios estudados.

Ao observar-se a figura 5.42, nota-se que os danos de maior incidência na região de transição entre pavimentos (Figura 5.39) são o descolamento de cerâmica, falhas de rejunte e fissuração, associados principalmente a existência de movimentos diferenciais na estrutura e nas alvenarias, por razões estruturais ou térmicas.

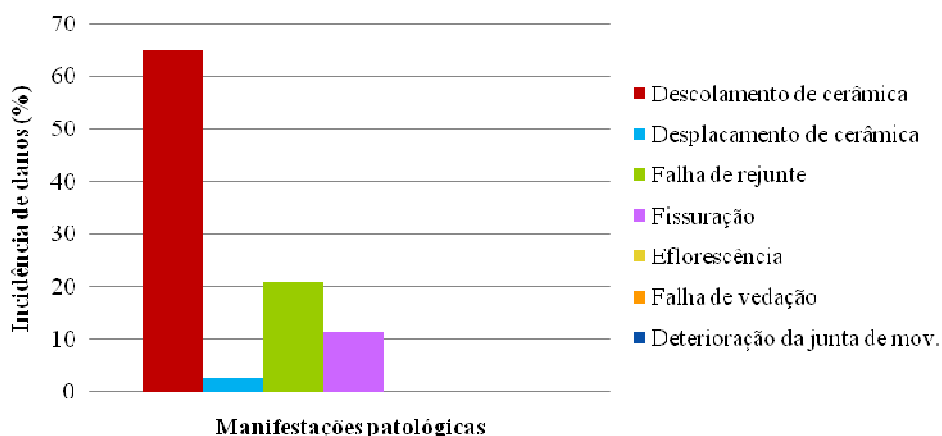


Figura 5.42 – Incidência geral de danos na transição entre pavimentos dos edifícios estudados.

Analisando-se a figura 5.43 verifica-se que a região do topo é atingida por quase todos os tipos de danos, onde se destacam o descolamento de cerâmica e falhas de rejunte. A ocorrência destes danos devem-se, especialmente, ao comportamento das platibandas e coberturas por efeito da temperatura. Estes elementos sofrem grandes variações dimensionais, acarretando em movimentações diferenciais entre os componentes que os constituem, e podem implicar em danos sobre o revestimento.

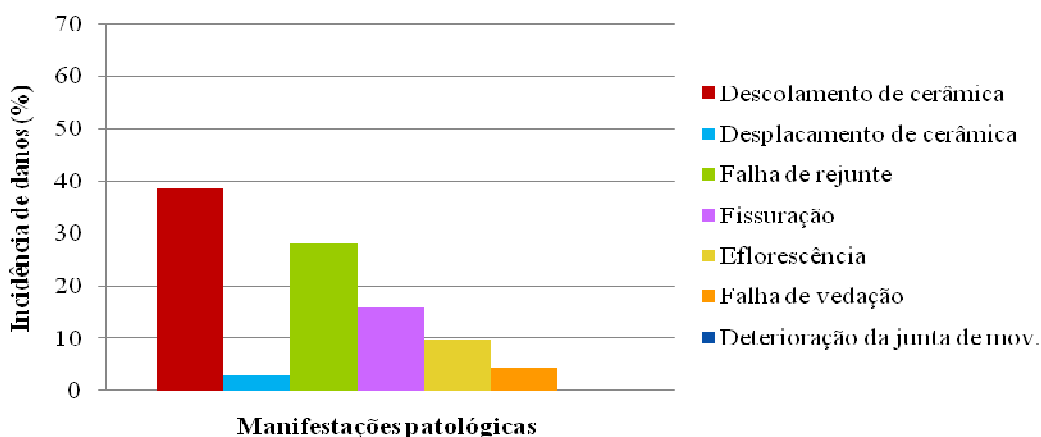


Figura 5.43 – Incidência geral de danos no topo dos edifícios estudados.

A região das sacadas (Figura 5.44) destaca-se pela maior incidência de eflorescência e falhas de rejunte. As sacadas são plataformas que ressaltam do alinhamento da parede dos edifícios e, por este motivo, estão mais expostas à ação da chuva. A presença de umidade somada a existência de sais livres nas argamassas de assentamento e às condições de pressão de cristalização destes, favorecem o aparecimento de manchas de eflorescências na superfície das sacadas.

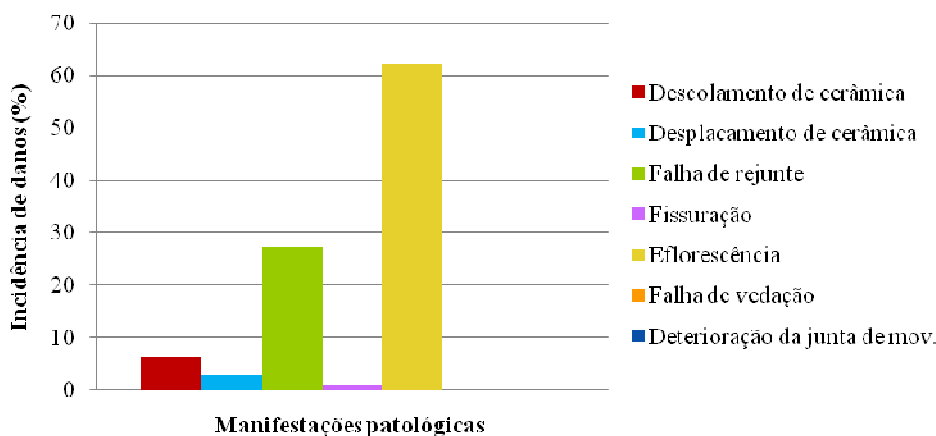


Figura 5.44 – Incidência geral de danos em sacadas dos edifícios estudados.

Por último, têm-se a região ao nível do solo (Figura 5.45) marcada pela incidência mais corrente de danos como o descolamento de cerâmica e manchas de eflorescência, atribuídos à presença de umidade ascensional. Verificaram-se danos nesta região, apenas no edifício E.

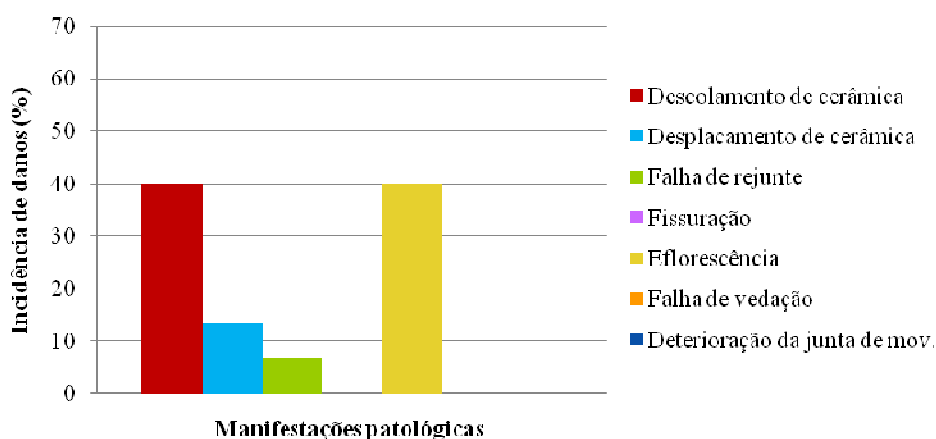


Figura 5.45 – Incidência geral de danos ao nível do solo dos edifícios estudados.

#### 5.7.4 – Matriz de correlação causas prováveis/manifestação patológica

Em vista do levantamento realizado de danos e constatação das principais causas a eles atribuídas associados à região de ocorrência, confeccionou-se a matriz de correlação causas prováveis / manifestação patológica desta pesquisa, complementando-se o diagnóstico. Inicialmente elencaram-se as manifestações patológicas (M) mais correntes nos seis edifícios estudados, localizados em Brasília, a saber:

- Fissuração
- Descolamento de peças cerâmicas
- Desplacamento de peças cerâmicas
- Falha de rejunte
- Eflorescência
- Falha de vedação
- Deterioração da junta de movimentação/estrutural

A seguir, apresentam-se as causas prováveis (C) das manifestações patológicas dentro do contexto citado; ou seja, as causas vinculadas, especificamente, aos danos apresentados pelos edifícios estudados conforme apresentado na tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Classificação das prováveis causas das manifestações patológicas em sistemas de revestimento de fachada.

C - A Falhas na especificação	
A1 - Esc	Escolha de materiais incompatível, omissa, ou não adequada à utilização
A2 - Des	Desagregação superficial da argamassa de emboço
A3 - Fat	Dimensionamento com desrespeito ao fator forma das juntas
A4 - Jun	Inexistência de juntas de assentamento, de movimentação ou estruturais
A5 - Pei	Dimensionamento incorreto dos peitoris
A6 - Pin	Ausência de pingadeiras
A7 - Ver	Ausência de vergas e contravergas nas aberturas
C - B Falhas no processo executivo	
B1 - Mat	Utilização de materiais não prescritos, e/ou cujas propriedades são desconhecidas (Ex.: saibro)
B2 - Tec	Aplicação dos materiais em desconformidade com procedimentos técnicos recomendados
B3 - Rig	Vedação ou preenchimento de juntas com material rígido
B4 - Ass	Assentamento com filetes de argamassa colante não esmagados ou mal espalhados no tardo
B5 - Tem	Extrapolação do tempo aberto da argamassa colante
B6 - Sel	Uso de selante com espessura reduzida
B7 - Esp	Espessura excessiva da argamassa de emboço
C - C Ação de fatores externos	
C1 - Chu	Chuva dirigida
C2 - Vem	Vento
C3 - Sol	Radiação solar
C4 - Ter	Choque térmico
C5 - Lix	Lixiviação de sais livres presentes nos materiais do SRF que contém cimento
C6 - Umi	Focos de umidade
C7 - Env	Envelhecimento natural

C - D Comportamento em uso	
D1 – Imp	Impactos de manutenção
D2 – Fal	Falta de limpeza do SRF ou de zonas adjacentes
D3 – Lim	Limpeza com uso de produtos inadequados
D4 – Est	Acomodação estrutural
D5 – Cor	Corrosão de esquadrias metálicas

O preenchimento das matrizes de correlação causas prováveis/ manifestação patológica foi realizado assinalando com um “X” os dados relacionados entre si, conforme apresenta a tabela 5.8, resultante dos estudos nesta pesquisa.

Tabela 5.8 – Matriz de correlação causas prováveis / manifestação patológica.

		Manifestações Patológicas (M)						
		Fissuração	Descol. cerâmico	Desplac. cerâmico	Falha rejunte	Eflorescência	Falha vedação	Det. junta de movimentação
Causas Prováveis (C)	A1 - Esc				X	X		
	A2 – Des		X	X				
	A3 – Fat							X
	A4 - Jun	X						
	A5 – Pei	X					X	
	A6 – Pin						X	
	A7 – Ver	X						
	B1 – Mat		X	X		X		
	B2 – Tec		X	X				
	B3 – Rig							X
	B4 - Ass		X	X				
	B5 – Tem		X	X				
	B6 – Sel							
	B7 – Esp		X	X				
	C1 – Chu		X	X	X			X
	C2 – Ven		X	X				X
	C3 – Sol		X	X	X			X
	C4 – Ter	X	X	X	X			X
	C5 – Lix					X		
	C6 – Umi	X	X	X		X		
	C7 – Env		X	X				X
	D1 – Imp				X			
	D2 – Fal							X
	D3 – Lim				X			X
	D4 – Est	X						X
D5 - Cor						X		

Correlacionar uma manifestação patológica a determinada causa não implica que esta seja a única fonte para que o dano se revele. Podem existir causas múltiplas associadas a um só dano, sendo que, geralmente, uma delas é preponderante em relação às demais.

A análise das manifestações patológicas e prováveis causas através de uma observação no sentido vertical da matriz apresentada na tabela 5.8, permite constatar que o descolamento e o deslocamento de peças cerâmicas são os danos que têm mais fatores vinculados à sua expressão, e por essa razão, alerta-se para o cuidado que deve ser dispensado, no intuito de eliminar ou amenizar a influência destas causas.

Através da análise da tabela, desta vez no sentido horizontal, permite-se verificar que as causas associadas à ação de fatores externos como o choque térmico, chuva dirigida, radiação solar e focos de umidade são aquelas que exercem mais influência na degradação do sistema de revestimento de fachada.

## **6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **6.1 – CONCLUSÕES**

Com o estudo apresentado nesta pesquisa pode-se chegar às seguintes conclusões:

- As principais manifestações patológicas identificadas nos revestimentos de fachada foram: descolamento e deslocamento de placas cerâmicas, falhas de rejunte, fissuração, eflorescências e falhas de vedação;
- O descolamento de peças cerâmicas foi o dano com maior ocorrência em todos os edifícios estudados, com incidência mais elevada na região de paredes contínuas, demonstrando que a região exige atenção redobrada, especialmente no que tange o processo de execução do emboço e do assentamento cerâmico;
- As regiões tipificadas da fachada em ordem de incidência de danos foram: 1º em torno das aberturas, 2º sobre paredes contínuas, 3º acerca das juntas, 4º nos cantos e extremidades, 5º na transição entre os pavimentos, 6º no topo, 7º em sacadas e 8º próximo ao nível do solo;
- Evidenciou-se claramente, neste estudo, a relação existente entre determinadas manifestações patológicas e o posicionamento das mesmas, ao longo do pano de fachada, fato importante na constatação do mecanismo de deterioração e para a confecção do diagnóstico;
- O índice de dano/m<sup>2</sup> de área de fachada mostrou-se uma ferramenta útil no sentido de determinar o grau de deterioração de um edifício, comparando-o a outros edifícios de tipologia e idades semelhantes ou não;
- A partir do uso da matriz de correlação causas prováveis/manifestação patológica foi possível concluir que a ação de fatores climáticos exerce influência no surgimento de praticamente todos os danos detectados nas fachadas dos edifícios de estudo; e que tanto o descolamento e como o deslocamento de peças cerâmicas são os danos com maior número de causas atreladas a sua ocorrência;
- Apesar da quantificação dos danos identificados nas fachadas ter sido realizada considerando a orientação cardinal das mesmas, não foi possível estabelecer relações entre a orientação cardinal e a quantidade de danos existe sobre elas, como se esperava.

## **6.2 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

- A tipificação apresentada nesta pesquisa é representativa quanto aos edifícios existentes na cidade de Brasília.
  
- O tipo de investigação adotado é de essencial importância quando se pretende garantir a qualidade e o desempenho do edifício exigido pelo usuário, bem como no sentido colaborar para a prevenção de danos potenciais.
  
- O mapeamento dos danos e sua incidência permitiram identificar as regiões tipificadas da fachada mais críticas no que se refere à incidência de manifestações patológicas. Este fato contribui para o estudo da prevenção de danos e falhas, a partir da elaboração de projetos, visto que funcionam como ferramentas de retroalimentação.
  
- A metodologia desta pesquisa é válida para investigação de manifestações patológicas, mas não exige a análise da fachada danificada através de ensaios localizados e laboratoriais, além da avaliação das propriedades dos materiais, para elaboração do diagnóstico definitivo. A quantificação dos danos, por si só, não é capaz de caracterizar os mecanismos das manifestações patológicas. Ela permite direcionar o pesquisador às regiões que merecem ser avaliadas com mais precisão.
  
- Muitas das manifestações patológicas poderiam ser evitadas, caso fosse dada a devida importância à concepção do projeto, às especificações, bem como ao controle de qualidade nas etapas que envolvem o processo executivo do sistema de revestimento de fachada;
  
- Convém salientar que a metodologia empregada na análise dos edifícios estudados atingiu com êxito o objetivo da pesquisa e desempenhou um papel fundamental na constatação das manifestações patológicas, suas respectivas regiões de origem, e obtenção das prováveis causas;



### **6.3 – RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

Com o intuito de dar prosseguimento aos estudos desenvolvidos pelo PECC-UnB, dentro da linha de pesquisa de “Sistemas Construtivos e Desempenho de Materiais e Componentes”, e ainda com o fim de colaborar para a melhoria do desempenho e qualidade dos sistemas de revestimento propõe-se:

- Analisar comparativamente a incidência de manifestações patológicas em edifícios residenciais dentro do Plano Piloto, construídos até o fim dos anos 70, com os edifícios construídos da década de 80 até os dias atuais;
- Estabelecer comparações entre edifícios com fachadas danificadas, distintas quanto ao tipo de uso; altura e acabamento do sistema de revestimento;
- Abordar o grau de deterioração de fachada considerando área (m<sup>2</sup>) de dano por área (m<sup>2</sup>) da fachada de análise, com base em registros fotográficos ou outro recurso mais apropriado;
- Caracterizar os tipos de tecnologias construtivas que vêm sendo adotados em Brasília no que se refere a sistemas de revestimento;
- Recomendar e especificar através de projetos de fachada, revestimentos e elementos construtivos de acordo com o tipo de exposição e solicitação a que é submetido cada sistema de revestimento de fachada, a fim de evitar manifestações patológicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND.. **Curso de gestão de revestimentos**. ABCP - Fortaleza, 2002. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/comunidades/fortaleza/center.htm>> Acesso em: 29 de maio de 2009.
- ALMEIDA, G. D. de. **Metodologia de Controle de Qualidade de Revestimentos Argamassados em Paredes**. Monografia de Projeto Final em Materiais de Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 1994, 185p.
- ALUCCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. Bolor em edifícios: causas e recomendações. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: PINI, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT, 1988, p. 565-570.
- ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. 2002. 175 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM – E 632-82/96**: Standard Practice for Developing Accelerated Tests to aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials. Philadelphia.
- AMORIM, C. N. e FLORES, A. L. Edifícios residenciais das superquadras do Plano piloto, Brasília: aspectos de preservação e conforto ambiental. In: VIII ENCONTRO NACIONAL e IV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ENCAC – ELACAC, 2005, 1 CD-ROM. p. 37-46.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO. **ANFACER**. Disponível em:<<http://www.anfacer.org.br/principal.aspx?tela=ucTelaConteudoseidMenu=93>>. Acesso em: 17 de maio de 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003.

- \_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 1995.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13530**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. 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.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
- \_\_\_\_\_. **NBR 14992**: Argamassa a base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15575-2**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15575-4**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008.
- BARROS, M. M. B.; TANIGUTI, E. K.; RUIZ, L. B.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia construtiva racionalizada para produção de revestimentos verticais**. Disciplina Patologias em Revestimentos Verticais. 1997. GEPE-TGP, EPUSP/PCC/CPqDCC. Notas de Aula. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/7330400/Impermeabilizacao-e-Patologias-ApostilaPatologiaPCC436ano2000>> Acesso em: 18 de março de 2009.
- BAUER, E. **Resistência a Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos – Uma Análise de Desempenho**. 1987. 168p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.

- BAUER, R. J. F. **Falhas em revestimentos**: suas causas e sua prevenção. Centro Tecnológico Falcão Bauer, 1996. Disponível em: <[http://200.199.118.135/orse/ esp/ ES00134.pdf](http://200.199.118.135/orse/esp/ES00134.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2009.
- BAUER, E. (Editor) **Revestimento de argamassa**: características e peculiaridades. Brasília: LEM- UnB; SINDUSCON, 2005.
- BAUER, E; BEZERRA, N. M.; CASTRO, E. K. de. **Relatório técnico: n.º 06050020-a**. Laboratório de Ensaios de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2006a.
- BAUER, E; BEZERRA, N. M.; CASTRO, E. K. de. **Relatório técnico: n.º 06090072-c**. Laboratório de Ensaios de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2006b.
- BAUER, E; BEZERRA, N. M.; CASTRO, E. K. de. **Relatório técnico: n.º 06110140-b**. Laboratório de Ensaios de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2006c.
- BAUER, E; BEZERRA, N. M.; CASTRO, E. K. de. **Relatório técnico:n.º 07050058-b**. Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BAUER, E.; CASTRO, E. K. de; LEAL, F. E.; JOFFILY, I. **Relatório técnico:n.º 09070253-b**. Brasília, Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- BAUER, E.; NEPOMUCENO, A. A. **Avaliação dos edifícios da quadra AOS-2**. Brasília, Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.
- BELTRAME, F. R.; LOH, K. **Aplicação de selantes em juntas de movimentação de fachadas**: boas práticas. Série Recomendações Técnicas Habitare. Porto Alegre: ANTAC, v. 5, 2009, 64p.
- BOLORINO, H.; CINCOTTO, M. A. A influência do tipo de cimento nas argamassas. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: II SBTA, 1997. 1 CD-ROM. p. 15-25.
- BORGES, C. A. de M. NBR 15575 – Edificações habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho. In: EXPONORMA 2008 – CONGRESSO E EXPOSIÇÃO – DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE, São Paulo, Brasil, 2008.
- BRAGA, D. K.; AMORIM, C. N. D. Conforto térmico em edifícios residenciais do plano piloto de Brasília. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL e X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENTAC 2004. 1 CD-ROM. p. 18-21.
- CAMPANTE, E. F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas**. 1996. 408p.

- Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2001.
- CARASEK, H; BAUER, E. **1º Curso de Tecnologia das construções** – Argamassas de Revestimento. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 1997.
- CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** 1996. 285p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- CAZAL, A. A.; JARA, R. C.; ACOSTA, A. M. (2009). Influência de la forma y la textura de los agregados gruesos em las propiedades del hormigón. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 51., 2009, **Anais...** CBC2009- 51CBC0100, p. 1-11. outubro de 2009.
- CENTRO CERÂMICO DO BRASIL. **Manual de assentamento de revestimentos cerâmicos** – fachadas. CCB, 2009. Disponível em: < [http://www.ccb.org.br/assentamento/manual\\_pinternas.pdf](http://www.ccb.org.br/assentamento/manual_pinternas.pdf)> Acesso em: 29 de maio de 2009.
- CHAGAS, S. V. M. das. **Estudo e Proposta de um Modelo de Resistência à Fadiga de Argamassas de Revestimento em Estado Plano e Tridimensional de Tensões.** 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- CIB W80/RILEM 71-PSL *Prediction of service life of building materials and components.* In: Conseil International du Bâtiment pour la Recherche L'étude et la Documentation e Réunion Internationale des Laboratoires D'essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions, Rotterdam, 98p., 1983.
- CINCOTTO, M. A. Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1988. p. 157-170.
- COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON – CEB. CEB - FIP Model Code 90 (MC - 90) – Design Code, Bulletins d'Information, 1991. p. 203-205.
- CONSOLI, O. J. **Análise da Durabilidade dos Componentes das Fachadas de Edifícios, Sob a Ótica do Projeto Arquitetônico.** 2006. 208p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

- CORTEZ, I. M. M. **Contribuição ao Estudo dos Sistemas de Revestimento com a Incorporação de Fibras Sintéticas**. 1999. 219 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 1990.
- DO Ó, S. W. **Análise da Retenção de Água em Argamassas de Revestimento Aditivadas**. 2004. 173 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- FIORITO, A. J. S. L. **Manual de argamassa e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: PINI, 1994.
- FLAUZINO, W. D.; UEMOTO, K. L. Durabilidade de materiais e componentes das edificações. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPT, 1981. p. 203-220.
- FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios. **Revista Engenharia Civil**, ed. 13., Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, janeiro de 2002.
- FONTENELLE, A. M.; MOURA, Y. M. de. **Revestimento cerâmico em fachadas - estudo das causas das patologias**, Relatório de pesquisa, Comunidade da Construção – Sistemas à base de cimento, Fortaleza, 2004. Disponível em: <[http://www.abcp.org.br/comunidades/fortaleza/arquivos/03\\_PesquisaPatologia.pdf](http://www.abcp.org.br/comunidades/fortaleza/arquivos/03_PesquisaPatologia.pdf)>. Acesso em: 17 de março de 2009.
- GASPAR, P.; BRITO, J. de. Mapping Defect Sensitivity in External Mortar Renders. In: JOURNAL OF CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS, v. 19(8), 2005, p. 571-578.
- GONÇALVES, S. R. de C. **Variabilidade e Fatores de Dispersão da Resistência de Aderência nos Revestimentos em Argamassa – Estudo de Caso**. 2004. 148 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- GUIMARÃES, L. E.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Proposta de metodologia para avaliação comparativa do grau de deterioração em edificações**. In: IV CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN e IX CONGRESSO DE CONTROL DE CALIDAD EM LA CONSTRUCCIÓN, 2003, Porto Alegre. **Anais...** CONPAT 2003, Vol II: Patología, p. VIII. 9 -16.

- HELENE, P. Vida útil das estruturas de concreto. In: IV CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES e VI CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 1997, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Escola de engenharia, UFRGS, 1997. p. 1-30. Disponível em: <<http://www.alconpat.org.uy/doc/biblio/helene.pdf>> Acesso em: 10 de fevereiro de 2009.
- IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: PINI, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT, 1988, p. 545-548.
- ICOMOS – *INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES* – Comitê Científico Internacional para Análise e Restauração de Estruturas do Patrimônio Arquitetônico. Recomendações para análise, conservação e restauração estrutural do patrimônio arquitetônico, 2001. Disponível em: <[http://www.arcoit.com.br/arquivos/rec\\_brasil.pdf](http://www.arcoit.com.br/arquivos/rec_brasil.pdf)> Acesso em: 6 de fevereiro de 2009.
- JOHN, V. M. Avaliação da durabilidade de materiais, componentes e edifícios: cálculo do custo global. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1988.
- JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. Durabilidade de componentes da construção. In: **Coletânea Habitare** - Construção e Meio Ambiente, Porto Alegre: ANTAC, v. 7, 2006, p. 20-57.
- JUNGINGER, M. Rejuntamento de Revestimentos Cerâmicos: Influência das Juntas de Assentamento na Estabilidade de Painéis. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL e X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo – ENTAC, 2004.
- JUNGINGER, M.; MEDEIROS, J. S. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos:** influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. Boletim Técnico: BT/PCC/372. São Paulo: EPUSP, 2003, 22p.
- LEAL, F. E. C. B. **Estudo do Desempenho do Chapisco como Procedimento de Preparação de Base em Sistemas de Revestimento**. 2003. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

- LEGGERINI, M. R. C.; AURICH, M. **Argamassa de revestimento**. Disciplina Materiais, Técnicas e Estruturas I. 2009. Faculdade de Arquitetura, PUCRS, Porto Alegre. Notas de Aula. Disponível em: <[http://www.pucrs.br/feng/civil/professores/regina/estruturas\\_i\\_capitulo\\_IV\\_argamassa\\_de\\_revestimento.pdf](http://www.pucrs.br/feng/civil/professores/regina/estruturas_i_capitulo_IV_argamassa_de_revestimento.pdf)>. Acesso em: 20 de agosto de 2009.
- LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**: procedimento para diagnóstico e recuperação, Boletim Técnico: BT/PCC/06. São Paulo: EPUSP, 1986, 29 p.
- LOPES, B. A. R. **Patologia de Estruturas**. Curso de Extensão – Patologia e Perícia de Estruturas de Concreto. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília e Instituto de Engenharia de Avaliação e Perícia. Brasília: PECC/UnB e IBAPE/DF, 2000.
- LORDSLEEM JÚNIOR, L. S.; FRANCO, L. S. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação**: avaliação da capacidade de deformação. Boletim Técnico: BT/PCC/195. São Paulo: EPUSP, 1998, 22p.
- MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para a Execução de Revestimentos de Argamassa para Paredes de Vedação Internas e Exteriores e tetos**. 1998. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PCC, São Paulo. Notas de aula.
- MARTINS, A. M. M. **Estudo da Influência da Dosagem de Cimento no Desempenho de Argamassas de Reboco**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2008.
- MATOS, V. C. de M.; LIMA, M. G. de. Manual para avaliação de fachadas – importância da avaliação dos fatores ambientais de degradação. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENTAC, 2006. p. 3010-3019.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios. Boletim Técnico: BT/PCC/246. São Paulo: EPUSP, 1999, 28p.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008, 674p.
- OLIVEIRA, J. A. da C. **Contribuição ao Estudo do Comportamento Mecânico de Sistemas de Revestimento à Base de Argamassa Modificados com Polímeros de Base Látex**. 2004. 163 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.



- PAES, I. N. L. **Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-aplicação**. 2004. 242 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- PAES, I. N. L.; CARASEK, H. Desempenho das argamassas de rejuntamento no sistema de revestimento cerâmico. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Porto Alegre: ANTAC, 2002. p. 93-103.
- PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C.; ROCHA, M. de O.; CHAVES, M. V. **Patologia em revestimento cerâmico de fachada**. Síntese de monografia, Pós-Graduação em Engenharia de Avaliações e Perícias do CECON, Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEA FUMEC, Belo Horizonte, Brasil, 2002. Disponível em: <<http://www.ibape-mg.com.br/monografia.htm>> Acesso em: 4 de junho de 2009.
- PEREIRA, C. H. de A. F. **Contribuição ao Estudo da Fissuração, da Retração e do Mecanismo de Descolamento do Revestimento à Base de Argamassa**. 2007. 195 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- PEREZ, A. R. Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: PINI, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT, 1988, p. 571-78.
- RESENDE, M. M.; Junginger, M. **Análise das características das argamassas de rejuntamento**. 2001. Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brasil. Trabalho da disciplina PCC 5831 - Tecnologia de Produção de Revestimentos Cerâmicos.
- RESENDE, M. M.; MEDEIROS, J. S. Recuperação de revestimentos de fachada de edifícios: estudos de casos In: CONPAT 2003, Yucatán, México.
- RESENDE, M. M.; BARROS, M. M. S. B. de; MEDEIROS, J. S. A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios. In: WORKSHOP DE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: WORKDUR, 2001.
- RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B. de. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico: BT/PCC/462. São Paulo: EPUSP, 2007, 25p.
- RILEM – INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES. **MR-3**: The complex workability – consistence – plasticity, França, 1982.

- ROEWER, D. **Estudo das Alvenarias e Fachadas: Análise e Metodologia de Inspeção de Danos nas Edificações**. Monografia de Projeto Final II em Sistemas Construtivos e Materiais, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007, 124p.
- SABBATINI, F. H. Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 13., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: 13º SIMPATCON, 1990.
- SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas**. 2001. Revisão do Relatório Técnico Sabbatini, F. H. e Barros, M. M. S. B. *Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação e em alvenaria*, da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, R6-06/90 – EP/ENCOL-6, São Paulo, Brasil, 1990, 31p.
- SANTOS, C. C. N. **Critérios de Projetabilidade para as Argamassas Industrializadas de Revestimento Utilizando Bomba de Argamassa com Eixo Helicoidal**. 2003. 138 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- SARAIVA, A. G. **Contribuição ao Estudo de Tensões de Natureza Térmica em Sistemas de Revestimento Cerâmico de Fachada**. 1998. 164 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.
- SATO, N. M. N.; JOHN, V. M.; UEMOTO, K. L. Umidade e crescimento de microorganismos em fachadas. In: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DURABILIDADE DE MATERIAIS, COMPONENTES E ESTRUTURAS, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1997. p. 63-68.
- SILVA, F. G. S. **Proposta de Metodologias Experimentais Auxiliares à Especificação e Controle das Propriedades Físico-mecânicas dos Revestimentos em Argamassa**. 2006. 266p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, 2006.
- SILVA, R. C. da; GONÇALVES, M. de O.; ALVARENGA, R. de C. S. S. A. Alvenaria racionalizada. **Téchne**, n. 112, julho de 2006.
- SILVESTRE, J. **Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2005.

- SILVESTRE, J e BRITO, J. **Inspecção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes**, Revista Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal, 2008. Disponível em:<<http://www.civil.uminho.pt/revista/n30/Pag%2068.pdf>> Acesso em: 20 de junho de 2009.
- SITTER, W. R. Costs for Service Life Optimization. The “Law of Fives”. In: **CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen, 18-20 May 1983**. Copenhagen, CEB, 1984. (Workshop Reported by Steen Rostam)
- SOUSA, J. G. G. de. **Contribuição ao Estudo das Propriedades das Argamassas de Revestimento no Estado Fresco**. 2005. 233 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- SOUZA, A. L. R.; MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. O processo de projeto dos edifícios. In: WORKSHOP TENDÊNCIAS RELATIVAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1997. **Anais...** São Paulo: EPUSP,1997. p. 46-48.
- SOUZA, R. H. F.; ALMEIDA, I. R. O projeto da UFF para avaliar o desempenho de revestimentos de fachadas. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS e I INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON MORTARS TECHNOLOGY, 2005, Florianópolis. **Anais...** CD-ROM.
- SPOSTO, R. M. **Aula 5 – parte 1**. Disciplina Avaliação de Desempenho de Edificações. 2009. Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil - PECC, Universidade de Brasília, Brasília. Notas de aula.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1 ed. São Paulo: PINI/EPUSP/IPT, 1989.
- THOMAZ, E. **Patologias de Revestimento** - Apostila de Revestimentos Módulo II. Disciplina Patologia das Edificações. 2001. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Brasil. Notas de aula.
- UEMOTO, Kai L. Patologia: danos causados por eflorescência. Tecnologia de edificações. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: PINI, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT,1988, p. 561-64.
- VERDUCH, A. G.; SOLANA, V. S. **Velos, florescências y manchas em obras de ladrillo**. Instituto de Tecnologia Cerámica – ITC. Castellón: Faenza Editrice Ibérica, S.L. 1999, p.304.

**APÊNDICE**  
**GUIA TÉCNICO DE IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**  
**EM SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA**

# GUIA TÉCNICO DE IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA



**Giselle Reis Antunes**

## RESUMO

Neste guia serão caracterizadas e complementarmente apresentadas por meio de registros fotográficos as principais manifestações patológicas passíveis de ocorrer em sistemas de revestimento de fachadas (SRF), de forma a facilitar o reconhecimento das mesmas e possibilitar suas identificações.

## INTRODUÇÃO

Não raro, a construção civil, no cenário nacional e internacional, faz uso de sistemas complexos e pouco abordados cientificamente, há desenvolvimento de técnicas construtivas inovadoras, uso de novos produtos e materiais, nos sistemas de revestimento de fachada isso não é diferente.

No entanto, mesmo com toda essa evolução tecnológica em curso, tem-se verificado a incidência cada vez mais frequente de manifestações patológicas com origens diversas sobre sistemas de revestimento de fachada.


As manifestações patológicas podem surgir no sistema de revestimento de fachada caso seja desconsiderado que ele se constitui de materiais cujas características físico-mecânicas são diferentes entre si durante a especificação, podem ser decorrentes de má execução, do desrespeito às normas e indicações de projeto. Existem ainda situações em que apesar dos danos se manifestarem nos sistemas de revestimento, podem não ser originários nos mesmos.

Com a incidência de problemas patológicos sobre as fachadas, notoriamente sobre aquelas com acabamento cerâmico, o desempenho das mesmas vem sendo alterado, e suas funções básicas como valorização estética e econômica do edifício, melhoria de estanqueidade da vedação, regularização e acabamento final da fachada são comprometidas.

Conhecer as falhas e analisar suas principais causas é de essencial importância quando se pretende realizar diagnósticos mais rigorosos.


## 1.0 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA


### 1.1 DESCOLAMENTO E DESPLACAMENTO

Descolamento	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não preenchimento adequado do tardoz da cerâmica</li> <li>- Assentamento sem técnica de dupla-colagem</li> <li>- Falta de esmagamento dos cordões de argamassa e de percussão nas placas</li> <li>- Utilização da argamassa colante com prazo de validade vencido</li> <li>- Fixação dos componentes cerâmicos após o vencimento do tempo em aberto da argamassa colante</li> <li>- Ocorrência de fadiga nas ligações entre argamassa colante e as placas cerâmicas devida a choques térmicos</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Som cavo</li> <li>- Formação de bolsões</li> <li>- Afastamento físico da camada de acabamento</li> </ul>

Desplacamento	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesmas causas do descolamento</li> <li>- Instabilidade de suporte</li> <li>- Imperícia ou negligência da mão-de-obra</li> <li>- Falhas dos materiais</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evento posterior ao descolamento que pode ocorrer com queda tanto da argamassa como das placas cerâmicas</li> <li>- Queda da camada de argamassa</li> <li>- Queda das placas cerâmicas</li> </ul>

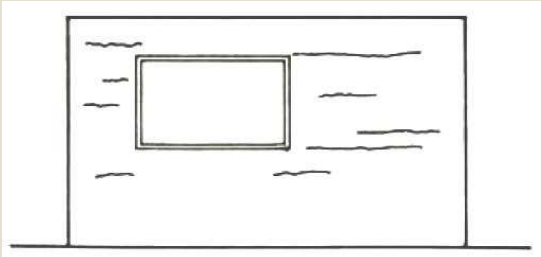
## 1.2 FISSURAS E TRINCAS

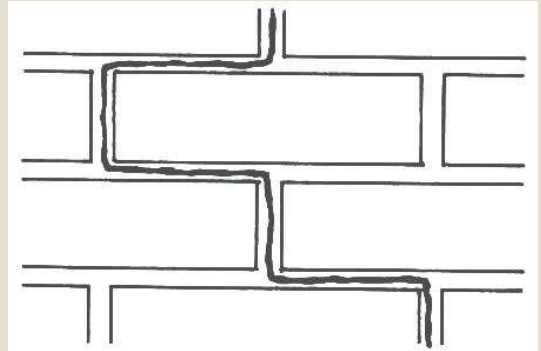
Fissuras na envoltória de aberturas	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentração de tensões</li> <li>- Ausência e/ou ineficiência de vergas e contra-vergas</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aberturas lineares nos cantos das esquadrias (janelas, basculantes e portas)</li> </ul>

Fissuras na interface estrutura-alvenaria	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flechas excessivas em vigas e lajes</li> <li>- Deficiência de ancoragem especialmente no encontro pilar/alvenaria</li> <li>- Movimentações diferenciais decorrentes de variação térmica</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aberturas lineares paralelas aos elementos estruturais (pilar, viga ou laje)</li> <li>- Configuração sinuosa (“dentes de serrote”) com ou sem ramificações, abaixo de vigas e lajes</li> <li>- Configuração denteada na interface com o pilar</li> </ul>





Fissuras em parede contínua	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimentações diferenciais por razões estruturais ou térmicas</li> <li>- Retração por secagem da argamassa</li> </ul>
<b>Manifestação</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aberturas lineares mapeadas, forma variada e distribuídas por toda a superfície</li> </ul>	


Fissuras horizontais	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada do hidróxido de magnésio da cal, por ataque de sulfatos ou devido à presença de argilo-minerais expansivos no agregado</li> <li>- Sarrafeamento e desempenho precoce</li> <li>- Ascensão de umidade do solo</li> </ul>
<b>Manifestação</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fissuras horizontais nos panos de fachada ou na base da alvenaria</li> </ul>	

Fissuras verticais ou inclinadas	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfraquecimento do revestimento pela presença de tubos e eletrodutos</li> <li>- Movimentações térmicas</li> </ul>
<b>Manifestação</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aberturas lineares verticais nas paredes</li> <li>- Aberturas acompanhando as juntas verticais de assentamento ou os componentes de alvenaria</li> </ul>	

### 1.3 FALHAS NAS JUNTAS


Falhas nas juntas de assentamento	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fadiga do rejunte por ciclos higrotérmicos</li> <li>- Envelhecimento do rejunte</li> <li>- Especificação e/ou uso e aplicação errônea do rejunte</li> <li>- Infiltração de produtos potencialmente agressivos e água</li> <li>- Impactos na região de encontro especialmente com as esquadrias</li> </ul>
<b>Manifestação</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteração de cor, fissuração ou ainda queda do rejunte</li> </ul>	

Falhas nas juntas de movimentação e dessolidarização	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiência de projeto, especificação e/ou execução das juntas</li> <li>- Escolha incorreta do selante</li> <li>- Não utilização de <i>primer</i> onde ele for imprescindível</li> <li>- Procedimentos de limpeza inadequados, como o uso de ácidos e bases concentrados</li> <li>- Ataques de agentes atmosféricos agressivos</li> <li>- Ocorrência de movimentações não previstas</li> <li>- Falta de manutenção</li> </ul>
<b>Manifestação</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda de estanqueidade por fissuração ou queda do selante</li> <li>- Envelhecimento do material de preenchimento</li> </ul>	

Falhas nas juntas estruturais	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiência de projeto, especificação e/ou execução das juntas</li> <li>- Obstrução da junta por uso de material rígido</li> <li>- Ocorrência de movimentações não previstas</li> <li>- Falta de manutenção</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioração da junta</li> <li>- Perda de estanqueidade por fissuração</li> </ul>

#### 1.4 MANCHAMENTO


Bolor ou mofo	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condições de clima favoráveis, como ambientes úmidos, mal ventilados ou mal iluminados</li> <li>- Presença de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manchas com coloração escura, normalmente preta, marrom ou verde</li> </ul>

Eflorescência	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existência de umidade</li> <li>- Teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes do revestimento</li> <li>- Pressão hidrostática favorável a migração da solução de água e sais para a superfície</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manchas com coloração esbranquiçada</li> </ul>

### 1.5 DESAGREGAÇÃO


Desagregação	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo teor de aglomerante</li> <li>- Excesso de elementos finos na areia</li> <li>- Aplicação de cal não hidratada na argamassa</li> <li>- Dissolução de sais</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Esfarelamento da argamassa de emboço</li> <li>- Elevada pulverulência</li> </ul>

## 1.6 DETERIORAÇÃO DAS PLACAS CERÂMICAS

<b>Gretamento</b>	<b>Prováveis causas</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Durante a fabricação da placa cerâmica, devida a tensões residuais diferencias entre a massa e o vidrado</li><li>- Após o uso da placa, decorrentes da diferença de dilatação entre a massa que constitui o tardo de cerâmica e o esmalte</li><li>- Expansão do corpo cerâmico devida à absorção de umidade pela massa porosa ou retração da argamassa de emboço ou de fixação com alto teor de cimento</li></ul>
<b>Manifestação</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Aberturas similares a um fio de cabelo na superfície esmaltada das placas cerâmicas</li></ul>	

<b>Rompimento de placa cerâmica</b>	<b>Prováveis causas</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Impacto mecânico</li><li>- Existência de falhas de assentamento como a falta de argamassa de assentamento no tardo de placas</li><li>- Assentamento com argamassa vencida ou cujo tempo em aberto expirou</li><li>- Movimentações do substrato não prevista e/ou não avaliadas em projeto</li></ul>
<b>Manifestação</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Quebra das placas cerâmicas</li></ul>	

## 1.7 OUTRAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Descascamento de pintura	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aplicação da tinta em base úmida</li><li>- Ausência ou preparo inadequado do substrato</li><li>- Tinta com baixa resistência a álcalis aplicada sobre substrato úmido e alcalino</li></ul> <p data-bbox="831 685 1364 723"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Perda de aderência da película de tinta</li><li>- Pulverulências ou descolamentos, com posterior perda de aderência</li><li>- Escamação da película</li></ul>

Falhas de vedação	Prováveis causas
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Queda de rejunte pela sua má aplicação, impactos mecânicos, ausência de manutenção ou ainda decorrente do processo de corrosão das esquadrias metálicas</li></ul> <p data-bbox="831 1335 1364 1373"><b>Manifestação</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Falhas de estanqueidade especialmente no encontro do corpo da esquadria com a alvenaria</li></ul>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bauer, R. J. F. (1996). Falhas em revestimentos: suas causas e sua prevenção. Centro Tecnológico Falcão Bauer. Disponível em: <<http://200.199.118.135/orse/esp/ES00134.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2009.
- Bauer, E. (2008). “Avaliação da fachada - diagnóstico das patologias identificadas e infiltração nas janelas”. *Relatório Técnico*, Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília.
- Carasek, H.; Bauer, E. (1997). “1º Curso de Tecnologia das construções - Argamassas de Revestimento”. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- Fontenelle, A. M.; Moura, Y. M. de (2004). “Revestimento cerâmico em fachadas - estudo das causas das patologias”, Relatório de pesquisa, Comunidade da Construção - Sistemas à base de cimento, Fortaleza. Disponível em: <[http://www.abcp.org.br/comunidades/fortaleza/arquivos/03\\_PesquisaPatologia.pdf](http://www.abcp.org.br/comunidades/fortaleza/arquivos/03_PesquisaPatologia.pdf)>. Acesso em: 17 de março de 2009.
- Ioshimoto, E. (1988). Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. In: Tecnologia de edificações. São Paulo. PINI, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. p. 545-548.
- Lichtenstein, N. B. (1986). “Patologia das construções: procedimento para diagnóstico e recuperação”, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, Brasil, 29 p.
- Paes, I. N. L.; Carasek, H. (2002). “Desempenho das argamassas de rejuntamento no sistema de revestimento cerâmico”. In: *Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC*, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 93-103.
- Perez, A. R. (1986). “Umidade nas edificações”, Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Verdusch, A. G.; Solana, V. S. (1999). “Velos, florecências y manchas em obras de ladrillo”, Instituto de Tecnologia Cerámica - ITC, Castellón, Faenza Editrice Ibérica, S.L.