



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

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A DEGRADAÇÃO E
AS CARACTERÍSTICAS DE FACHADAS**

HIAGO GOMES PEREIRA

ORIENTADOR: JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
BRASÍLIA / DF: NOVEMBRO/2021**

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

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A DEGRADAÇÃO E AS
CARACTERÍSTICAS DE FACHADAS**

HIAGO GOMES PEREIRA

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

APROVADA POR:

Prof. Dra. Jéssica Siqueira de Souza, UnB

Orientador

Prof. Dr. Elton Bauer, UnB

Examinador Interno

Msc. Ana Luiza Rocha de Souza, CEFET-MG

Examinador Externo

DATA: 5 DE NOVEMBRO DE 2021, BRASÍLIA/DF

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, HIAGO GOMES	
Análise da Relação entre a Degradação e as Características de Fachadas [Distrito Federal] 2021.	
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.	
1. Anomalias	2. Argamassa
3. Cerâmica	4. Zonas de fachada
I. ENC/FT/UnB	II. Análise da Relação entre a Degradação e as Características de Fachada

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, H.G. (2021). Análise da Relação entre a Degradação e as Características de Fachadas. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-002/21, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hiago Gomes Pereira

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise da Relação entre a Degradação e as Características de Fachadas.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2021

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

Hiago Gomes Pereira
Shces 1105 Bloco H Apt:1106
70658158 – Brasília/DF – Brasil

Agradecimentos

Agradeço a minha orientadora, professora Jéssica, que se disponibilizou para me auxiliar nesse trabalho. Sou grato ao seu esforço e dedicação para com seus alunos, e a todo aprendizado proporcionado.

Agradeço a minha família, em especial: tios Ananias e Nilton, tias Marisa, Sônia e Terezinha, primo Lucas e avó Alexandra; sempre me apoiaram e incentivaram nessa jornada.

Aos meus amigos de curso que com mais do que parceria, dentre os quais: Bruno Nunes, David Eloi, Pedro Paulo e Rafael de Assis que me acompanharam e auxiliaram em incontáveis horas de BCE e trabalhos.

Enfim, agradeço à Universidade de Brasília, seu corpo docente, e a todos que auxiliaram na elaboração deste projeto.

Resumo

As fachadas atuam como um sistema de vedação que delimita o interior e exterior de um edifício. Estas desempenham variadas funções, entre as quais, promover conforto térmico, acústico e proteção para os usuários. A fachada é o sistema do edifício que visualmente pode sugerir um panorama geral da vida útil desse, por evidenciar desequilíbrios estruturais e mau desempenho de componentes. O estudo das condições degradantes, assim como seus efeitos e as anomalias de fachada, é importante para o aperfeiçoamento de técnicas de elaboração, execução e manutenção de projetos. A análise de fachadas pode ser dividida em zonas que apresentam semelhantes condições de degradação. Dessa forma, é possível relacionar de forma mais direta as causas prováveis e suas respectivas anomalias. O objetivo do presente estudo é investigar as relações entre a degradação e as características (tipo de revestimento) da fachada de um edifício. A análise dos dados utilizou o Fator de Danos (FD) em perspectivas diferentes, tal como por zonas, por anomalias e a combinação destas. Quatro edifícios com fachadas revestidas em cerâmica e em argamassa foram inspecionados e mapeados. Utilizou-se o Método de Mensuração de Degradação para sistematizar esta análise. Após a interpretação dos dados, obteve-se zonas mais propícias a degradação e suas anomalias mais incidentes. Os resultados apontam as sacadas e o topo como zonas críticas a ocorrência de anomalias, sendo o topo a zona mais afetada. Observou-se também que tanto o revestimento em argamassa quanto o revestimento cerâmico apresentaram valores elevados para as anomalias de mofo e manchas. A investigação proposta visa contribuir para a compreensão do processo de degradação em edifícios com uso misto de sistemas de revestimento cerâmicos e em argamassa.

Palavras-Chave: Anomalias, Revestimento em Argamassa, Revestimento Cerâmico, Zonas de Fachada, Degradação

Abstract

Facades act as a sealing system that delimits the interior and exterior of a building. These perform various functions, including promoting thermal, acoustic, and protection comfort for users. The facade is the building's system that can visually suggest an overview of its useful life, as it shows structural imbalances and poor performance of components. The study of degrading conditions, as well as their effects and facade anomalies, is important for the improvement of techniques for the elaboration, execution, and maintenance of projects. The analysis of facades can be divided into zones that present similar degradation conditions. In this way, it is possible to more directly relate the probable causes and their respective anomalies. This study aims to investigate the relationship between degradation and characteristics (type of coating) of a building's façade. Data analysis made use of the Damage Factor (FD) in different perspectives, such as by zones, anomalies, and their combination. Four buildings with facades covered in ceramic and mortar were inspected and mapped. The Degradation Measurement Method was used to systematize this analysis. After interpreting the data, zones more prone to degradation and more incident anomalies were obtained. After interpreting the data, zones more prone to degradation and more incident anomalies were obtained. The results indicate the balconies and the top as critical zones for the occurrence of anomalies, with the top being the most affected zone. It was also observed that both the mortar coating and the ceramic coating had high values for mold and stain anomalies. The proposed investigation aims to contribute to the understanding of the degradation process in buildings with mixed-use ceramic and mortar coating systems.

Keywords: Anomalies, Mortar Coating, Ceramic Coating, Facade Areas, Degradation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipóteses e delimitações	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1 Durabilidade e vida útil	4
2.2 Abnt nbr 15.575 e desempenho de fachadas	5
2.3 Anomalias em revestimentos de fachadas	8
2.3.1 Descolamento	9
2.3.2 Fissuras.....	11
2.3.3 Eflorescência	12
2.3.4 Mofo	13
2.3.5 Manchas de sujeira	15
2.4 Zonas de fachada	16
2.5 Fator de danos.....	18
3. METODOLOGIA	20
3.1 Método de mensuração de degradação	20
3.1.1 Inspeção.....	21
3.1.2 Mapeamento	23
3.1.3 Quantificação	24
4. ANÁLISE DE RESULTADOS	26
4.1 Características de revestimento dos edifícios.....	27
4.2 Análise das anomalias mais recorrentes	27
4.3 Análise das zonas mais degradadas	31
4.4 Análise das anomalias por zonas	32
5. CONCLUSÃO	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Fator de danos por zona e anomalia. Fonte: Autor.....	33
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Efeito das falhas de desempenho. Fonte: ABNT NBR 15575 (2013).	6
Quadro 2.2 – Mecanismos, agentes de degradação e propagação das anomalias de fachadas em argamassas. Fonte: Bauer, Souza e Mota (2021).	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Classe fatores de degradação. Fonte: Souza (2019).	3
Figura 2.1 – Fatores envolvidos no desempenho em serviço. Fonte: Flores-Colen (2009), adaptado.	7
Figura 2.2 – Sistemas de revestimento em argamassa e cerâmico. Fonte: Souza (2019), adaptado.	8
Figura 2.3 – Fissura evoluindo para descolamento cerâmico. Fonte: Autor.....	10
Figura 2.4 – Descolamento de revestimento em argamassa. Fonte: Autor.....	11
Figura 2.5 – Fissura horizontal em sacada revestida em argamassa. Fonte: Autor.....	12
Figura 2.6 – Fissuras distribuídas em um sistema de revestimento em argamassa. Fonte: Autor.....	12
Figura 2.7 – Eflorescência na região de transição de pavimentos. Fonte: Autor.....	13
Figura 2.8 – Eflorescência em paredes contínuas. Fonte: Autor.....	13
Figura 2.9 – Manchas de umidade em sacada. Fonte: Autor.	14
Figura 2.10 – Manchas de umidade em revestimento em argamassa. Fonte: Autor.....	15
Figura 2.11 – Manchas de sujeira. Fonte: Autor.	16
Figura 2.12 – Delimitação das zonas constituintes de fachada. Fonte: Pinheiro (2017), adaptado.	16
Figura 3.1 – Localização e orientação dos edifícios. Fonte: Google Earth.....	22
Figura 3.2 – Empena do edifício A. Fonte: Autor.....	23
Figura 3.3 – Divisão de trechos de fachada. Fonte: Autor.	24
Figura 3.4 – Fachada geral e foto da fachada ortogonalizada. Fonte: Souza e Bauer, 2020....	24
Figura 3.5 – Subdivisão da malha em zonas. Fonte: Autor.....	25
Figura 3.6 – Subdivisão da malha por tipo de revestimento. Fonte: Autor.....	25
Figura 3.7 – Fluxograma do método de mensuração de degradação. Fonte: Autor.....	26
Figura 4.1 – Tipos de revestimento e áreas degradadas. Fonte: Autor.	27
Figura 4.2 – Fator de dano para o descolamento. Fonte: Autor.	28
Figura 4.3 – Fator de dano para a fissura. Fonte: Autor.....	29
Figura 4.4 – Fator de dano para a eflorescência. Fonte: Autor.	29
Figura 4.5 – Fator de dano para o mofo. Fonte: Autor.....	30
Figura 4.6 – Fator de dano para as manchas. Fonte: Autor.....	30
Figura 4.7 – Fator de dano por anomalia para o conjunto de edifícios. Fonte: Autor.	31
Figura 4.8 – Fator de danos por zona e tipo de revestimento. Fonte: Autor.	32
Figura 4.9 – Fator de danos por zona e anomalia. Fonte: Autor.	33

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

AB – Aberturas

CE – Cantos e Extremidades

BO – Bolor

DC – Descolamento

EF – Eflorescência

FGD – Fator Geral de Danos

FD – Fator de Danos

FI – Fissuração

ISO – *International Organization for Standardization*

LEM – Laboratório de Ensaio de Materiais

MA – Manchas

MO – Mofo

MMD – Método de Mensuração da Degradação

NBR – Norma Brasileira Registrada

PC – Paredes Contínuas

SC – Sacadas

TO – Topo

TP – Transição entre Pavimentos

UnB – Universidade de Brasília

VU – Vida Útil

VUP – Vida Útil de Projeto

1. INTRODUÇÃO

As vedações externas ou fachadas constituem a envoltória vertical de proteção das edificações atuando como a primeira barreira para os diferentes tipos de solicitações (SILVA, 2014). Essas solicitações podem ser decorrentes das variações de temperatura, de umidade ou inclusive mecânicas, geradas por agentes de degradação (UCHÔA, 2015). As fachadas também apresentam propriedades que garantem conforto acústico, térmico e satisfação estética.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), a vida útil é o período de tempo durante o qual o edifício, ou seus sistemas mantém o desempenho esperado, quando submetidos apenas às atividades de manutenção pré-definidas em projeto. Esses níveis se referem a desempenho estrutural, lumínico, acústico, entre outros.

A ISO 15686-1 (2011) identifica e estabelece princípios gerais para o planejamento da vida útil de um edifício. A investigação dos efeitos dos fatores de degradação em fachadas permite estimar a vida útil destas, assim como ter uma percepção acerca do estado de degradação do edifício. A condição de degradação é avaliada por meio de indicadores que representam perdas de características críticas ao desempenho dos componentes do edifício (FLORES-COLEN *et al.*, 2014). As anomalias de revestimento em fachada estão entre os indicadores de que esse desempenho pode estar comprometido.

A ocorrência de anomalias em fachadas está associada as solicitações impostas ao sistema de envoltória (SOUZA, 2019). Essas solicitações podem ser representadas por agentes de degradação, que por sua vez, podem ser sintetizados em sete classes de fatores condicionantes de degradação. Estas são: qualidade dos componentes, nível do projeto, nível de execução, ambiente interno, ambiente externo, condições de uso e frequência de manutenção.

A qualidade dos componentes, o nível de projeto e de execução referem-se a adequada concepção e aplicação dos revestimentos. O ambiente interno envolve condições internas ao edifício como ventilação e condensação. O ambiente externo, por sua vez, se relaciona as condições externas como fatores climáticos e elevação da construção. Os níveis e condições de uso se referem a categoria de usuários, impactos mecânicos e desgaste. Por fim, a manutenção pressupõe os cuidados de conservação para o bom funcionamento, prolongando a vida útil (ISO 15686-7, 2006).

Pesquisas relativas a durabilidade e vida útil de fachadas foram feitas pelo Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC/UnB) e

aplicadas a edifícios em Brasília. Essas pesquisas incluíram primordialmente a análise de edifícios com revestimentos em argamassas ou cerâmicos:

- Silva (2014) – Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada: aplicação ao caso de Brasília/DF.
- Bauer *et al.* (2015) – Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília.
- Santos (2017) – Catalogação de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília.
- Souza (2019) – Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachada dos edifícios.

Ao analisar as condições de degradação em fachadas, é conveniente subdividir um edifício em zonas, agrupando áreas do edifício suscetíveis a condições de degradação comuns. O detalhamento permite uma maior sistematização do processo de identificação e mapeamento de anomalias. Sendo assim, é possível estabelecer relações mais específicas entre as anomalias e suas causas (BAUER *et al.*, 2015).

O presente estudo diferencia-se da ampla maioria dos anteriores por propor uma análise das relações de degradação em fachadas com acabamento misto, neste caso, predominantemente revestidos em argamassa com detalhes cerâmicos.

1.1 Objetivos

O objetivo deste estudo é investigar e mensurar relações entre a degradação e as características de revestimento de fachadas de edifícios. Neste projeto, estas características se restringem a condicionante de degradação quanto a qualidade do material, mais especificamente, ao sistema de revestimento (cerâmico ou em argamassa).

Os objetivos específicos são:

- Identificar, mensurar e classificar anomalias em edifícios que apresentam uso misto de revestimentos, por meio de estudos e inspeções de campo.
- Quantificar os efeitos da degradação sobre edifícios com fachadas revestidas parcialmente em cerâmica e em argamassa.
- Investigar como o tipo de revestimento favorece a ocorrência de anomalias.
- Investigar a relação entre zonas e a ocorrência de determinadas anomalias.

1.2 Hipóteses e delimitações

O estudo da degradação é complexo, em outras palavras, associa-se a questões para além do carácter funcional. Assim sendo, os aspectos culturais e estéticos nessa análise são relevantes. A norma ISO 15686-7 (2006), ao estabelecer sete classes de fatores condicionantes de degradação, buscou abranger a complexidade das causas desse fenômeno. Estes são: qualidade dos componentes, nível do projeto, nível de execução, ambiente interno, ambiente externo, condições de uso e frequência de manutenção, representados na Figura 1.1.

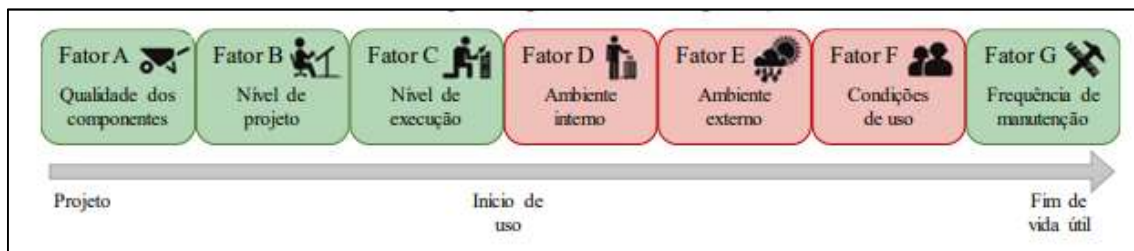


Figura 1.1 - Classe fatores de degradação. Fonte: Souza (2019).

Definir parâmetros que representem adequadamente a queda de desempenho, assim como os quantificar, requer o uso de premissas corretas. Este estudo é uma análise de fachadas, na cidade de Brasília, revestidas com cerâmica e argamassa.

Bauer *et al.* (2015) estimaram a degradação de fachadas com revestimento cerâmico para edifícios em Brasília. A amostragem envolveu 90 edifícios com idades de 5 a 48 anos. Deste modo, os resultados do estudo proposto por Bauer *et al.* (2015) fundamentam as hipóteses adotadas neste trabalho:

- As sacadas (SC) são zonas críticas a degradação, principalmente por sua configuração em balanço que dificulta a acomodação de tensões.
- Em sistemas de revestimento cerâmico, em Brasília, o descolamento (DC) é a anomalia mais comum para os sistemas de revestimento em cerâmica e em argamassa.
- Regiões de fachada próximas a mudanças acentuadas de plano, e, portanto, com menores possibilidades para acomodação de tensões, são mais suscetíveis a fissuras (FI).
- As regiões de aberturas (AB), por sua condição, apresentam descontinuidade do sistema de revestimento, portanto essas regiões são mais frágeis e críticas em função da dissipação de deformações.

- O Topo (TO) é uma zona que merece atenção por conta dos efeitos progressivos de processos de degradação. Destaca-se a incidência de chuvas que condicionam a formação de manchas (MA) e bolor (BO).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como finalidade discriminar os aspectos básicos que permeiam e motivam a análise de degradação de fachadas. Conceitos como vida útil e durabilidade ganham uma esfera ambiental para além da econômica e de desempenho propriamente dito.

O estudo dos condicionantes de degradação é importante para o aperfeiçoamento das técnicas de elaboração, execução e manutenção de projetos. Neste capítulo são abordadas algumas das anomalias mais recorrentes em revestimentos em cerâmica e em argamassa. As principais causas e alguns dos mecanismos para formação de diferentes tipos de anomalias são sucintamente discutidos.

Em seguida, as zonas de fachadas são conceituadas e visualmente delimitadas. Por fim, os fatores de quantificação da degradação adotados neste trabalho são discriminados e relacionados aos objetivos da pesquisa.

2.1 Durabilidade e vida útil

A concepção do edifício envolve variados materiais, elementos e sistemas construtivos. Logo, é de se imaginar que vários fatores possam contribuir para a diminuição de sua durabilidade. Esta, no seu sentido mais primordial, se refere a capacidade de uma edificação ser durável, ou seja, resistir no tempo a condições adversas de carregamentos permanentes e variáveis, intempéries, ação de microrganismos e outros agentes de degradação (ISO 15686 – 2, 2012).

Com o passar dos anos esse conceito foi se estendendo e passando a abarcar dimensões além das de resistência física e química. Uma das principais questões da construção de edifícios está relacionado com a durabilidade em virtude da consciência ambiental e desenvolvimento sustentável. Existe uma tendência mundial na busca de soluções mais econômicas, não somente pelo aspecto financeiro, mas de modo a abarcar custos ambientais e sociais (SOUZA, 2019). Dessa forma, objetiva-se o desenvolvimento de materiais e sistemas construtivos mais ecológicos.

A vida útil (VU) pode ser definida como o período em que todo o edifício e suas partes atendem ou excedem os requisitos mínimos de desempenho, considerando a periodicidade e

correta execução dos processos de manutenção especificados no manual de uso, operação e manutenção, para que não sejam perdidos os prazos de garantia (ABNT NBR 15575-1, 2013).

O ciclo de vida, por sua vez, incorpora iniciação, definição de projeto, design, construção, comissionamento, operação, manutenção, reforma, substituição, desconstrução e descarte final, reciclagem ou reutilização do ativo (ou partes dele), incluindo seus componentes, sistemas e serviços de construção (ISO 15686-1, 2011).

O aperfeiçoamento da durabilidade de um edifício passa pela medição de resultados e estudos de degradação. Variados métodos podem ser utilizados para se estimar a vida útil de uma obra arquitetônica. Os principais métodos utilizados para a estimativa da vida útil podem ser distinguidos em três abordagens diferentes: métodos determinísticos, métodos probabilísticos (ou estocásticos) e métodos de engenharia (HOVDE, 2004; JERNBERG et al., 2004). Cita-se o método gráfico, que permite prever a variável dependente a partir da informação da variável independente (KUTNER et al., 2005); assim como o método fatorial, este foi inclusive normatizado (HOVDE, 1998; ISO 15686-7, 2006).

A investigação dos efeitos dos fatores de degradação em fachadas permite estimar a vida útil desta, assim como ter uma percepção acerca do estado de degradação do edifício. A ocorrência de anomalias de fachadas, em termos quantitativos e qualitativos sugerem condições em que há falhas de desempenho. Estas falhas podem comprometer a segurança e conforto dos usuários.

Visando avaliar as condições de degradação desse sistema construtivo, desenvolveu-se o Método de Mensuração de Degradação (MMD). Observou-se regulações da ISO 15686-1 (2011), que é aplicável ao planejamento da vida útil de edifícios individuais. O MMD foi elaborado e aprimorado por pesquisadores da Universidade de Brasília orientados pelo professor Bauer e colaboradores (ANTUNES, 2010; SILVA, 2014; SOUZA, 2016; PIAZZAROLLO, 2019). Esta metodologia é uma ferramenta que uniformiza as diferentes etapas da inspeção e quantificação da degradação (SOUZA, 2019). Desse modo, é possível avaliar a condição de degradação de fachadas de modo ordenado e sistemático.

2.2 ABNT NBR 15.575 e desempenho de fachadas

A ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013) estabelece requisitos dos usuários para os sistemas que compõem edificações habitacionais, que são: segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

O desempenho segundo a norma citada é o comportamento da edificação e seus sistemas. Este é reduzido quando há atuação de agentes de degradação. A determinação da vida

útil mínima pode ser estimada utilizando-se metodologias diferentes. Porém, a que esta norma prevê se baseia em três principais conceitos:

- O efeito que uma falha no desempenho do sistema ou elemento acarreta;
- A maior facilidade ou dificuldade de manutenção e reparação em caso de falha no desempenho; e
- O custo de correção da falha, considerando-se inclusive o custo de correção de outros subsistemas ou elementos afetados (por exemplo, a reparação de uma impermeabilização de piscina pode implicar a substituição de todo o revestimento de piso e paredes, e o custo resultante é muito superior ao custo da própria impermeabilização).

Os efeitos das falhas de desempenho segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013) são classificadas de A a F, onde A representa um risco potencial a vida humana, B um risco de ser ferido, C um perigo a saúde, D uma interrupção ao uso do edifício, E um comprometimento do uso com segurança e F um problema sem efeitos excepcionais. O Quadro 2.1 apresenta exemplos típicos de falha de desempenho.

Quadro 2.1 – Efeito das falhas de desempenho. Fonte: ABNT NBR 15575 (2013).

Categoria	Efeito no desempenho	Exemplos típicos
A	Perigo a vida (ou ser ferido)	Colapso repentino da estrutura
B	Risco de ser ferido	Degrau de escada quebrado
C	Perigo à saúde	Séria penetração de umidade
D	Interrupção do uso do edifício	Rompimento de coletor de esgoto
E	Comprometer segurança e uso	Quebra de fechadura de porta
F	Sem problemas excepcionais	Substituição de uma telha

A vida útil mínima para revestimentos de fachada é de um terço da vida útil de projeto do edifício segundo anexo da referida norma. Nesta estimativa considera-se a capacidade de manutenção, altos custos de reposição e efeitos das falhas. Em edifícios habitacionais novos

com vida útil mínima de projeto de 60 anos, a VUP mínima para revestimentos de fachadas (aderidos e não aderidos) é de 20 anos.

A Figura 2.1 mostra graficamente como os fatores envolvidos no desempenho de serviço relacionam entre si. Os níveis de desempenho exigidos determinam a necessidade de maiores ou menores investimentos (custos globais), a maior ou menor recorrência de reparos (manutenção), os níveis de deterioração permitidos (degradação), e o tempo de utilização (vida útil). Por isso a representação desses níveis de desempenho se situa no anel mais abrangente. Por outro lado, o desempenho em serviço é determinado pela vida útil, custos globais, degradação e manutenção. Na imagem, essa segunda relação se traduz em um outro anel (interno aos níveis de desempenho) envolvendo um círculo central (desempenho em serviço).

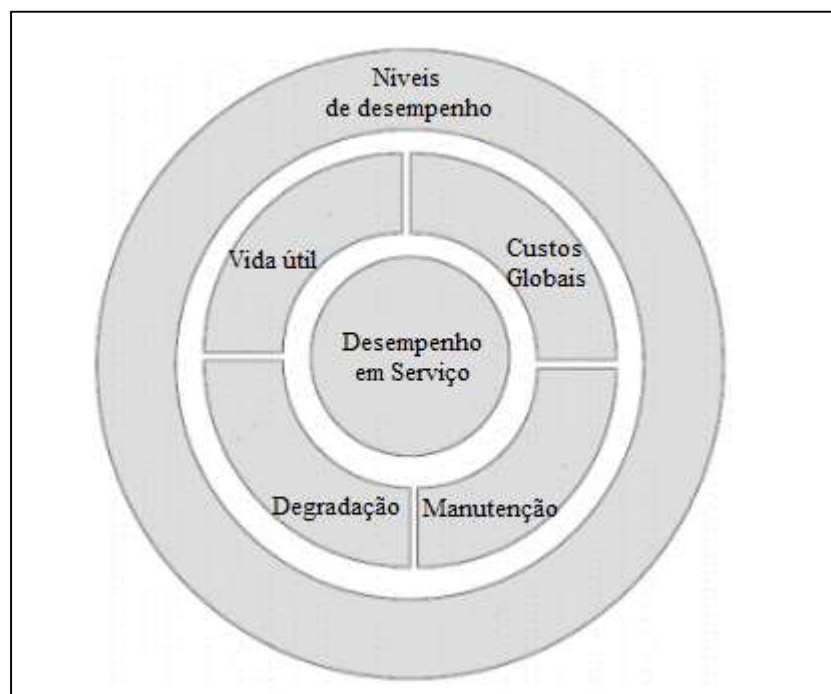


Figura 2.1 – Fatores envolvidos no desempenho em serviço. Fonte: Flores-Colen (2009), adaptado.

No que se refere ao desempenho e a vida útil das fachadas, é importante notar que esses sistemas de vedação externos podem ser constituídos de diversos tipos de revestimentos: em argamassas, cerâmicos, pedras, madeiras entre outros. Cada um desses deve atender aos parâmetros de desempenho acústico, térmico, resistência e estanqueidade. Há também critérios de desempenho relacionados a suporte de cargas, limites para ocorrência de fissuras e descolamentos.

2.3 Anomalias em revestimentos de fachadas

A Figura 2.2 ilustra os sistemas de revestimento em argamassa e cerâmico. O primeiro é composto por camadas aplicadas a uma base ou substrato. Essa base pode ser uma superfície de concreto ou alvenaria. Tradicionalmente, três camadas formam esse sistema: chapisco, primeira camada a ser aplicada, visa garantir a aderência; emboço, camada aplicada sobre o chapisco, é responsável por regularizar a superfície; e o reboco, última camada a ser aplicada, amolda a superfície a posterior pintura. O sistema de revestimento cerâmico usual é semelhante, porém substitui-se a camada de reboco por uma camada de argamassa colante que se destina a fixação da placa cerâmica.

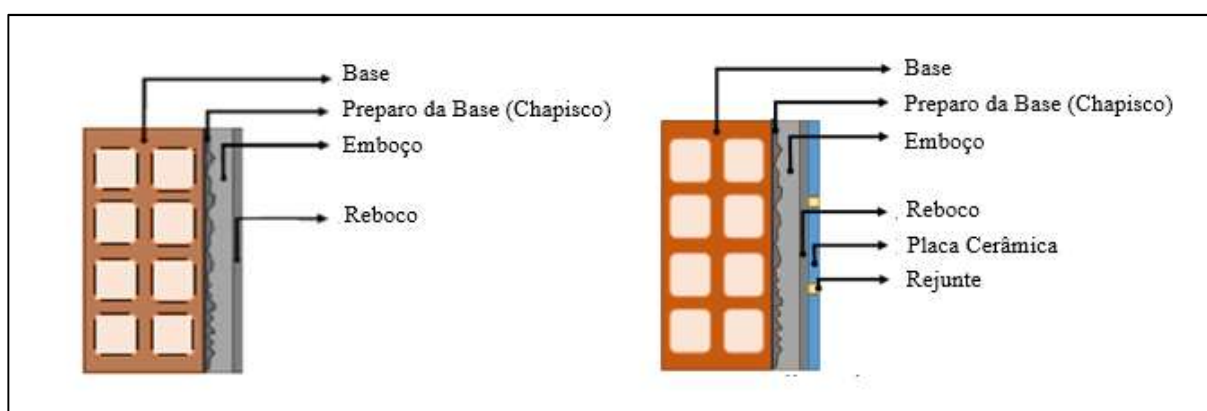


Figura 2.2 – Sistemas de revestimento em argamassa e cerâmico. Fonte: Souza (2019), adaptado.

A patologia do sistema de revestimento consiste no estudo dos sintomas, mecanismos, origem e causa das anomalias (SOUSA *et al.*, 2016). A terminologia para falhas é ampla, e são correntes os termos patologia, defeito, manifestação patológica, anomalia, entre outros (INTERNATIONAL..., 2013; ISO 15686-2, 2012). O termo “anomalia” pode ser usado para caracterizar as falhas ou defeitos, uma vez que sua presença causa uma perturbação anômala ao desempenho (diminuição da vida útil, fim da funcionalidade) (BAUER *et al.*, 2021). Em inspeções prediais é interessante identificar as anomalias mais comuns e correlacioná-las às possíveis origens.

Bauer, Souza e Mota (2021) classificaram os principais mecanismos, agentes de degradação e propagação das anomalias de fachadas em argamassas. Entre as anomalias citadas e relacionadas estão: descolamento, fissuras, pulverulência, eflorescência, manchas, descolamento da pintura, fissura da pintura e bolhas na pintura. Nos sistemas de revestimento cerâmicos, destacam-se falha nas juntas, eflorescência, fissuração e descolamento cerâmico (BAUER *et al.*, 2014). Neste trabalho será priorizado o estudo de algumas das anomalias

comuns aos dois sistemas de revestimento. Cita-se descolamento, fissuras, manchas de sujeira (contaminação atmosférica), eflorescências e mofo (manchas oriundas de umidade). Com a delimitação dos tipos de anomalias é possível investigar, com maior acurácia, os mecanismos de formação (origens) das anomalias mais recorrentes em revestimentos mistos.

Segundo Morais (2007), a origem das anomalias pode ser classificada em:

- Congênitas: Aquelas originárias na fase de projeto, em função da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões de profissionais, que resultam em falhas no detalhe e concepção inadequada dos revestimentos. São responsáveis por grande parte das avarias registradas em edificações.
- Construtivas: Quando sua origem está relacionada com a fase de execução da obra, resultante do emprego de mão-de-obra desqualificada, produtos não certificados, ausência de metodologia para o assentamento de peças, o que, segundo pesquisas mundiais, também são responsáveis por grande parte das anomalias em edificações.
- Adquiridas: Quando 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.
- Acidentais: Caracterizadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação invulgar, como a ação da chuva com ventos de intensidade superior ao normal, recalques e até mesmo incêndio. A sua ação provoca esforços de natureza imprevisível, especialmente na camada de base e sobre as juntas, quando não atinge até mesmo as peças, provocando movimentações que irão desencadear os processos patológicos em cadeia.

Ao relacionar essas anomalias a suas respectivas causas e origens, pode-se criar procedimentos mais eficientes a ação da degradação. Esses procedimentos incluem a concepção e execução do projeto, o uso mais consciente, a periódica manutenção e eventuais reparos nas camadas de revestimento.

2.3.1 Descolamento

Santos (2018), define o descolamento como o deslocamento de um material em argamassa em relação a base. Esta anomalia pode ser identificada visualmente, através de

quedas fracionadas devido a estabilidade rígida do material constituinte, não resistindo a esforços de flexão, tração ou torção. O descolamento pode-se originar do uso de traço inadequado, da aplicação de revestimento sobre uma base alterada e do emprego de aditivos plastificantes (LEAL, 2002). Em fachadas de argamassa o descolamento está associado a mecanismos de deformação e assentamento de base, cristalização de sais na alvenaria e retração da argamassa (BAUER *et al.*, 2021).

O descolamento cerâmico raramente está associado a uma única causa, mas sim a um conjunto delas (SILVA *et al.*, 2016). As causas do descolamento podem estar associadas à movimentação excessiva do edifício, à expansão por umidade e à dilatação térmica das placas cerâmicas, aos erros de especificação e execução de argamassa colante e à falta de manutenção (FLORES-COLEN *et al.*, 2010).

Na Figura 2.3 observa-se a ocorrência de descolamento em uma fachada revestida em cerâmica, ressalta-se que em alguns casos o descolamento pode ser derivado de uma fissuração precedente. Nesta imagem é evidente a ocorrência deste fenômeno.



Figura 2.3 – Fissura evoluindo para descolamento cerâmico. Fonte: Autor.

Na Figura 2.4, por outro lado, há o descolamento da pintura em um revestimento em argamassa. Observe que nas regiões mais escuras, houve completa remoção da argamassa.



Figura 2.4 – Descolamento de revestimento em argamassa. Fonte: Autor.

2.3.2 Fissuras

As fissuras comumente conhecidas como rachaduras, geralmente ocorrem devido a deformações induzidas, diretamente ou indiretamente, por esforços de tração (FIORITO, 2010; UCHÔA, 2015). A propagação de fissuras em revestimentos em argamassa envolve esforços de tração cíclicos pela restrição de deformações de natureza térmica ou mecânica. Os principais mecanismos envolvem a retração da argamassa, deformação diferencial da base, concentração de esforços e cristalização de sais da argamassa (BAUER *et al.*, 2021).

Em revestimentos cerâmicos a fissuração pode estar associada a causas de projeto ou execução, como ausência ou subdimensionamento de vergas e contravergas, desrespeito do tempo de espera entre as camadas do sistema de revestimento, dosagem ou preparo inadequado da argamassa, excesso de desempenho da argamassa, falhas de aderência ao substrato, entre outros (GASPAR *et al.*, 2007; PIAZZAROLLO, 2019; SANTOS, 2017).

As fissuras podem ser classificadas quanto a caracterização física, a evolução no tempo, ao sistema de revestimento, origem, causas e mecanismos. A caracterização física tipifica a forma física da anomalia e como ela se manifesta. Já a evolução no tempo leva em conta o comportamento dinâmico da fissura conforme seu mecanismo (SANTOS, 2017). A Figura 2.5, assim como a Figura 2.6 evidenciam fissuras em sacadas. Na Figura 2.5 tem-se uma grande fissura horizontal predominante. Em contrapartida, na Figura 2.6 há fissuras horizontais e verticais espalhadas.



Figura 2.5 – Fissura horizontal em sacada revestida em argamassa. Fonte: Autor.



Figura 2.6 – Fissuras distribuídas em um sistema de revestimento em argamassa. Fonte: Autor.

2.3.3 Eflorescência

O surgimento de eflorescência ocorre quando há a coexistência de três condições: presença de umidade, presença de sais solúveis nos materiais e condições ambientais que permitem o fluxo de água (FLORES-COLEN *et al.*, 2004). As manchas de eflorescência são provenientes do processo de lixiviação de sais de materiais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) que são solúveis ou parcialmente solúveis em água. Esta pode ser proveniente da chuva ou até mesmo do solo. Ao dissolver os sais, origina-se uma solução aquosa que migra para uma superfície, e após a evaporação, forma-se um depósito de materiais alcalinos com aparência de manchas esbranquiçadas (ULIANA *et al.*, 2014). A

formação dessas manchas é evitada controlando-se os fluxos indesejados de água e secando-se pontos de acúmulos de umidade. Na Figura 2.7 observa-se o fenômeno da eflorescência em uma região de transição de pavimentos, enquanto na Figura 2.8 tem-se uma eflorescência que deriva de um fluxo de água vertical não desejado em uma parede contínua.



Figura 2.7 – Eflorescência na região de transição de pavimentos. Fonte: Autor.



Figura 2.8 – Eflorescência em paredes contínuas. Fonte: Autor.

2.3.4 Mofa

A mancha é caracterizada por alterações na cor, tonalidade ou brilho de uma determinada região do revestimento em contraste com regiões vizinhas, e exercem grande influência na qualidade visual da fachada (GASPAR, 2009). As manchas podem ser

ocasionadas pela ação de diversos agentes de maneira isolada ou combinada (SANTOS, 2018). O mofo (ou bolor) é uma alteração que é observável macroscopicamente na superfície dos materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microrganismos. Estes organismos vivos têm seu desenvolvimento afetado pelas condições ambientais, sendo a umidade a condição fundamental (ALUCCI et al., 1998).

Fungos e bactérias compõem o conjunto desses microrganismos. Esses são capazes de deteriorar diferentes tipos de materiais (ZANONI, 2016). Para tanto, secretam enzimas que quebram moléculas orgânicas até compostos mais simples, que são assimilados e utilizados no seu desenvolvimento (SANTOS, 2017).

Na Figura 2.9 há um conjunto de manchas pretas que demarcam uma sacada revestida em argamassa. Essas manchas ocorrem primordialmente na quina superior, que deve ser, portanto, um local preferencial ao acúmulo de água. Na Figura 2.10, observa-se uma situação semelhante, porém em um estágio mais avançado de degradação.



Figura 2.9 – Manchas de umidade em sacada. Fonte: Autor.



Figura 2.10 – Manchas de umidade em revestimento em argamassa. Fonte: Autor.

2.3.5 Manchas de sujeira

Flores-Colen (2009) define as manchas de sujidade como a acumulação na superfície de material estranho de diversa natureza (poeiras, fuligem e outras partículas poluentes). A causa imediata do aparecimento de manchas de sujeira (ou de sujidades) é a contaminação atmosférica (SANTOS, 2017).

Granato (2002) destaca que as manchas por sujeira ocorrem devido à poluição atmosférica que contém partículas em suspensão formadas por SO_2 , H_2S , NH_3 e SO_4 . Essas partículas podem se depositar por ação eletrostática na superfície da fachada, e ao ser carregadas pelo fluxo d'água, criam diferenciações de tonalidades na superfície da fachada. Também intervém na adesão de partículas as forças de atração molecular as forças de Van der Waals. Essas agem sobre partículas mais finas (em torno de $0,01 \mu\text{m}$) (PETRUCCI, 2000; VALLEJO, 1990).

Este fenômeno é apresentado na Figura 2.11, note a coloração mais escura da superfície do revestimento em regiões próximas as janelas.



Figura 2.11 – Manchas de sujeira. Fonte: Autor.

2.4 Zonas de fachada

A fachada é caracterizada por certa heterogeneidade. É composta por trechos que caracterizam planos, mudanças de planos, aberturas e/ou extremidades. Embora as diversas anomalias apresentem diferentes causas, há uma ocorrência preferencial de anomalias em áreas específicas da fachada (SOUZA, 2019). Sendo assim Piazzarollo (2019) optou por identificar as zonas de fachada em que ocorrem mais anomalias e qual as áreas de preferência em que essas ocorrem. As zonas definidas se adequam ao sistema construtivo mais comum em Brasília. A Figura 2.12 apresenta as seis zonas contempladas: Topo (TO), Paredes Contínuas (PC), Cantos e Extremidades (CE), Transição de Pavimentos (TP), Aberturas (AB) e Sacadas (SC).

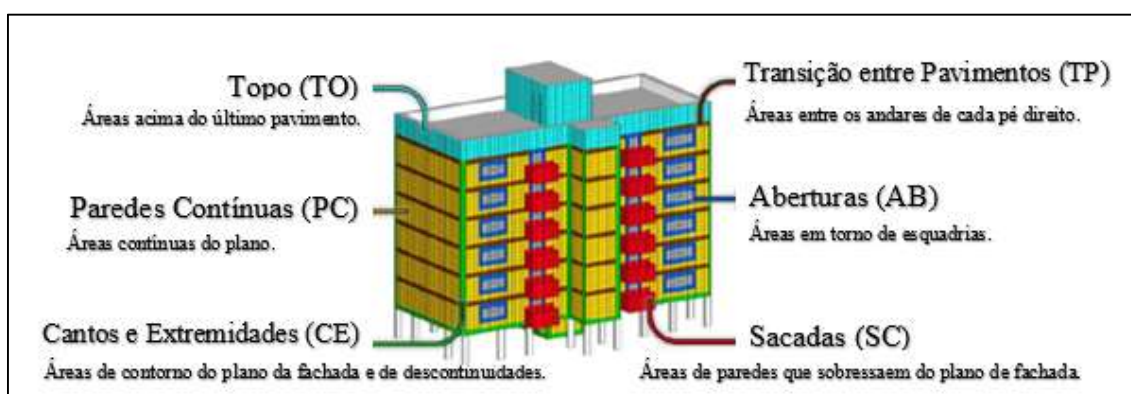


Figura 2.12 – Delimitação das zonas constituintes de fachada. Fonte: Pinheiro (2017), adaptado.

Pesquisadores como (FREITAS *et al.*, 2013; GASPAR e DE BRITO, 2005; BAUER *et al.* 2015; SOUZA *et al.*, 2015) afirmam que a partir de uma análise da origem e causas das

anomalias torna-se possível identificar quais áreas em que o surgimento de determinada anomalia é mais frequente. O Quadro 2.2 exemplifica parte das relações de origem e causa utilizadas neste projeto. Observa-se os mecanismos, agentes de degradação e propagação das anomalias de fachadas em argamassa.

Quadro 2.2 – Mecanismos, agentes de degradação e propagação das anomalias de fachadas em argamassas.

Fonte: Bauer, Souza e Mota (2021).

Anomalia	Mecanismos	Agentes Principais	Agentes Coadjuvantes	Propagação
Descolamento	Deformação e assentamento da base (alvenaria)	Esforços e deformações da estrutura e da alvenaria (M), radiação solar (E), temperatura (T)	Chuva dirigida (Q), incidência de vento (secagem) (M)	Incrementos de deformação e fissuração na base (alvenaria)
	Cristalização de sais da alvenaria	Água (chuva dirigida) (Q), temperatura (secagem) (T), cristalização (Q)	Radiação solar (temperaturas) (E, T)	Ciclos de umidificação e secagem
	Retração da argamassa	Transporte de água (secagem) (Q), esforços de tração (M)	Radiação solar (temperaturas) (E, T), incidência de vento (secagem) (M)	Variações de temperatura (amplitude) decorrentes da radiação solar
Fissuras	Retração da argamassa	Transporte de água (secagem) (Q), esforços de tração (M)	Radiação solar (temperaturas) (E, T), incidência de vento (secagem) (M), chuva dirigida (Q)	Temperaturas decorrentes da radiação solar (secagem), ciclos de umidificação e secagem
	Deformação diferencial da base (alvenaria) e entre camadas de revestimento	Esforços e deformações da estrutura e da alvenaria (M), radiação solar (E), temperatura (T)	Chuva dirigida (Q)	Esforços de tração cíclicos originados pela restrição de deformações térmica ou mecânica
	Concentração de esforços	Esforços e deformações da estrutura e da alvenaria (M)	Radiação solar (temperaturas) (E, T)	Incrementos de deformação na base, umidificação e secagem
	Cristalização de sais da argamassa ou da alvenaria	Água (chuva, ascensional) (Q), temperatura (T), cristalização (Q)	Radiação solar (temperaturas) (E, T)	Ciclos de umidificação e secagem
Pulverulência	Perda de coesão ou desagregação superficial dos constituintes da argamassa	Esforços internos de expansão na argamassa (M)	Chuva dirigida, umidade ascensional (Q), cristalização de sais (Q), micro-organismos (B)	Ciclos de umidificação e secagem, umidade ascensional
Eflorescência	Cristalização superficial de sais da argamassa ou da alvenaria	Sais (Q), água e transporte de água (Q), temperatura (secagem) (T), cristalização (Q)	Radiação solar (temperaturas) (E, T)	Ciclos de umidificação e secagem
Manchas	Molhagem não uniforme do revestimento	Chuva dirigida (Q)	Radiação solar (temperaturas) (E, T), chuva dirigida (Q)	Ciclos de umidificação e secagem

Anomalia	Mecanismos	Agentes Principais	Agentes Coadjuvantes	Propagação
	Desenvolvimento de micro-organismos biológicos	Micro-organismos (B), água (Q), pH (Q), temperatura (T), umidade relativa (Q), radiação solar (luz) (E)	Radiação solar (temperaturas) (E, T), chuva dirigida (Q)	Umidade, proliferação das colônias de microrganismos, propagação para o interior da camada, fissuras
	Acúmulo de sujeiras	Incidência de vento (M), chuva dirigida (Q), chuva ácida (Q)	Temperaturas (secagem) (T), água (escorrimentos e desbotamentos) (Q), dissolução de compostos (Q)	Poluentes atmosféricos, ataque superficial da argamassa (ácidos, bases, agentes oxidantes e redutores)
Descolamento de pintura	Perda de aderência por degradação e enrijecimento da película	Radiação solar UV (E), temperatura (T)	Chuva dirigida (Q)	Incidência cumulativa da radiação solar com incremento da fissuração e descolamento
	Ingresso de água no substrato por fissuras e perda de aderência e pulverulência	Temperatura (secagem) (T), água (chuva dirigida, umidade) (Q)	Cristalização de sais (Q)	Ciclos de umidificação e secagem
Fissura da pintura	Degradação polimérica com enrijecimento da película	Radiação solar UV (E), temperatura (T)	Chuva dirigida (Q)	Incidência cumulativa da radiação solar, incremento da fissuração
	Deformação excessiva do substrato excedendo elasticidade da pintura	Esforços e deformações da estrutura (M), radiação solar (E), temperatura (T)	Chuva dirigida (Q)	Esforços de tração cíclicos pela restrição de deformações de natureza térmica ou mecânica
Bolha na pintura	Infiltrações de água do substrato de argamassa	Água (Q), temperatura (secagem) (T)	Chuva dirigida (Q)	Baixa permeabilidade ao vapor d'água, ciclos de umidificação e secagem
	Base contaminada por sais	Sais (Q), água e transporte de água (Q), temperatura (secagem) (T), cristalização (Q)	Radiação solar (temperaturas) (E, T), chuva dirigida (Q), umidade ascensional (Q)	Ciclos de umidificação e secagem

*Nota: agentes: mecânicos (M), eletromagnéticos (E), térmicos (T), químicos (Q), biológicos (B) (BRITISH..., 2011)

2.5 Fator de danos

O Fator de Danos (FD) representa a extensão degradada da fachada em relação a área total. É obtido pela Equação 3.1:

$$FD = \frac{\sum A_{d(n)}}{A_t} \quad (\text{Equação 3.1})$$

Em que o FD é o Fator de Danos, $A_{d(n)}$ é a área de determinada anomalia (n) em m^2 e A_t é a área total da amostra de fachada em m^2 . Através dele é possível estabelecer várias

análises, tais como áreas mais degradadas, elementos mais facilmente degradáveis, entre outras. Neste estudo o fator de danos é avaliado em três perspectivas: Fator de Danos por zona, Fator de danos por anomalia e Fator de Danos por zona e anomalia.

O Fator de Danos por zona é apresentado na Equação 3.2. A área total degradada na zona respectiva da amostra é dada por A_{dz} , enquanto A_t representa a área total da amostra. Sendo assim, este indicador permite avaliar a degradação acumulada em uma zona específica do edifício:

$$FD_z = \frac{A_{dz}}{A_t} \quad (\text{Equação 3.2})$$

Com o auxílio desse parâmetro será possível determinar quais zonas do edifício se encontram mais degradadas, assim como as zonas mais críticas quanto ao projeto, execução e a manutenção.

O Fator de Danos por anomalia indicado na Equação 3.3 representa o fator de danos restrito a área afetada por uma determinada anomalia $A_{d(n)}$. Desse modo, estima-se a contribuição de determinada anomalia (n) para a degradação da área total da amostra de fachada A_t .

$$FD_{anom} = \frac{A_{d(n)}}{A_t} \quad (\text{Equação 3.3})$$

Este fator possibilitará identificar as anomalias mais recorrentes nas fachadas dos edifícios estudados. Ou seja, quais anomalias necessitam maiores cuidados preventivos e corretivos.

O Fator de Danos por zona e anomalia (equação 4), por sua vez, é o fator de danos restrito a contribuição de uma anomalia em uma determinada zona de fachada. A área degradada em uma zona por uma anomalia (n) é representada por $A_{dz(n)}$. Por meio deste indicador, estabelece-se relações entre a maior ou menor ocorrência de certa anomalia (n) na área da zona escolhida A_z .

$$FD_{wn} = \frac{A_{dz(n)}}{A_z} \quad (\text{Equação 3.4})$$

Este fator auxiliará relacionar quais zonas são mais sensíveis a um determinado tipo de anomalia.

A análise do conjunto dessas equações permitirá quantificar e avaliar efeitos da degradação de revestimentos em cerâmica e em argamassa, determinando as zonas e revestimentos mais sensíveis a ocorrência de anomalias e relacionando a orientação de um edifício a ocorrência de anomalias e a maior degradação.

3. METODOLOGIA

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada nesta pesquisa. O método de mensuração de degradação (MMD) é discutido inicialmente sobre uma perspectiva teórica, discorrendo sobre suas principais etapas: a inspeção, o mapeamento, a quantificação.

Posteriormente, é abordada a perspectiva prática deste método na concepção do presente trabalho.

3.1 Método de mensuração de degradação

O método de mensuração de degradação (MMD) é composto por procedimentos que envolvem inspeção de fachada, mapeamento e quantificação de degradação (SILVA, 2014).

A inspeção da fachada envolve a obtenção de informações quanto a ocorrência de anomalias. São usados equipamentos que permitam registrar maior nível de detalhamento, tais como máquinas fotográficas com alta resolução, trenas a laser e câmeras termográficas. Durante a inspeção a utilização de técnicas não destrutivas é priorizada, a fim de manter a integridade do sistema de vedação (SOUZA, 2019).

O mapeamento é feito com base em desenhos e esboços, onde se registram as anomalias. Nesta etapa também é feita a divisão das zonas de fachada. Primeiro, separa-se em empenas e prumadas. Em seguida, amostras são definidas. Os principais critérios utilizados neste trabalho são: geometria do edifício e o tamanho da amostra.

A geometria do edifício é relevante para uma melhor amostragem. Amostras que contém mudanças de planos, descontinuidades, áreas pouco ou muito extensas, comprometem a qualidade da análise, pois incidem em acúmulos de erros. Também é importante garantir a segmentação apropriada da análise. Este seccionamento contribui para manter o nível de detalhes. Ao optar-se por amostras grandes, há a tendência de se observar discrepâncias maiores entre as observações e os registros (PIAZZAROLLO, 2019; SOUZA, 2016; SOUZA, 2019).

Concluída a inspeção e obtido o mapeamento, parte-se a quantificação da degradação. Inicialmente, delimita-se zonas de fachada. Opta-se por constituir as zonas preferencialmente na seguinte ordem: aberturas, sacadas, cantos e extremidades, transição entre pavimentos, paredes contínuas, e por fim, topo. Este ordenamento, tem como premissa identificar as zonas mais distinguíveis inicialmente, facilitando o processo (PIAZZAROLLO, 2019; SOUZA, 2016). Em edifícios com revestimento externo misto, composto por parte cerâmica e argamassada, é importante se estabelecer uma subdivisão adicional. As anomalias características de cada revestimento podem variar, sendo mais precisa a análise por trechos

constituídos de mesmo acabamento. A contagem de danos se dá por intermédio de uma malha de 0,50 m x 0,50 m, com área de 0,25 m², denominados unidade de malha (BAUER *et al*, 2015). Estas malhas são sobrepostas aos mapeamentos de fachada. O tamanho dessas malhas fora assim definido visando permitir determinar-se a incidência de dano por metro quadrado de forma otimizada.

Finalizadas a sobreposição da malha e as definições de zonas e trechos, conta-se as unidades de malha por trecho que apresentam anomalias. Desse modo é possível calcular os indicadores de degradação. Estes indicadores possibilitam a quantificação da degradação. Através do MMD pode-se obter fatores como: Fator de Danos, Fator Geral de Degradação, Fator de Danos ponderado e Índice de Gravidade Relativa. A análise dos resultados desses fatores é útil para obter relações entre os processos de degradação e fatores condicionantes. Desses indicadores de degradação, o Fator de Danos acaba por se tornar o mais relevante nesta pesquisa, devido a formulação simples e a possibilidade de ser interpretado em diferentes perspectivas.

3.1.1 Inspeção

Escolhidos os edifícios, buscou-se levantar aspectos referentes aos sistemas construtivos: idade do edifício, número de pavimentos, tipo de revestimento, cor do revestimento, acabamento da pintura, dimensão de pastilha, presença de juntas, orientação e área. Os seis edifícios inicialmente inspecionados se localizam em um condomínio residencial em um bairro nobre, em Brasília. Todos estes possuem 12 anos, seis pavimentos. Os prédios fotografados apresentavam superfícies com sacadas e revestimento misto, em argamassa e cerâmico. Observou-se pastilhas 5 cm x 5 cm de diferentes tonalidades (cinza e verde) nos trechos revestidos em cerâmica. Notou-se também presença de juntas e pintura de tonalidade mais clara nos trechos revestidos em argamassa.

Identificados os edifícios prosseguiu-se a inspeção. Utilizando-se uma câmera semiprofissional esses foram fotografados. As fotos foram realizadas de modo a se permitir uma subsequente ortogonalização. Este processo é importante para a adequada quantificação das anomalias.

Os edifícios analisados apresentavam orientações variadas, fazendo com que os horários propícios as tomadas de fotos de cada um divergissem. Deu-se preferência por horários em que o sol não estava em pico, ou seja, pela manhã e final da tarde. O reflexo causado pela incidência de raios solares pode afetar a qualidade das fotos dificultando o posterior mapeamento de

anomalias. Optou-se por fotografar em sequências de prumadas e de empenas e não um edifício inteiro por vez. As condições de iluminação não favoreciam este ordenamento de fotografias.

Respeitando a geometria dos edifícios, as amostras foram classificadas de A a F, identificando os seis prédios do condomínio. Cada edifício fora subdividido em 12 amostras. A identificação de cada amostra leva em conta o edifício, a face e a numeração do trecho. Desse modo, por exemplo, a amostra A1.1 representaria uma fotografia do prédio A quanto a primeira face, trecho 1.

Os seis edifícios do condomínio possuem o mesmo modelo construtivo. Três deles são idênticos entre si (A, B, C), variando somente quanto a orientação de suas fachadas. Outros dois (D, E) também são iguais, mas diferem dos três anteriores quanto aos pavimentos. O sexto prédio (F) possui características próprias, apesar da mesma quantidade de pavimentos dos prédios A, B e C. Esse apresenta um comprimento menor. Sendo assim, cuidados adicionais com a organização e identificação das fotos foram requeridos.

A Figura 3.1 obtida por meio do software Google Earth identifica a posição e orientação relativa entre os edifícios analisados. Esses edifícios apresentam orientações distintas, por isto, apesar da proximidade, os efeitos das condições climáticas variam.



Figura 3.1 – Localização e orientação dos edifícios. Fonte: Google Earth.

Apesar do condomínio possuir seis prédios, apenas quatro desses edifícios foram selecionados para o mapeamento e quantificação. Os edifícios A, B, C e F foram escolhidos por conta de suas semelhanças estruturais mais perceptíveis e maior qualidade das fotografias (o condomínio em análise apresentava restrições físicas quanto ao ângulo das fotos).

A Figura 3.2 mostra as empenas do edifício A. Nota-se que uma dessas empenas possui uma ligação com o exterior que se conecta diretamente ao segundo pavimento. Por outro lado, a empena oposta não apresenta esta conexão. Este mesmo padrão é observado para os edifícios B, C e F. Nesta análise, apesar da ligeira diferença, as empenas foram consideradas iguais. Por último, observe também nesta figura a disposição dos revestimentos, que se alternam entre cerâmico e em argamassa.



Figura 3.2 – Empena do edifício A. Fonte: Autor.

3.1.2 Mapeamento

O mapeamento é a etapa da inspeção onde as anomalias são identificadas e demarcadas. Esse processo foi realizado com auxílio de croquis representativos desenhados a mão. As anomalias inspecionadas e mapeadas foram: fissuras, descolamentos, mofo ou bolor, eflorescência e manchas. Por uma questão comparativa, apesar de serem anomalias de natureza diversa, descolamentos de argamassa, pulverulências e descolamentos de pinturas foram considerados conjuntamente como descolamentos em sistemas de revestimento em argamassa. De igual modo, fissuras em argamassas e fissuras em pinturas foram reunidas em uma única categoria: fissuras em revestimentos em argamassa.

Os quatro edifícios mapeados a despeito de semelhanças estruturais, apresentaram variações quanto as anomalias identificadas. Isto já era esperado, dado que a orientação solar influi nos níveis de degradação de um edifício (BAUER *et al*, 2015). A inspeção e o mapeamento foram encerrados após a obtenção dos dados e informações relatados. A divisão das amostras de fachada é apresentada na Figura 3.3.

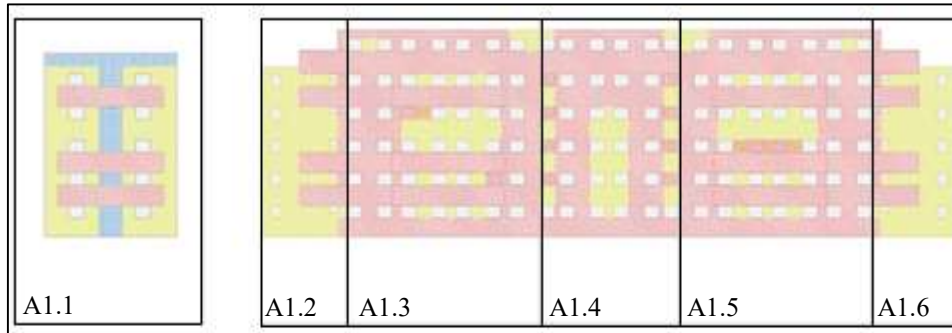


Figura 3.3 – Divisão de trechos de fachada. Fonte: Autor.

3.1.3 Quantificação

A partir das fotos tiradas, amostras foram delimitadas, ortogonalizadas e digitalizadas para o consequente mapeamento. A Figura 3.4 mostra uma foto de uma fachada e sua versão ortogonalizada. O processo de ortogonalização é fundamental para a análise em termos quantitativos, fornecendo uma real dimensão em escala das áreas degradadas.



Figura 3.4 – Fachada geral e foto da fachada ortogonalizada. Fonte: Souza e Bauer, 2020.

Por meio de malhas unitárias (0,5m x 0,5m), dividiu-se os elementos de cada amostra nas zonas de aberturas, sacadas, cantos e extremidades, transição entre pavimentos, paredes contínuas, e topo (Figura 3.5).

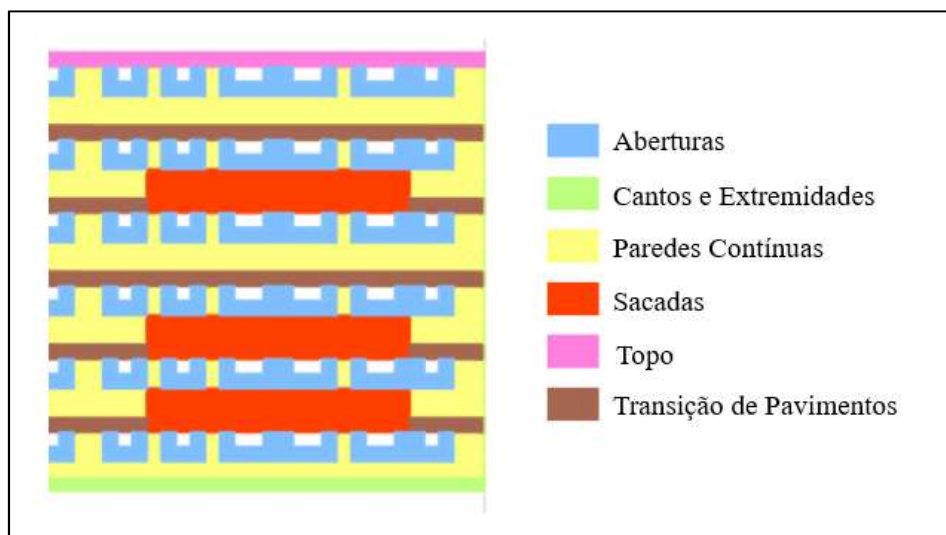


Figura 3.5 – Subdivisão da malha em zonas. Fonte: Autor

Por serem edifícios mistos, houve também a separação dos elementos por tipo de revestimento externo, em argamassa ou cerâmico (Figura 3.6). Nesta imagem as malhas verdes representam áreas revestidas em cerâmicas e as malhas marrons, destacam áreas revestidas em argamassa.

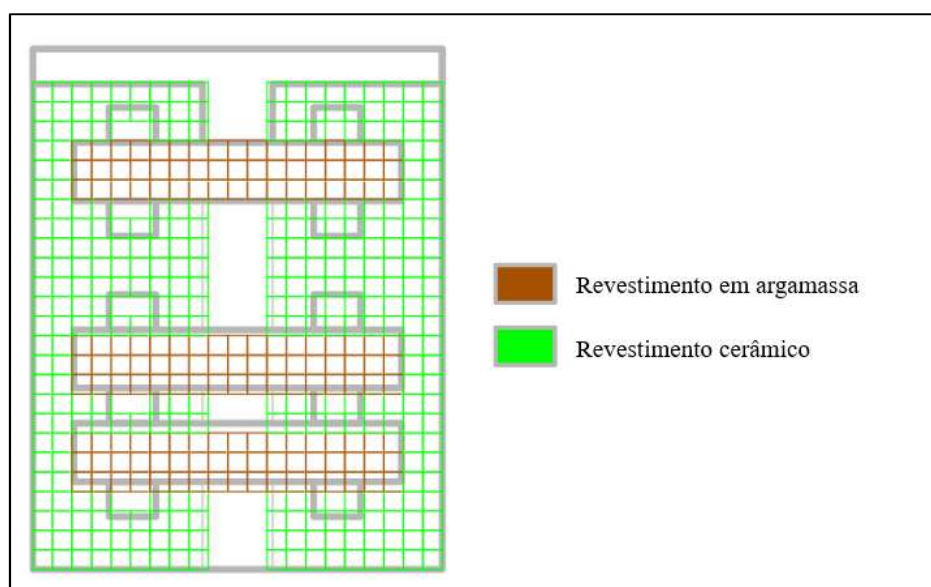


Figura 3.6 – Subdivisão da malha por tipo de revestimento. Fonte: Autor

O número de unidades de malha degradadas foi contabilizado. O FD pode ser ponderado para refletir relações mais específicas entre zonas e anomalias. Adiante, calculou-se o indicador de Fator de Danos por zona, Fator de Danos por anomalia e Fator de Danos por anomalia e zona. Obtidos os fatores de degradação, prosseguiu-se a interpretação e análise dos resultados.

Por meio do FD, pode-se relacionar áreas mais degradáveis, anomalias mais comuns, anomalias mais comuns em dadas zonas.

Na Figura 3.7 a metodologia do método de mensuração de degradação é esquematizada em um fluxograma.

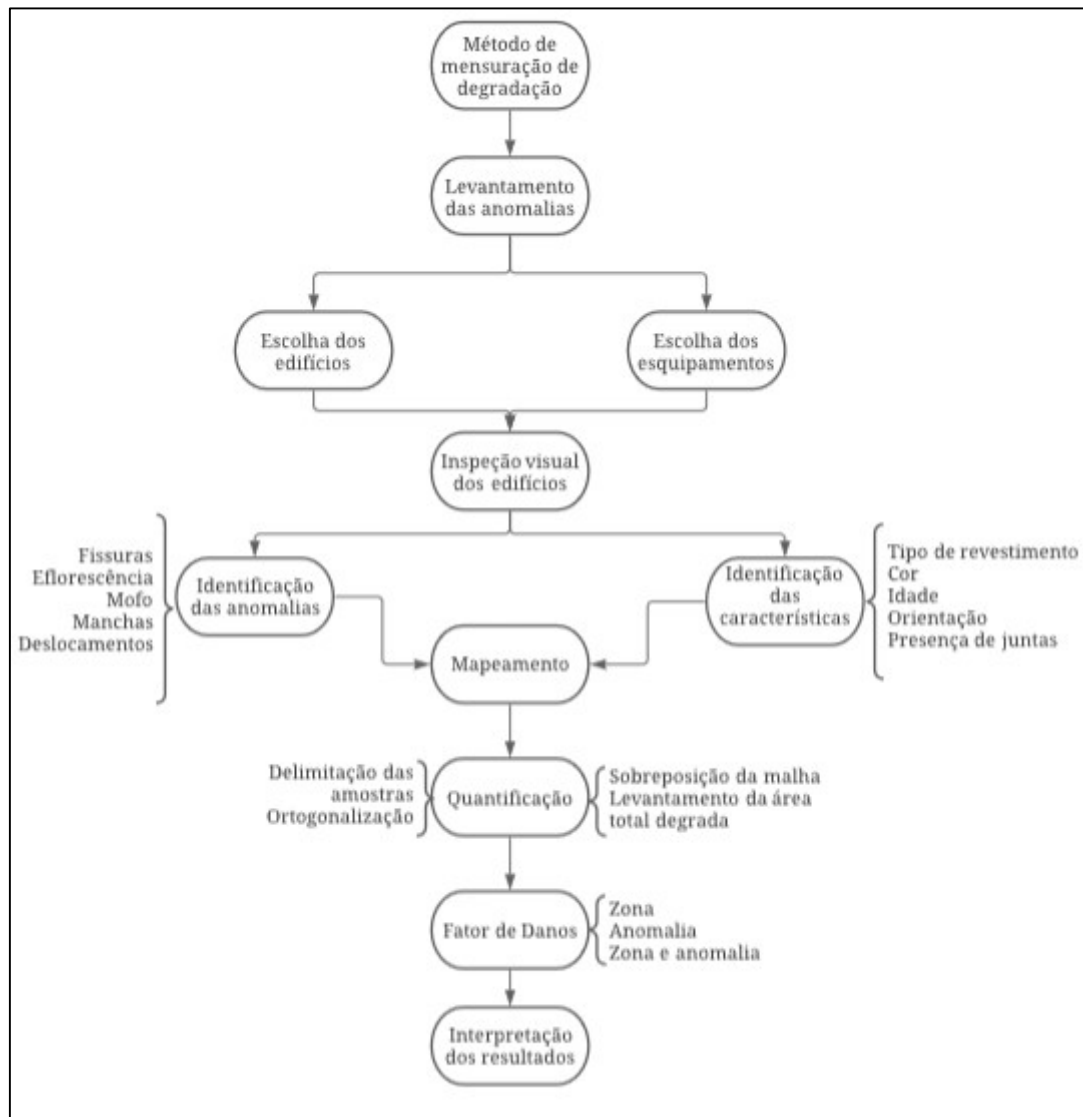


Figura 3.7 – Fluxograma do método de mensuração de degradação. Fonte: Autor.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo destina-se a discussão dos resultados obtidos. A quantidade de dados levantados é considerável, com área inspecionada de fachada de cerca de 5.434 m². Deste modo, utilizou-se tabelas e gráficos com resultados dos fatores de danos para o conjunto das amostragens de cada edifício. Nessa análise houve separação quanto ao tipo de revestimento observado. Os resultados são apresentados na seguinte sequência:

- Análise das anomalias mais recorrentes – a partir do FD por anomalias, as anomalias mais comuns nos revestimentos cerâmicos e em argamassa são abordadas.
- Análise das zonas mais degradadas – com o auxílio do FD por zonas, as regiões do prédio em argamassa e em cerâmica mais degradadas são expostas.
- Análise das anomalias mais recorrentes em determinadas zonas - o FD por zona e anomalia, possibilita relacionar as anomalias a suas principais regiões de ocorrência.
- Resultados – a partir das análises prévias para os quatro edifícios investigados, há uma comparação entre os resultados obtidos e a sondagem de possíveis hipóteses que os expliquem.

4.1 Características de revestimento dos edifícios

A Figura 4.1 representa a composição em termos de revestimento de todas as 48 amostras analisadas. As fachadas dos quatro edifícios analisados são predominantemente revestidas em argamassa e pintura, 62% do revestimento total, enquanto o revestimento cerâmico representa 38% das áreas de fachada observadas. A degradação está presente em 13% da área total das amostras, sendo 4% correspondente a anomalias em revestimento cerâmico e 9% em revestimentos em argamassa.

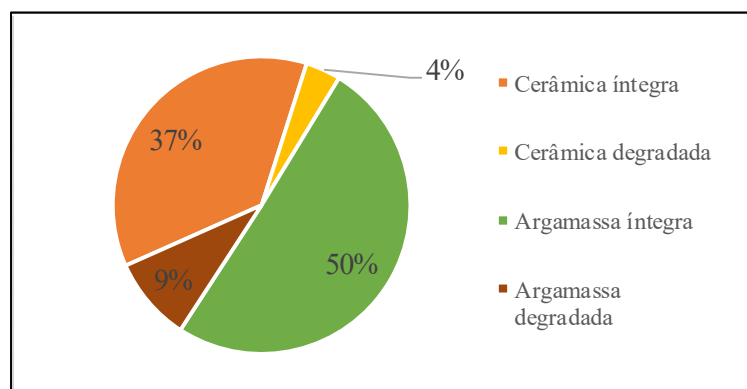


Figura 4.1 – Tipos de revestimento e áreas degradadas. Fonte: Autor.

4.2 Análise das anomalias mais recorrentes

Esta discussão se inicia a partir do fator de danos por anomalia. Os resultados aqui elencados, como previamente abordado, são classificados por edifício e tipo de revestimento.

A Figura 4.2 ilustra que o descolamento foi mais recorrente em revestimentos em argamassa. O revestimento cerâmico, em termos proporcionais, foi menos degradado. Esse resultado diverge da tendência usual observada por pesquisadores Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC/UnB). Entretanto, é importante ressaltar que os edifícios analisados apresentam maior área revestida em argamassa e a distribuição dos revestimentos nas zonas é diferente.

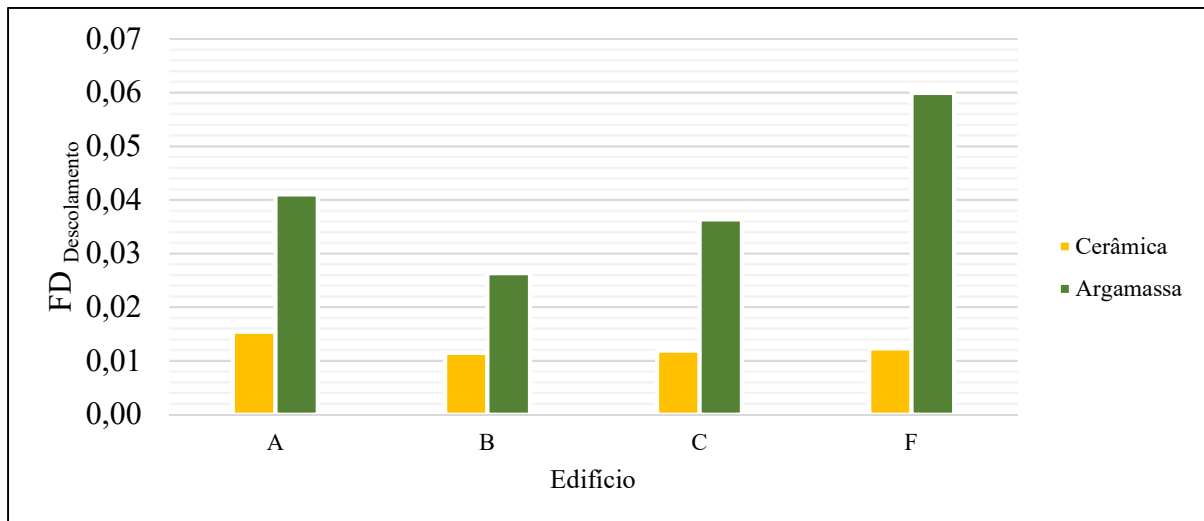


Figura 4.2 – Fator de dano para o descolamento. Fonte: Autor.

O fator de danos para o descolamento cerâmico apresentou valor máximo de 0,015 no prédio B. Enquanto o fator de danos para o revestimento em argamassa atingiu seu valor máximo de 0,06 no prédio F. A diferença entre esses picos é quase de três vezes.

A Figura 4.3 apresenta valores do fator de danos para a fissura. Assim como o descolamento, a fissura foi mais identificada em revestimentos em argamassa. Nota-se que esta anomalia degradou bem menos revestimentos cerâmicos em termos proporcionais.

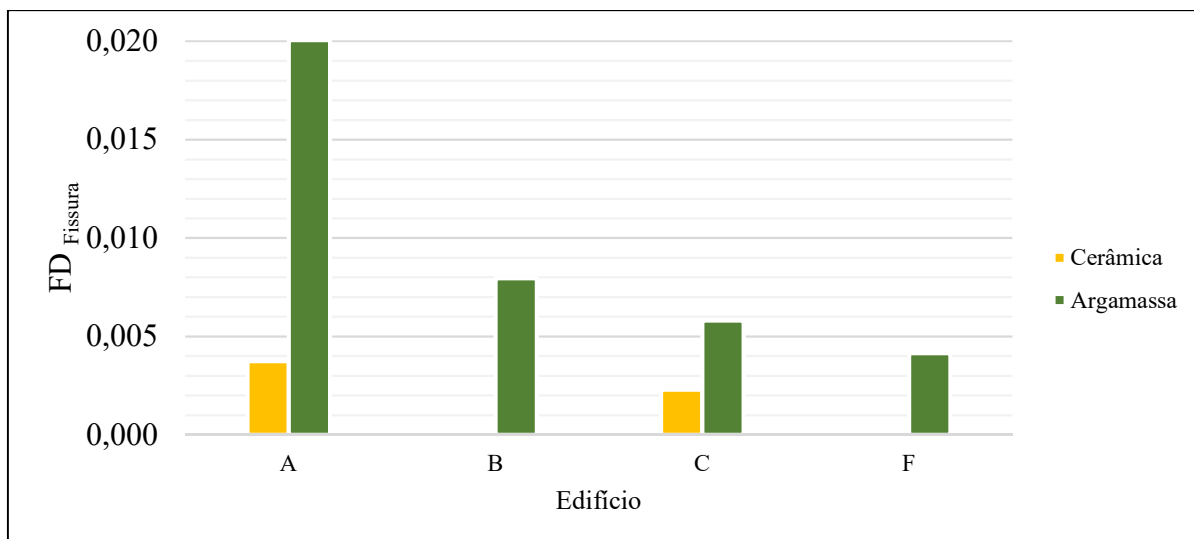


Figura 4.3 – Fator de dano para a fissura. Fonte: Autor.

Para o prédio A, o fator de danos para a fissura (revestimentos em argamassa) chega a atingir 0,02, enquanto o fator de danos para a fissura de revestimentos cerâmicos para este edifício não passa de 0,004.

Observa-se na Figura 4.4 o fator de danos para a eflorescência.

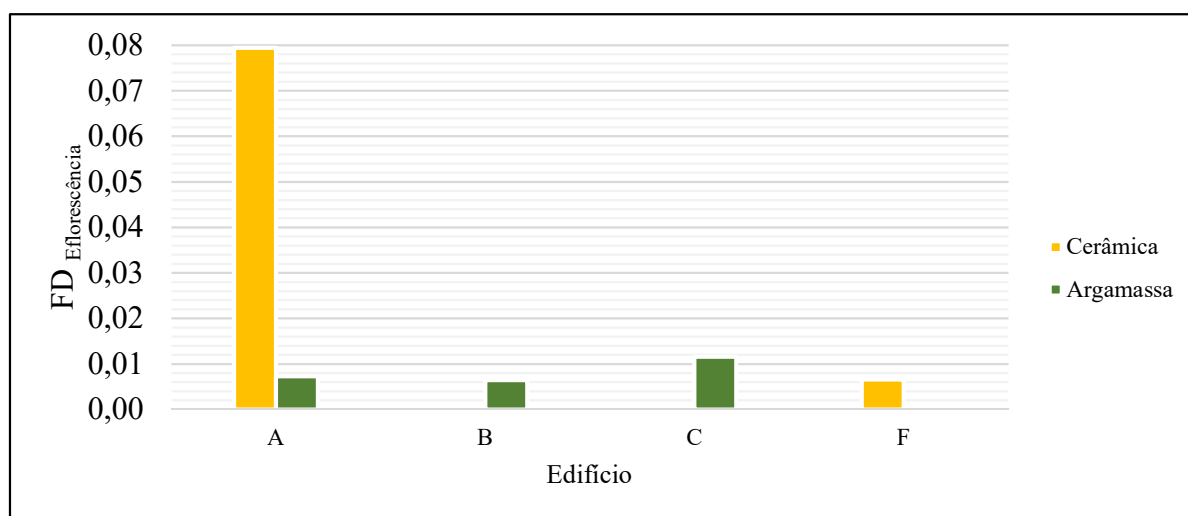


Figura 4.4 – Fator de dano para a eflorescência. Fonte: Autor.

O prédio A apresentou um valor de FD para eflorescência (em revestimentos cerâmicos) de quase 0,08, valor que por sua vez é muito superior aos outros observados para os demais prédios. Em termos comparativos, o segundo maior valor é o para o prédio C, que possui FD para a eflorescência de 0,012 em revestimentos em argamassa.

O fator de danos para o mofo é ilustrado na Figura 4.5. Nota-se que todos os prédios apresentaram quantidades significativas desta anomalia.

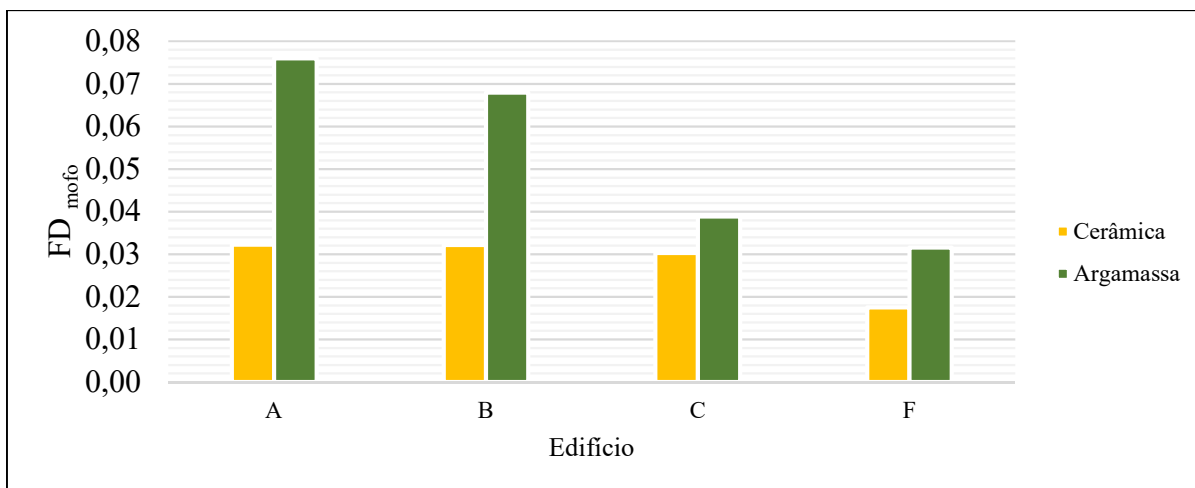


Figura 4.5 –Fator de dano para o mofo. Fonte: Autor.

O revestimento em argamassa parece ser o mais sensível a essas manchas de umidade, pois apresenta valores maiores de fator de dano em todos os edifícios. Por outro lado, como previamente mencionado, também é possível que a disposição desses revestimentos influencie nessa tendência. O valor máximo do FD para o mofo é de 0,076 no prédio A, em acabamentos em argamassa, e de 0,031, no prédio C, revestimentos cerâmicos.

Por último, tem-se as manchas. O fator de danos para essa anomalia é representado na Figura 4.6.

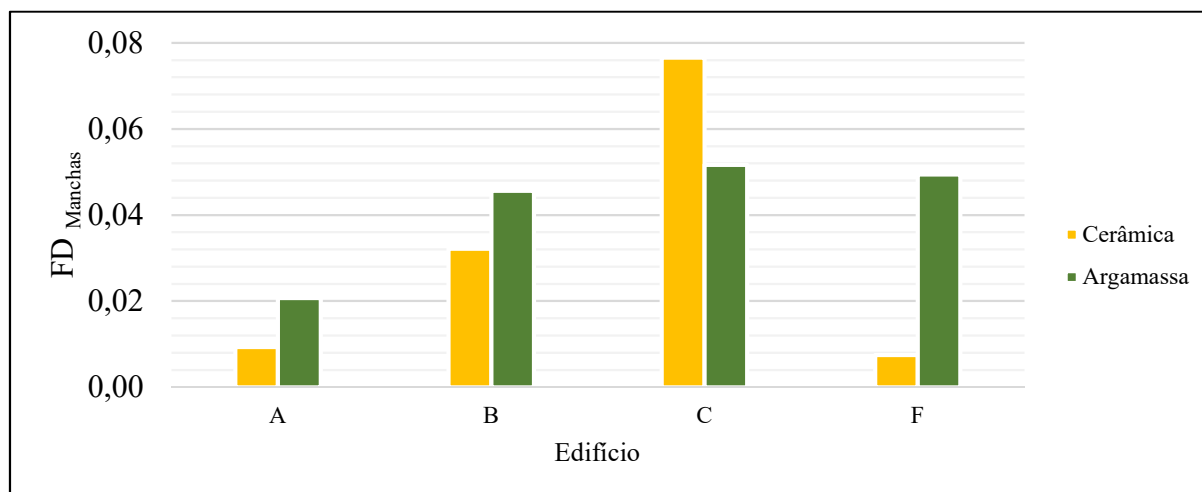


Figura 4.6 – Fator de dano para as manchas. Fonte: Autor.

Observa-se que houve uma concentração de manchas no edifício C, apresentando valores de 0,052 e 0,078 para revestimentos em argamassa e cerâmica respectivamente. Essa situação é plausível, já que o padrão de degradação também é influenciado pela orientação (SOUZA, 2019).

A Figura 4.7 mostra o fator de danos por anomalia para o conjunto de edifícios. Para a composição desses percentuais foram consideradas todas as 48 amostras, havendo diferenciação somente quanto ao tipo de revestimento.

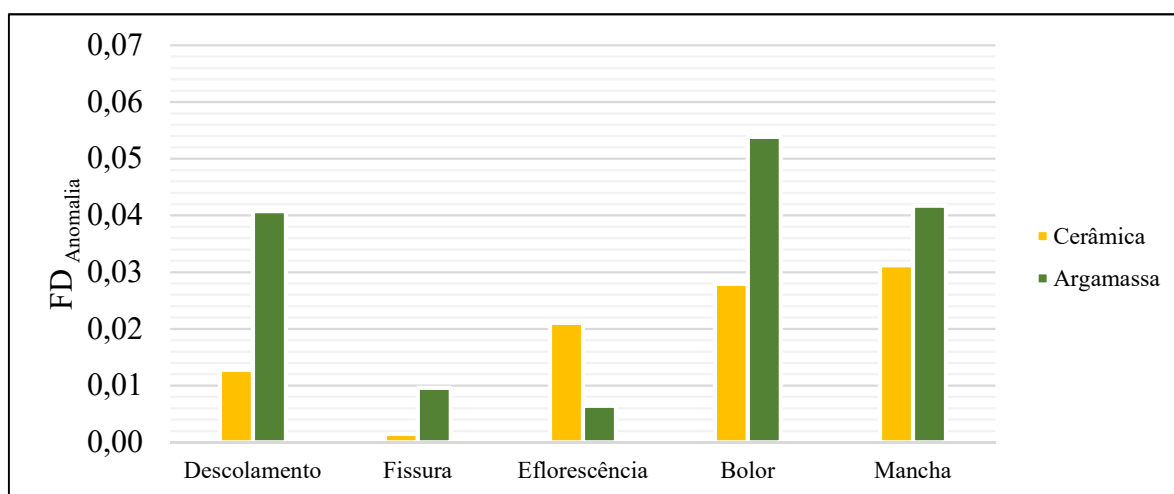


Figura 4.7 – Fator de dano por anomalia para o conjunto de edifícios. Fonte: Autor.

Percebe-se que o mofo ou bolor foi a anomalia mais recorrente em revestimentos em argamassa, com FD igual a 0,05. As manchas e o descolamento também estiveram bastante presentes, ambos com FD de aproximadamente 0,04. Por outro lado, para o revestimento cerâmico, as manchas foram as anomalias mais observadas com FD próximo de 0,03. Visualiza-se nesse cenário como as condições atmosféricas e de umidade influem majoritariamente na degradação desses edifícios.

4.3 Análise das zonas mais degradadas

Neste tópico serão elencados os resultados quanto a degradação das zonas. O fator de danos por zona será classificado quanto ao tipo de revestimento. São considerados todos os edifícios e suas respectivas amostras.

O fator de danos por zona, para as diferentes zonas e revestimentos do edifício, é exposto na Figura 4.8.

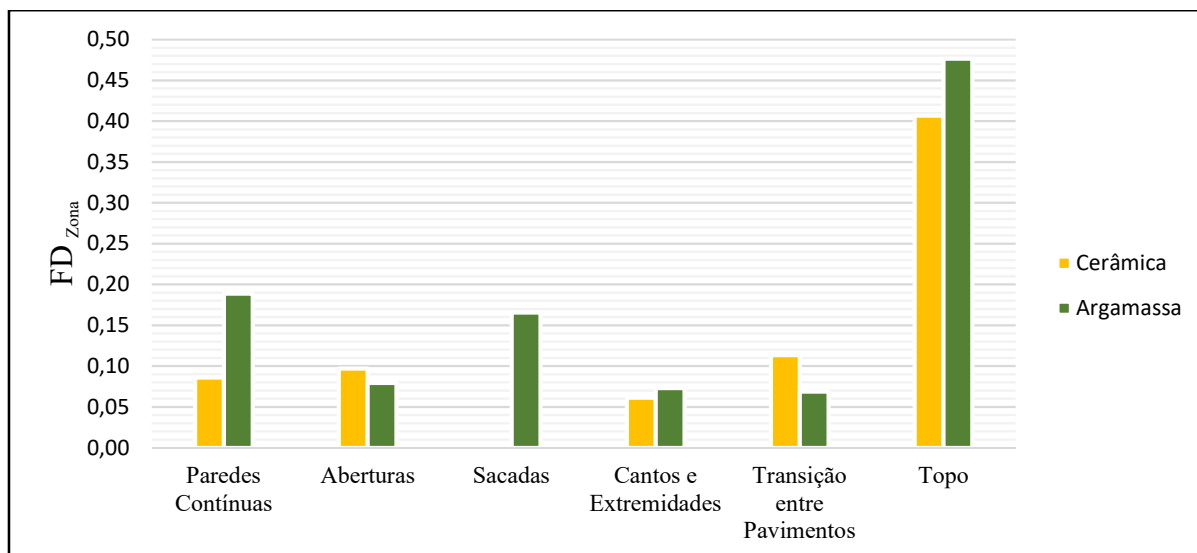


Figura 4.8 – Fator de danos por zona e tipo de revestimento. Fonte: Autor.

Ambos os revestimentos cerâmicos e em argamassa apresentaram uma tendência maior de formação de anomalias em regiões próximas ao topo. O fator de danos para esta zona é de 0,477, para sistemas em argamassa, e 0,407 para o caso cerâmico. A exposição maior dessa região a condições climáticas contribui para a formação de anomalias.

As sacadas apresentaram FD de 0,166 e 0,00 para os diferentes tipos de revestimentos. Esses valores refletem a composição dessa zona, que para todos os prédios, possui acabamento apenas em argamassa. Este valor é o terceiro mais alto observado para revestimentos em argamassa. Repare como esta zona é crítica a formação de anomalias.

As paredes contínuas também sofreram acentuada ação de degradação. O fator de danos para essa zona atingiu 0,086 para o caso cerâmico e 0,189 para os sistemas de revestimento em argamassa. A extensa área de contribuição dessas zonas influi para a diversidade de anomalias observadas.

Os cantos e extremidades foram as regiões menos degradadas. Em revestimentos cerâmicos o valor de FD foi de 0,061 e nos em argamassa foi ligeiramente superior 0,073. Por fim, as aberturas e transições entre pavimentos apresentaram degradação intermediária com os valores de 0,097 e 0,114 para revestimentos cerâmicos e 0,08 e 0,069 respectivamente. Destaca-se que nessas zonas os revestimentos em cerâmica foram os mais degradados.

4.4 Análise das anomalias por zonas

Nesta seção será feita uma análise para o conjunto de edifícios, associando as zonas dos edifícios a ocorrência de anomalias. O fator de danos por zona, para as diferentes zonas do

edifício, é exposto na Figura 4.9. Observe que neste caso não há uma distinção entre os tipos de revestimento, estes são considerados conjuntamente.

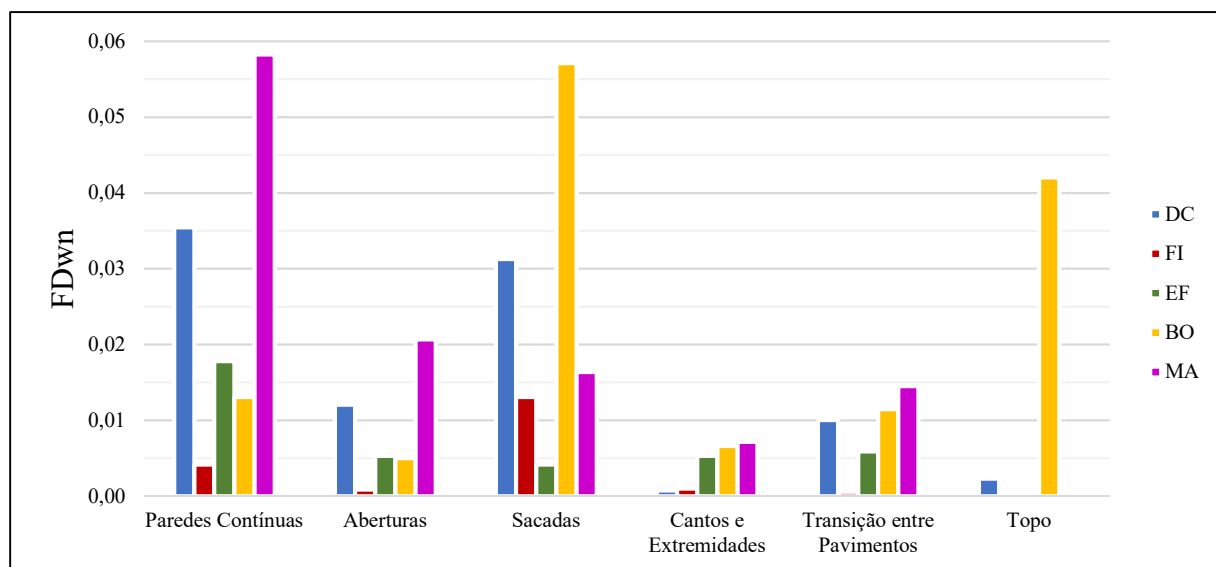


Figura 4.9 – Fator de danos por zona e anomalia. Fonte: Autor.

A Tabela 4.1 sintetiza os valores numéricos de Fator de Danos por zona obtidos para as diferentes anomalias.

Tabela 4.1 – Fator de danos por zona e anomalia. Fonte: Autor.

Zona x Anomalia	DC	FI	EF	BO	MA
Paredes Contínuas	0,035	0,004	0,018	0,013	0,058
Aberturas	0,012	0,001	0,005	0,005	0,021
Sacadas	0,031	0,013	0,004	0,057	0,016
Cantos e Extremidades	0,001	0,001	0,005	0,007	0,007
Transição entre Pavimentos	0,010	0,001	0,006	0,011	0,014
Topo	0,002	0,000	0,000	0,042	0,000

Observe que em paredes contínuas, as manchas foram as mais presentes, com fator de danos igual a 0,058. Os descolamentos, para esta zona, também foram identificados, com fator de danos de 0,035. Manchas e eflorescências apresentaram fator de danos iguais a 0,018 e 0,013 respectivamente. As fissuras para esta zona foram as menos observadas com FD de 0,004. As

paredes contínuas foram uma das zonas mais afetadas por anomalias. Isso é condizente com o estudo realizado em uma amostra de 90 edifícios em Brasília onde a zona PC fora a mais degradada, realizado por Bauer, Souza e Mota (2021).

As aberturas apresentaram uma tendência a formação de bolor e eflorescência, com FD igual a 0,005. O descolamento apresentou FD de 0,012, valor mais que duas vezes superior. Entretanto, as manchas foram as anomalias mais comuns nessa zona com FD de 0,021. Essas observações concordam com os apontamentos de Torres e Silva (2015): as fissuras surgem nos cantos inferiores das aberturas, em que os esforços tendem a serem maiores, possibilitando infiltração e acarretando no surgimento de manchas e descolamento cerâmico.

As sacadas se demonstraram uma das zonas mais sensíveis confirmando uma das hipóteses levantadas. Com fatores de dano elevados para o bolor e o descolamento 0,057 e 0,031 respectivamente. As fissuras nas sacadas apresentaram FD de 0,013, relação que foi muitas vezes superior as observadas em outras zonas. Em outras palavras, as fissuras apresentaram tendência de manifestação sobretudo em sacadas. As manchas nessa zona apresentaram fator de danos de 0,016, ou seja, também foram consideravelmente presentes. A eflorescência, fator de danos de 0,004, foi a anomalia menos observada em sacadas. Esses resultados são condizentes. Sacadas são regiões críticas, principalmente por sua configuração, em balanço que provoca, em geral, elevadas tensões, deformações e movimentação diferencial, podendo culminar no surgimento de diversos tipos de manifestações patológicas (BAUER *et al.*, 2015)

Os cantos e extremidades apresentaram manchas e bolor como anomalias predominantes, fatores de dano iguais a 0,007 aproximadamente. A eflorescência apresentou fator de danos de 0,005. Tanto os descolamentos quanto as fissuras apresentaram fatores de dano iguais a 0,001, sendo as anomalias menos observadas para este tipo de zona. Esse padrão diferenciou-se do esperado, já que essa zona apresenta elevada propensão a formação de fissuras e descolamentos. Provavelmente este fenômeno decorre da idade pouco avançada do conjunto de edifícios.

A transição entre pavimentos teve como principais anomalias: manchas, bolor e descolamentos. As manchas apresentaram fator de danos de 0,014, o bolor de 0,011 e os descolamentos de 0,010. As fissuras e as eflorescências foram as anomalias menos observadas, com 0,006 e 0,001 respectivamente. Esse resultado divergiu ligeiramente do esperado, em zonas de transição de pavimentos, usualmente se espera maiores graus de fissuração. TO e TP são zonas mais críticas com intensidade de degradação mais relevante, tendo como anomalias importantes manchas, anomalias de pintura e fissuração (BAUER; SOUZA; MOTA, 2021).

O topo apresentou sobretudo descolamentos e bolor. Este último teve ação predominante, com fator de danos igual a 0,042. O descolamento apresentou fator de danos igual a 0,002, enquanto as outras anomalias não contribuíram significativamente para a degradação desta zona. Essa observação é condizente com o esperado, o topo é uma região que sofre radiação solar com mais intensidade, assim como influência de efeitos de umidade. Em específico para a região de TO, pode-se associar a ação direta da chuva dirigida, a qual é de maior valor especificamente para o topo e laterais superiores da fachada (BLOCKEN; DEROME; CARMELIET, 2013; ZANONI, 2015).

5. CONCLUSÃO

O fenômeno da degradação tem relevância para a obtenção de processos construtivos mais sustentáveis. Dessa forma, é importante analisar e entender a maneira que este fenômeno atua sobre os diferentes materiais e sistemas de construção. O estudo de anomalias em fachadas cerâmicas e em argamassa, contribui para a obtenção de processos construtivos mais sustentáveis. Entender o fenômeno de degradação é viabilizar melhores soluções construtivas.

O método de mensuração de degradação se mostrou um procedimento lógico adequado para identificar, mensurar e classificar anomalias em revestimento misto por meio de estudos e inspeções de campo. A quantificação dos edifícios A, B, C e F produziram resultados capazes de salientar as hipóteses levantadas.

No que se refere aos trechos revestidos em argamassa, essas apresentaram uma maior concentração das seguintes anomalias: mofo, manchas e descolamentos. As sacadas se revelaram zonas críticas a degradação. Aquelas mais próximas ao topo apresentaram uma tendência maior a formação de mofo. Esse fato concorda em até certo ponto, com a hipótese de que as regiões mais próximas ao topo estão mais sujeitas a ação de intempéries e conseqüentemente degradam mais.

A investigação de trechos revestidos em cerâmica revelou maior ocorrência de manchas, mofo e eflorescências nas regiões próximas a aberturas (AB), topo (TO), sacadas (SC) e paredes contínuas (PC). Essas representam regiões propensas ao fluxo e acúmulo de água. A posição das sacadas aparenta possuir também algum efeito sobre esse acúmulo, dado que as eflorescências se concentraram, predominantemente, na zona entre aquelas no plano vertical.

Os topos foram as zonas mais degradadas, sobretudo por manchas e mofo. É notória a alta exposição dessas regiões a ação climática da chuva e elevada exposição a efeitos solares. As sacadas apresentaram alta concentração de fissuras e formação de manchas. Isso confirma a hipótese de sensibilidade dessa região levantada. Já as fissuras se localizaram preferencialmente em sacadas e transições de pavimentos, regiões onde há mudanças de planos.

Nos edifícios analisados anomalias como fissuras e descolamentos, não foram proporcionalmente tão recorrentes como manchas e mofo. Este fato contradiz a hipótese esperada acerca da predominância de descolamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 15.575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- Alucci, M.P.; Flauziano, W.D.; Miliano, S. Bolor em edifícios: causas e recomendações. In: Tecnologia em edificações. São Paulo: Pini, p. 565-570, 1988.
- Antunes, G. R. Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: sistematização da incidência de casos. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília – Brasília, 166 p., 2010.
- Bauer, E.; Castro, E. K.; Silva, M. N. B. Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília. n 358. p 151-159. Cerâmica: São Paulo, 2015.
- Bauer, E.; Souza, J. S.; Mota, L. M. G. Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília, Brasil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 23-43, 2021.
- Blocken, B.; Derome, J.; Carmelet, J. *Rainwater runoff from building facades: a review. Building and Environment*, v. 60, p. 339-361, 2013.
- Fiorito, A. J. S. I. Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e procedimentos de execução. 2. Ed. São Paulo: Pini, 2010.
- Flores-Colen, I.; De Brito, J.; Freitas, V. P. *Methodology for vertical envelope design, inspection and maintenance. Cib student chapters international symposium-sustainability and innovation in construction and real estate*. Pequim, China: Tsinghua University, 2004.
- Freitas, V. P.; Vieira, M.; Guimarães, A. S. The French, Norwegian and Danish experience. A State-of-the-Art Report on Building Pathology. CIB Publication 393. pp. 30-35, 2013.
- Gaspar, P. L.; De Brito, J. Mapping defect sensitivity in external mortar renders. *Construction and Building Materials*, v. 19, pp 571–578, 2005.
- Gaspar, P.; Flores-Colen, I.; Brito, J. Técnicas de diagnóstico e classificação de anomalias por perda de aderência em rebocos. 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Lisboa, Portugal, 2007.
- Gaspar, P. Vida útil das construções: desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção - Aplicação a rebocos de edifícios correntes. Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- Granato, J.E. Apostila: patologia das construções. 250 P. São Paulo, Brasil, 2002.
- Hovde, P. J. *Evaluation of the factor method to estimate the service life of building components. v 1. Proceedings of the CIB World Building Congress*. p. 223-231, 1998.

Hovde, P. *Factor methods for service life prediction*. CIB W080/RILEM 175 SLM: *Service Life Methodologies Prediction of Service Life for Buildings and Components, Task Group: Performance Based Methods of Service Life Prediction*, Trondheim, Norway, 51 p, 2004.

International council for research and innovation in building and Construction. CIB Report Publication 393: a state-of-the-art report on building pathology. Delft, 2013.

International Organization for Standardization ISO 15686-1: buildings - service life planning. Part 1: general principles and framework, International Organization for Standardization. 2011.

International Organization for Standardization ISO 15686-2: buildings - service life planning. Part 2: service life prediction procedures, International Organization for Standardization. 2012.

International Organization for Standardization ISO 15686-7: buildings - service life planning. Part 7: performance evaluation for feedback of service life data from practice. International Organization for Standardization. 2006.

Jernberg, P.; Lacasse, M. A.; Haagenrud, S. E.; Sjöström, C. *Guide and bibliography to service life and durability research for building materials and components*. CIB Report. International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), Rotterdam, Netherlands, 2004.

Kutner, M. H.; Nachtsheim, C. J.; Neter, J.; Li, W. *Applied linear statistical models*. v. 5. Boston: McGraw-Hill Irwin, 2005.

Leal, U. Revestimento mínimo. *Téchne*. Revista de tecnologia e negócios da construção. São Paulo, Brasil. Ano 11, N.58. 2002.

Morais, A. I. B. Soluções de reabilitação de fachadas com revestimento cerâmico. Dissertação de mestrado. Faculdade de engenharia da universidade de Porto. Universidade do Porto – Porto, Portugal, 2007.

Piazzarollo, C. B. Estudo da evolução e da gravidade da degradação nas diferentes zonas componentes da fachada. Dissertação de mestrado em estruturas e construção civil, publicação E.DM – 11A/19, Departamento de engenharia civil e ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 152 p., 2019.

Pinheiro, P. I. S. Aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) ao estudo das fachadas de edifícios em Brasília. Trabalho de conclusão de curso. Bacharelado em engenharia civil. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil, 186 p., 2016.

Petrucchi, H. M. C. A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída. Dissertação de mestrado, programa de pós-graduação em engenharia civil. Escola de engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

Santos, D. G. Estudo da vida útil e degradação de fachadas em argamassa a partir da inspeção de edifícios. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil. 136 p., 2018.

Santos, D.G.; Macedo, M.; Souza, J. S.; Bauer, E. Mensuração e distribuição de patologias na degradação em argamassa. *Gestão e gerenciamento*. v. 8. p. 13-17., 2018.

Santos, M. J. B. O. Catalogação de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil. 212p., 2017.

Silva, M. N. B. Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada: aplicação ao caso de Brasília/DF. Tese de doutorado. Universidade de Brasília – Brasília, Brasil, 2014.

Silva, A.; Gaspar, P.; De Brito, J. Methodologies for Service Life Prediction of Buildings: With a Focus on façade Claddings. Springer International Publishing, 1st Ed, Switzerland, 2016.

Sousa, H.; Sousa, R.; Silva, F. M.; Sousa, F. Fachada de edifícios, 2016.

Souza, J. S. Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília – Brasília, Brasil, 114p., 2016.

Souza, J. S. Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachadas de edifícios. Tese de doutorado em estruturas e construção civil, publicação E.DT-15A/19, 139 p. Departamento de engenharia civil e ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2019.

Souza, J.S.; Bauer, E. Estado limite de degradação de fachadas revestidas em cerâmicas. V Congresso Internacional na Recuperação Manutenção e Restauração de Edifícios - CIRMARE: Universidade do Rio de Janeiro – Brasil, 2020.

Torres, A. S.; Silva, J. Patologias nos sistemas construtivos das edificações do início do século XX no sul do Rio Grande do Sul – Estudo de caso de residência na cidade de Rio Grande/RS. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil. v. 10. n. 2. 2015.

Vallejo, F. J. L. *Ensuciamienti de fachadas por contaminación atmosférica, análisis y prevención*. Valladolid: Universidad, Secretariado de Publicaciones, 1990.

Uchôa, J. C. B. Análise numérica e experimental da fadiga termomecânica em argamassas colantes no sistema de revestimento cerâmico. Xvi, 214 F., Il. Tese de doutorado em estruturas e construção civil. Universidade De Brasília – Brasília, Brasil, 2015.

Uliana, J. G.; Falcão, A. F. O.; Soares, R. B., Maioli, R. N.; Vieira, G. L. Estudo da incidência de manifestações patológicas em fachadas de edifícios localizados em região litorânea. 2014.

Zanoni, V. A. G. Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, 2016.