

**SENSIBILIDADE À DEGRADAÇÃO DAS FACHADAS-
ESTUDO DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS**

ELAINE DE SOUSA HENRIQUE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS
E CONSTRUÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

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

**SENSIBILIDADE À DEGRADAÇÃO DAS FACHADAS-
ESTUDO DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS**

ELAINE DE SOUSA HENRIQUE

ORIENTADORA: MICHELE TEREZA M. CARVALHO

COORIENTADOR: ELTON BAUER

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

**PUBLICAÇÃO:
BRASÍLIA/DF JULHO – 2017**

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

**SENSIBILIDADE À DEGRADAÇÃO DAS FACHADAS-
ESTUDO DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS**

ELAINE DE SOUSA HENRIQUE

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^a. Michele Tereza M. Carvalho, DSc. (UnB)
(Orientadora)

Prof. Elton Bauer, DSc. (UnB)
(Coorientador)

Prof. Antônio Alberto Nepomuceno, DSc. (UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Vanda Alice Garcia Zanoni, DSc. (UnB)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, JULHO DE 2017.

FICHA CATALOGRÁFICA

HENRIQUE, ELAINE DE SOUSA

Sensibilidade à degradação das fachadas- Estudo dos aspectos construtivos
[Distrito Federal] 2017.

xv, 102p. 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2017).

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

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Sensibilidade

3. Degradação de fachadas

I. ENC/FT/UnB

2. Nota Técnica

4. Manutenção

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

HENRIQUE, E. S. (2017). Sensibilidade à degradação das fachadas: Estudo dos aspectos construtivos. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação 19A/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 102p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Elaine de Sousa Henrique

TÍTULO: Sensibilidade à degradação das fachadas- Estudo dos aspectos construtivos

GRAU: Mestre

ANO: 2017

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.

Elaine de Sousa Henrique
SQNW 108, BLOCO, H, APT 313.
CEP 70686-190 Brasília/DF, Brasil.
E-mail: eshenriq@gmail.com

*Ao meu marido Adriano, amor, amigo e companheiro.
Aos tesouros da minha vida Eleonora e Abigail, luz e
alegria na mais pura essência.*

*“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas,
mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma
humana”.*

Carl Gustav Jung

AGRADECIMENTOS

A Deus, completude de todo o meu ser, pelo dom da vida e pelas oportunidades infinitas de aprendizado.

Aos meus pais, José Osório e Maria das Graças, meu mais profundo agradecimento por tudo que me ensinaram a ser, pelo exemplo de fé e sabedoria que ilumina meu caminho.

Ao meu marido Adriano, por estar sempre ao meu lado, compreendendo as minhas limitações, dificuldades e ausências, ajudando incansavelmente com nossas meninas, pra que eu pudesse dedicar o tempo necessário para a realização desse trabalho.

A Eleonora e Abigail, pelo amor e a graça de ser mãe de vocês.

As minhas irmãs e amigas Gleyd e Aline, pela amizade, carinho e torcida.

Aos meus orientadores Prof.^a Michele e Prof. Bauer, por todo conhecimento compartilhado, pela paciência e compreensão ao longo desse trabalho, meu respeito e profunda gratidão.

Aos professores do PECC por compartilharem suas experiências e pelo aprendizado.

A todos os colegas com quem tive a imensa alegria de conviver e aprender ao longo desse curso, em especial Carlos, Jéssica e Matheus. Ao colega Ricardo por todo apoio em seu trabalho prestado na secretaria do PECC.

As amigas Mayara e Valéria, minha gratidão por ter tido vocês como companheiras durante toda essa caminhada.

Ao Eng. Henrique Ewerton, Diretor de Obras da UnB, por ajudar na difícil tarefa de conciliar trabalho e estudo, compreendendo e apoiando o esforço dedicado nesse momento.

A UnB por abrir portas para que eu pudesse avançar um pouco mais no conhecimento científico.

A todos que torceram e acreditaram na concretização desse sonho.

RESUMO

SENSIBILIDADE À DEGRADAÇÃO DAS FACHADAS- ESTUDO DOS ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Autor: Elaine de Sousa Henrique

Orientadora: Michele Tereza M. Carvalho

Coorientador: Elton Bauer

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, Julho de 2017.

A compreensão do processo de degradação relaciona-se com a necessidade de identificar os fatores que interferem ao longo da vida útil acarretando em perda de desempenho da edificação. A presente dissertação enfatiza o estudo dos elementos construtivos que compõem a fachada, no que diz respeito a predisposição ao desenvolvimento de anomalias, de modo a propor uma ferramenta que permita qualificar o sistema de fachadas no que se refere a sensibilidade a degradação. Como objetivos da dissertação destaca-se o desenvolvimento de um roteiro metodológico, para obtenção do índice de sensibilidade denominado nota técnica, para o qual se estudou disposições arquitetônicas e estruturais da fachada, ponderadas a partir da correlação com a ocorrência de anomalias, resultando na formulação para obtenção da nota. As premissas consideradas para obtenção do grau de sensibilidade tratam de que as disposições estruturais e arquitetônicas da fachada se correlacionam com os mecanismos de degradação, uma vez que fatores de origem externa (agentes climáticos e orientação solar) ou interna ao edifício (mecânica, térmica, física, química, biológica) atuam nesses subsistemas e implicam em respostas de comportamento diferenciadas, conforme a capacidade de cada elemento componente, destacando assim a importância da fase de projeto, atendimento a diretrizes normativas e boas práticas da construção. A ferramenta proposta foi aplicada em amostras de edifícios de Brasília, que já foram objeto de estudo de degradação, tornando possível a comparação entre os dados obtidos para a nota técnica e o fator de dano mensurado. O estudo mostra-se relevante para a compreensão do complexo processo de degradação de fachadas, podendo ainda ser utilizada em estratégias de manutenção.

Palavras-Chave: Sensibilidade, Nota Técnica, Degradação de fachadas, Manutenção.

ABSTRACT

SENSITIVITY TO THE DEGRADATION OF FACADES - STUDY OF CONSTRUCTIVE ASPECTS

Author: Elaine de Sousa Henrique

Supervisor: Michele Tereza M. Carvalho

Supervisor: Elton Bauer

Postgraduate program in Structural Engineering and Construction

Brasília, July of 2017.

The understanding of the process of degradation is related to the need to identify the factors that interfere throughout the useful life leading to loss of performance of the building. The present dissertation emphasizes the study of the constructive elements that make up the facade, with respect to predisposition to the development of anomalies, in order to propose a tool that allows to qualify the system of façades with respect to the sensitivity to degradation. The main objective of the dissertation are the development of a methodological roadmap to obtain the sensitivity index called the technical note, for which the architectural and structural aspects of the facade were studied, weighted from the correlation with the occurrence of anomalies, resulting in Formulation to obtain the grade. The assumptions considered to obtain the degree of sensitivity are that the structural and architectural features of the façade correlate with the mechanisms of degradation, since factors of external origin (climatic agents and solar orientation) or internal to the building (mechanical, thermal, Physical, chemical, biological) working these subsystems and imply different behavioral responses, depending on the capacity of each component element, thus highlighting the importance of the design phase, compliance with normative guidelines and good construction practices. The proposed tool was applied to samples of buildings in Brasília, which were already subject to degradation study, making it possible to compare the data obtained for the technical note and the measured damage factor. The study is relevant to understanding of the complex process of facade degradation and can be used in maintenance strategies.

Keywords: Sensitivity, Technical Note, Facade Degradation, Maintenance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
2. SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNO: FACHADAS	6
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	6
2.2 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS FACHADAS	8
2.2.1 Vida útil, durabilidade e manutenibilidade	8
2.2.2 Resistência mecânica e estabilidade	9
2.2.3 Estanqueidade	10
2.3 DETALHES ARQUITETÔNICOS DE PROTEÇÃO DA FACHADA	11
2.4 INFLUÊNCIAS DO DESEMPENHO DA ALVENARIA COMO SUPORTE	16
2.5 ELEMENTOS ESTRUTURAIS	18
2.6 ESPECIFICIDADES CONSTRUTIVAS DA FACHADA	19
2.7 REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS	26
2.8 DEGRADAÇÃO DAS FACHADAS	26
2.8.1 Curva de degradação para fachadas de Brasília	28
2.8.2 Agentes e mecanismos de degradação	30
2.8.3 Influência dos agentes climáticos no processo de degradação	33
2.8.4 Mensuração da degradação	36
2.9 ANOMALIAS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO	37
2.9.1 Mecanismo de formação das anomalias	38
2.10 MANUTENÇÃO PLANEJADA E A INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO E DURABILIDADE DA EDIFICAÇÃO	40
3. MÉTODO DE OBTENÇÃO DA NOTA TÉCNICA	44
3.1 SELEÇÃO DOS ASPECTOS DE SENSIBILIDADE	45
3.2 PONDERAÇÃO DOS ASPECTOS: MATRIZ DE CORRELAÇÃO	50
3.3 FORMULAÇÃO PARA OBTENÇÃO DA NOTA TÉCNICA	55
3.4 IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	56
3.4.1 Caracterização da amostra	56

3.5	SIMULAÇÕES	58
3.5.1	Distribuição dos resultados	62
3.6	FERRAMENTA PARA ANÁLISE QUALITATIVA DAS FACHADAS	63
4.	APLICAÇÃO DA FERRAMENTA	66
4.1	SELEÇÃO DAS AMOSTRAS	66
4.2	LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS	67
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS	78
4.4.	NOTA TÉCNICA ASSOCIADA AO FATOR DE DANO DAS AMOSTRAS	82
4.4.1	Fator de dano nas amostras	83
4.4.2	Análise comparativa NT x FD	84
4.5.	SÍNTESE DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA	92
5.	CONCLUSÕES	94
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	95
	RERERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Etapas de desenvolvimento da dissertação	5
Figura 2.1 - Desempenho ao longo do tempo de um elemento ou sistema	8
Figura 2.2 – Aspectos a serem observados para concepção de projeto de fachadas	12
Figura 2.3 – Remate da platibanda	13
Figura 2.4 – Detalhe de cimalthas/rufos	14
Figura 2.5 – Ilustração do deslocamento do fluxo da água por meio de projeções ou saliências da fachada.	15
Figura 2.6 – Detalhe do peitoril e pingadeira	16
Figura 2.7 - Execução de alvenaria com reforço de tela metálica na interface alvenaria-pilar.	17
Figura 2.8 - Fatores de majoração das tensões ao longo da janela presente na parede	23
Figura 2.9 – Exemplos de fissuração na região das aberturas	23
Figura 2.10 – Curva da evolução da degradação em função da orientação para o Fator Geral de Danos (FGD).....	29
Figura 2.11 – Curva da evolução da degradação para estimativa da vida útil mínima utilizando o Fator Geral de Danos (FGD)	30
Figura 2.12 - Agentes de degradação em função da origem.	32
Figura 2.13 - Agentes de degradação em função da natureza.	33
Figura 2.14 - Distribuição de ocorrência de patologias.....	38
Figura 2.15 – Estratégias essenciais no planejamento da manutenção.....	40
Figura 2.16 – Custos das reparações em relação ao tipo de intervenção.....	43
Figura 3.1 – Fluxo para o desenvolvimento da ferramenta de obtenção da nota técnica....	45
Figura 3.2 – Exemplos de balanços em fachadas	46
Figura 3.3 – Exemplos de vãos estruturais	47
Figura 3.4 – Exemplos de aberturas	48
Figura 3.5 - Exemplos de volumetria	49
Figura 3.6 – Comparação para correção dos pesos atribuídos aos aspectos.....	54
Figura 3.7 – Identificação da fachada.....	57
Figura 3.9 – Amplitude dos quadrantes norte, leste, sul, oeste para a classificação da orientação das amostras das fachadas.	57
Figura 3.10 – Fluxo para combinações de aspectos das simulações (simulações 02 a 09). 58	

Figura 3.11 – Fluxo para combinações de aspectos das simulações (simulações 10 a 17).	59
Figura 3.12 – Distribuição dos resultados da simulação.	61
Figura 3.13 – Análise da distribuição da nota técnica - simulações.....	62
Figura 3.14 – Ficha Técnica.	64
Figura 4.1 – Levantamento dos aspectos: Amostra 01	68
Figura 4.2 – Levantamento dos aspectos: Amostra 02.....	69
Figura 4.3 – Levantamento dos aspectos: Amostra 03.....	70
Figura 4.4 – Levantamento dos aspectos: Amostra 04.....	71
Figura 4.5 – Levantamento dos aspectos: Amostra 05.....	72
Figura 4.6 – Levantamento dos aspectos: Amostra 06.....	73
Figura 4.7 – Levantamento dos aspectos: Amostra 07.....	74
Figura 4.8 – Levantamento dos aspectos: Amostra 08.....	75
Figura 4.9 – Levantamento dos aspectos: Amostra 09.....	76
Figura 4.10 – Distribuição da Nota Técnica das amostras em função da idade.....	78
Figura 4.11– Faixas de frequência das notas	79
Figura 4.12– Distribuição das ocorrências na classe 2.....	80
Figura 4.13– Distribuição das ocorrências na classe 4.....	80
Figura 4.14– Distribuição das ocorrências na classe 3.....	81
Figura 4.15– Histograma de frequência e porcentagem acumulada do Fator de Danos Total das amostras de fachadas.....	84
Figura 4.16– Comparação dos resultados de FD x NT.....	86
Figura 4.17 – a) NT x FD-ED 01; b) NT x FD-ED 02.....	88
Figura 4.18 – a) NT x FD-ED 03; b) NT x FD-ED 04.....	89
Figura 4.19 – a) NT x FD-ED 05; b) NT x FD-ED 06.....	90
Figura 4.20 – a) NT x FD-ED 07; b) NT x FD-ED 08.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Possíveis causas associadas à perda de desempenho.....	31
Tabela 2.2 – Correlação entre anomalias, mecanismos de formação e causas prováveis. ...	39
Tabela 3.1 – Aspectos construtivos para obtenção da nota técnica.	50
Tabela 3.2 – Pesos atribuídos na matriz de correlação.	51
Tabela 3.3 – Matriz de correlação: Aspectos de sensibilidade x Anomalias	52
Tabela 3.4 – Peso dos aspectos construtivos ponderados.....	55
Tabela 3.5 – Levantamento dos aspectos – Simulações.....	60
Tabela 4.1 – Resumo das Notas obtidas pelo levantamento dos aspectos	77
Tabela 4.2 - Comparativo da Nota Técnica com Fator de Dano.	85
Tabela 4.3 – Amostra dos edifícios com idades entre 5 e 10 anos	87
Tabela 4.4 - Síntese das etapas de desenvolvimento da ferramenta	92

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DC	Descolamento cerâmico
EF	Eflorescência
ED	Edifício
FD	Fator de Dano
FGD	Fator Geral de Danos
FI	Fissuração
FR	Falha de rejunte
FV	Falha de vedação
LEM	Laboratório de Ensaios e Materiais
MMD	Método de mensuração da degradação
NT	Nota Técnica
PECC	Programa de Pós Graduação em Estruturas e Construção Civil
RCF	Revestimento Cerâmico de Fachadas
SIM	Simulação
UnB	Universidade de Brasília

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de vedação vertical externo (SVVE) da envoltória edificada são constituídos pelas fachadas, que definem a volumetria da edificação. Influenciando e sendo influenciados pelo desempenho do conjunto edificado, os SVVE interagem com os demais componentes, elementos e subsistemas da edificação, como as estruturas, coberturas, esquadrias, instalações, pisos, entre outros (ABNT, NBR15575-2:2013).

Cada vez mais recorrentes, as anomalias são verificadas nas fachadas de edifícios jovens, colocando em questionamento a qualidade dos materiais e procedimentos utilizados, bem como a existência de um projeto compatível com solicitações e exposição para os quais o edifício estaria submetido. Júnior (2016) acrescenta que a construção tem evoluído adotando inúmeras soluções para atender as necessidades da sociedade, mas em contrapartida a manutenção não acompanha o mesmo ritmo.

Souza (2014) sistematizou uma metodologia de quantificação de danos em fachadas de revestimento cerâmico objetivando obter índice de degradação, nomeado Fator Geral de Dano (FGD), de modo a analisar o comportamento da degradação ao longo do tempo por meio das curvas de degradação. As curvas de degradação evidenciam a evolução progressiva da degradação ao longo do tempo por meio de índices de degradação e dessa forma, refletem a velocidade em que o edifício e/ou seus sistemas perdem sua capacidade funcional (GASPAR; BRITO, 2008; SHOET, 1999). Júnior (2016) considera que a análise da curva de degradação, muitas vezes, antecipa uma determinada ação de manutenção, que pode estar definida no plano de manutenção da edificação.

Atuando como barreiras ou proteção às ações de agentes exteriores, principalmente atmosféricas, as fachadas necessitam de um plano de manutenção proativo que contenha informações que visem prevenir e monitorar o desempenho dos elementos da envoltória, programar ações de limpeza, reparos e substituições que forem apropriadas para a resolução de anomalias em serviço (FLORES-COLEN, *et al.*, 2015).

Nesse entendimento busca-se compreender a sensibilidade da fachada ao surgimento do dano e para tanto se deve buscar conhecimento no que diz respeito ao sistema construtivo e suas particularidades, diferentes componentes e interações. A leitura dessa sensibilidade, transformada em uma análise qualitativa pode direcionar ações preventivas, ou de caráter imediato, conforme a avaliação da edificação.

A presente dissertação pretende colaborar com a linha de pesquisa referente à “Desempenho, Vida útil, Degradação e Patologia no Ambiente Construído”, do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília – PECC/UnB. Destacam-se como contribuições importantes para a referida linha os seguintes trabalhos:

- Antunes (2010), que trata do estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachadas em Brasília/DF, sistematização da incidência de casos;
- Silva (2014) trata da avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada;
- Zanoni (2015) estuda a influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília/DF;
- Souza (2016), pelo estudo da evolução da degradação de fachadas, efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes em Brasília/DF;
- Nascimento (2016), com aplicação da simulação higrotérmica, por meio do software WUFI Pro 5.3, na investigação da degradação de fachadas de edifícios;
- Santos (2017), com a catalogação de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília/DF.

O tema proposto da presente dissertação visa envolver definições acerca dos aspectos construtivos da fachada, degradação e manutenção, a fim de buscar parâmetros para o desenvolvimento de uma ferramenta que possibilite qualificar a envoltória da edificação no que diz respeito à predisposição ao surgimento de anomalias. A importância desse estudo está em contribuir com a sistematização do planejamento da manutenção.

1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta dissertação é propor e aplicar um método para classificar as fachadas de edifícios em relação a riscos de degradação oriundos principalmente da concepção e execução das fachadas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Desenvolver ferramenta de análise, por meio de elaboração de um *checklist* de aspectos relacionados ao sistema construtivo da edificação, que vise identificar e analisar qualitativamente o sistema de fachadas no que se refere a sensibilidade à degradação;
- Classificar e associar as anomalias aos elementos construtivos ou regiões componentes das fachadas a fim de propor metodologia que estabeleça ponderações correlatas à caracterização construtiva, distinguindo a influência desses no processo de degradação;
- Desenvolver formulação que permita a obtenção da Nota Técnica;
- Aplicar a ferramenta para avaliação do método proposto em edifícios selecionados do banco de dados de degradação, documentados pelo LEM-UnB;
- Comparar e analisar os resultados obtidos para a nota técnica das amostras com o fator de dano quantificado em trabalhos de Silva (2014) Souza (2016);

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está organizada em 03 eixos principais, conforme apresentado nos quadros da figura 1.1. A primeira está relacionada a revisão da literatura percorrendo os eixos centrais de embasamento da pesquisa, constantes no capítulo 2. Cabe destacar que a revisão da literatura fundamentou-se em obter parâmetros que referenciem os diversos aspectos a serem discutidos no presente trabalho.

No capítulo 3 são apresentados os caminhos percorridos no desenvolvimento do método para obtenção do índice de sensibilidade dos aspectos construtivos, por meio de análises e ponderações de aspectos delimitados nesse estudo.

O capítulo 4 refere-se a aplicação do método em edifícios reais para análise e discussão da viabilidade da ferramenta, complementado a comparação dos resultados obtidos ao fator de dano mensurado em estudos anteriores.

Em face da diversidade de materiais que constituem o revestimento das fachadas o presente estudo encontra-se delimitado em análises relacionadas a revestimento cerâmico.

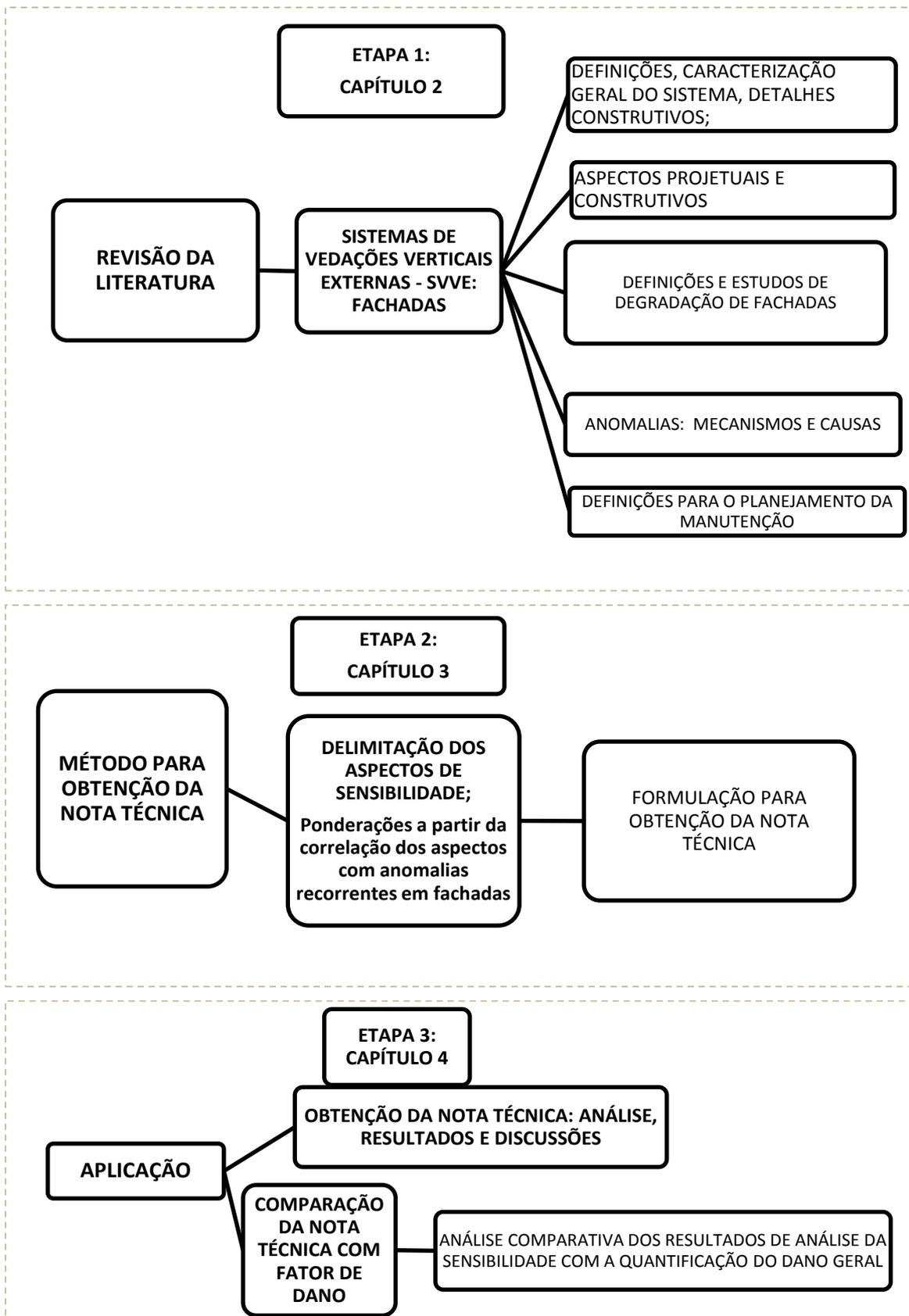


Figura 1.1 - Etapas de desenvolvimento da dissertação.

2. SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNO: FACHADAS

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A ABNT NBR 15575-1:2013 define sistema como a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define (exemplo: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura) e sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.

Mesmo sem função estrutural, as vedações verticais, segundo a ABNT NBR 15575-4:2013, podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas, ou sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem. Podem também interagir com demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio.

Segurança, estabilidade e conforto dos usuários, são requisitos de desempenho de extrema importância e constituem elementos essenciais para os projetos das vedações verticais externas, que devem apresentar padrões aceitáveis de comportamento frente às solicitações, quer sejam ambientais, biológicas, mecânicas, físicas ou químicas. A fachada da edificação forma a primeira barreira contra os agentes externos agressivos como insolação, chuva e outros. Para tanto pode ser constituída por uma camada de revestimento composta por diversos materiais, como argamassa, cerâmica, pedra natural, metálicos, dentre outros (SILVA, 2014).

O projeto é o grande responsável pelo sucesso de qualquer empreendimento e à medida que aumenta a complexidade da edificação, também aumenta a influência do mesmo sobre o desempenho da obra. Características como flexibilidade, possibilidades para expansões e adaptações constantes, implementação de inovações tecnológicas, devem ser requisitos projetuais capazes de absorver mudanças e adaptações de toda ordem, sem, contudo, resultar em grandes impactos para o usuário e/ou comprometer o desempenho da edificação BAGATELLI (2002).

Em linhas gerais tem-se que a fase projetual deve compreender logo na etapa inicial estudos que avaliem o desenvolvimento do empreendimento e a viabilidade da sua execução, sendo esse o momento necessário para as análises e implementações necessárias. Essa fase compreende diversos aspectos irão balizar projetos e demais etapas.

O conjunto de normas da ABNT NBR 15575:2013 estabelece importantes premissas, requisitos e critérios relacionados aos principais elementos da edificação (estrutura, vedações, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, pisos, fachada e cobertura), e normatizam no Brasil conceitos de vida útil, desempenho, durabilidade, manutenibilidade, entre outros, que são de extrema relevância para os diversos intervenientes da construção civil, além de constituir fonte referencial para pesquisas acadêmicas que correlacionem esses conceitos.

As normas ISO 15686-1:2011, 15686-2:2012 e 15686-3:2002 se destacam mundialmente por fornecerem diretrizes que se aplicam no planejamento da vida útil das edificações, na análise do desempenho técnico e funcional dos subsistemas e favorecem a gestão da vida útil pela abordagem de procedimentos de controle de performance. Subsidiaram, a partir desses princípios, importantes estudos relacionados à vida útil das edificações, a citar: Gaspar(2009); Flores-Colen(2009); Flores-Colen e Brito(2010), além de importantes estudos no âmbito da compreensão da degradação das fachadas, destacando Silva(2014) e Souza(2016).

2.2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS FACHADAS

2.2.1. Vida útil, durabilidade e manutenibilidade

A vida útil é definida pela ABNT NBR 15575-1:2013 e pela ISO 15656-1:2011 como período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção. Enfatizando que as características dos materiais e da qualidade da construção como um todo, correto uso e operação da edificação e de suas partes, as ações de manutenção, interferem diretamente na vida útil.

A figura 2.1 apresenta a relação que se estabelece a partir de ações de manutenção que visam prolongar o desempenho e vida útil dos edifícios. A ABNT NBR 15575-1:2013 enfatiza a importância da realização integral das manutenções pelo usuário, sem as quais a vida útil do sistema estará fortemente comprometida. As ações de manutenção alertam inclusive quanto ao uso inadequado que poderá implicar no surgimento de patologias.

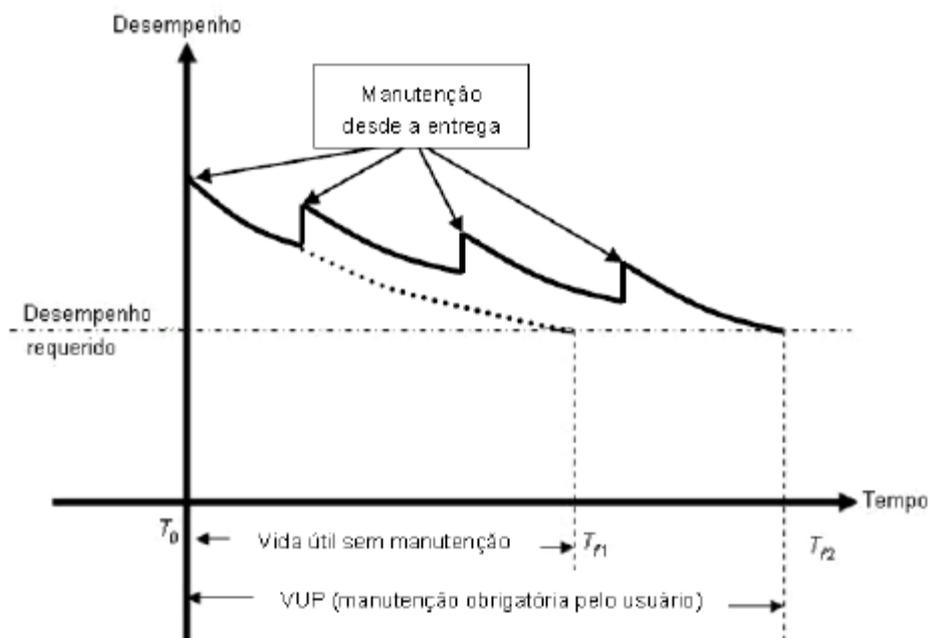


Figura 2.1 - Desempenho ao longo do tempo de um elemento ou sistema (ABNT NBR 15575-1, 2013).

A durabilidade dos edifícios e de seus sistemas se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhes foram atribuídas, quer seja pela degradação contínua, ou por obsolescência funcional. A ABNT NBR 15575-4:2013 associa durabilidade a vida útil do edifício, ou seja, a medida temporal prevista, em função de condições adequadas de uso e manutenção.

O exigência de manutenibilidade estabelecida pela ABNT NBR 15575-4:2013 tem como objetivo conservar a capacidade funcional durante a vida útil de projeto, desde que submetidos às intervenções periódicas de manutenção especificadas pelos respectivos fornecedores. Acrescentando como critérios para atendimento aos requisitos que manutenções preventivas e, sempre que necessário, manutenções com caráter corretivo devem ser previstas e realizadas.

Os critérios de durabilidade, segundo a ABNT NBR 15575-1: 2013 podem ser avaliados observando o cumprimento das exigências estabelecidas em Normas Brasileiras relacionadas à durabilidade dos sistemas do edifício, pela comprovação da durabilidade dos elementos e componentes dos sistemas, bem como de sua correta utilização. Quando não houver Norma Brasileira correlata o critério poderá ser verificado pelo cumprimento das exigências estabelecidas em Normas estrangeiras específicas. Destaca ainda a análise de campo do sistema por meio de inspeção em protótipos e edificações e dos resultados obtidos em estações de ensaios de durabilidade do sistema.

2.2.2. Resistência mecânica e estabilidade

Os requisitos descritos pela ABNT NBR 15575-2:2013 no que se refere à segurança estrutural e os quais a edificação deve atender ao longo da vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento e outros), referem-se em geral a não provocar sensação de insegurança ao usuário, nem tão pouco repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais.

Consoli (2006) considera que o planejamento da fachada no projeto arquitetônico, tanto das paredes quanto das aberturas, é fundamental para os resultados de conforto ambiental, de manutenção da edificação no decorrer dos anos e de salubridade do espaço interno. Neste sentido, os revestimentos de fachadas devem atender aos requisitos de desempenho referentes à:

- Capacidade de absorver deformações – movimento térmico, higroscópico e diferencial entre componentes;
- Aderência à base – capacidade de absorver deformações da base;
- Resistência ao impacto e desgaste superficial;
- Baixa permeabilidade ou impermeabilidade à água;
- Permeabilidade ao vapor de água;

Cabe salientar a importância da escolha do revestimento a ser empregado na fachada e os aspectos que devem ser observados para que sua funcionalidade e desempenho contribuam com a durabilidade das fachadas.

2.2.3. Estanqueidade

A norma estabelece parâmetros que devem considerar a estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, de modo que as paredes permaneçam estanques, sem infiltrações que proporcionem borrifamento ou escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna, limitando o percentual máximo de área manchada de umidade na face oposta à incidência da água.

Silva (2003) discorre que inúmeros são os problemas associados à presença da água nas construções, proveniente de várias fontes: águas de chuva que se infiltram por meio dos componentes de vedação ou das interfaces com a estrutura, vazamentos em tubulações ou conexões dos sistemas de instalações hidrossanitárias, águas de lavagem e de serviços de manutenção, águas do solo que, por capilaridade, ascendem pelos componentes construtivos e a água remanescente das próprias atividades de execução do edifício, que tende a diminuir com o tempo, tanto mais rápido quanto melhores forem as condições de ventilação dos ambientes.

Os efeitos da ação da água, quando não controlados, irão sempre representar um certo grau de comprometimento da estabilidade estrutural ou das condições de habitabilidade do edifício, podendo-se destacar:

- Efeitos decorrentes da variação dimensional dos materiais e componentes construtivos pela variação de seu conteúdo de umidade, podendo originar fissuras ou frestas pelas quais a água se infiltrará;
- Proliferação de microorganismos, surgimento de manchas e eflorescências;
- Aumento na capacidade de transmissão de calor e ou redução da resistência de componentes;
- Deterioração de revestimentos ou de outros componentes porosos;
- Descolamentos de placas cerâmicas;
- Corrosão de metais;
- Condensação sobre as superfícies;
- Desencadeamento de processos químicos, etc.

2.3. DETALHES ARQUITETÔNICOS DE PROTEÇÃO DA FACHADA

Souza *et al.*, (2004) destacam que além dos aspectos econômicos e estéticos, a solução a ser adotada na concepção arquitetônica das fachadas prediais deve considerar uma série de outros fatores que influenciam o seu desempenho a curto e a longo prazo. A figura 2.2, relaciona características e condições que devem ser observados nos projetos de fachadas.

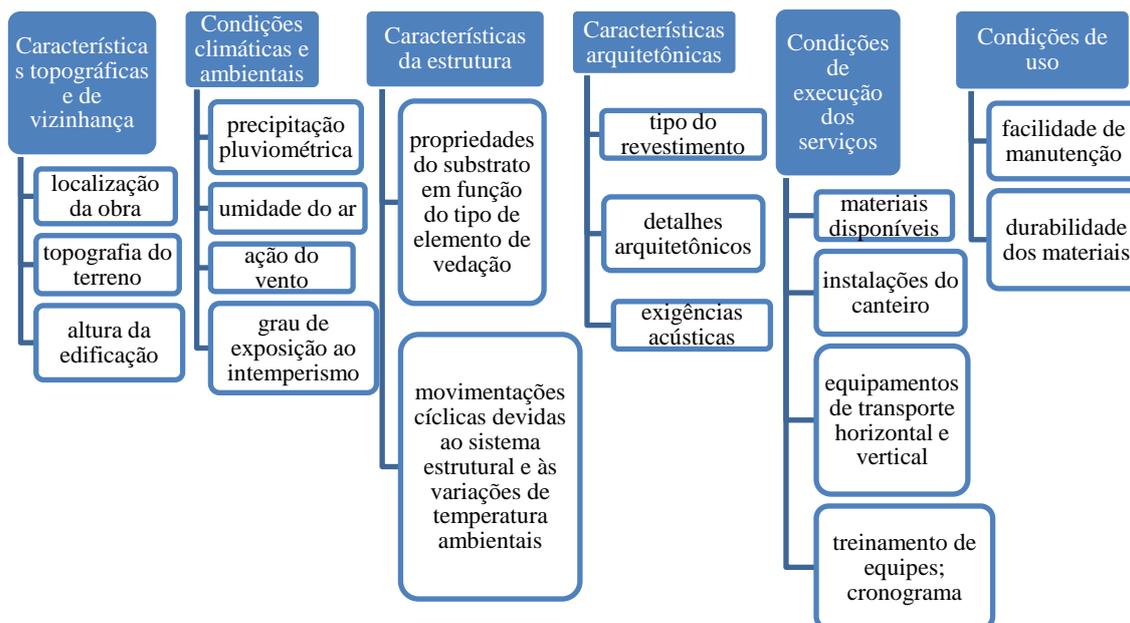


Figura 2.2 – Aspectos a serem observados para concepção de projeto de fachadas. Adaptado de Souza *et al* (2004).

O manual de revestimento de fachada (2006) elenca algumas características que são extremamente importantes para o desenvolvimento do projeto de revestimento, pelo qual destacam-se:

- Dimensões das paredes e localização e dimensões dos vãos de janelas e instalações especiais;
- Caracterização dos revestimentos especificados;
- Detalhes construtivos de fixação das esquadrias, peças suspensas, frisos, peitoris.
- Existência de fachada cega (sem aberturas);
- Formato da fachada (cantos retos ou arredondados), etc.

Dependendo de cada uma dessas características, consegue-se reduzir ou aumentar a quantidade de juntas numa fachada devido ao grau de deformação da edificação, o que torna evidente a importância de executar um projeto de arquitetura considerando essas interferências.

A prescrição de fachadas com revestimentos pouco porosos ou ainda utilização de barreiras contra a penetração de água, como pingadeiras, molduras, cimalhas, peitoris e frisos, podem minimizar os processos de deterioração das fachadas, favorecendo sua estanqueidade (SILVA, 2014).

Os detalhes arquitetônicos devem ser executados de forma criteriosa de modo a não se tornarem pontos frágeis nas fachadas e cumprirem sua função de elevar o desempenho do revestimento, devendo haver em projeto detalhamentos de: platibanda, coberturas planas, lajes impermeabilizadas, telhados de coberturas inclinadas, cimalhas no topo de paredes, saliências no corpo das fachadas, que conforme estudos de chegam a reduzir em 50% o volume de água sobre as fachadas, assim como a presença de pingadeiras no prolongamento do caixilho das janelas MACIEL e MELHADO (1999), ROMERO e SIMÕES (1995).

a) Testeiras e/ou platibandas

As testeiras ou platibandas são utilizadas em sua grande maioria para esconder o telhado ou rematar o topo das edificações. Os remates das platibandas, ou seja das partes mais expostas, devem ser concebidas de modo a proteger as superfícies expostas a ação da água.

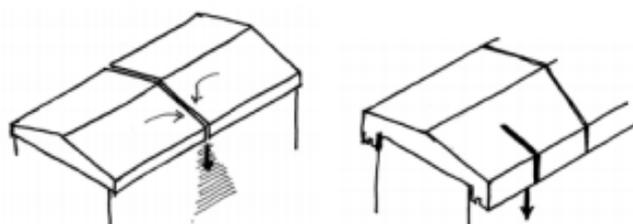


Figura 2.3 – Remate da platibanda (FLORES-COLEN; BRITO, 2003).

b) Rufos ou cimalthas

A presença de rufos também conhecida por cimalthas para alguns autores são construídos por materiais impermeáveis peças de rochas ou metálicas com a função de proteger as partes planas da parede, muros e lajes contra a infiltração das águas provenientes da atmosfera e do uso pela ação de limpeza das fachadas, devem ter projeções tanto para o interior quanto para o exterior de modo a reduzir a área da fachada a ser atingida pela lâmina de água.

A presença de cimalthas, com pequenas projeções, tanto para o interior como para o exterior, podem reduzir a área da fachada atingida pela lâmina d'água, tal como exemplifica a figura 2.4.

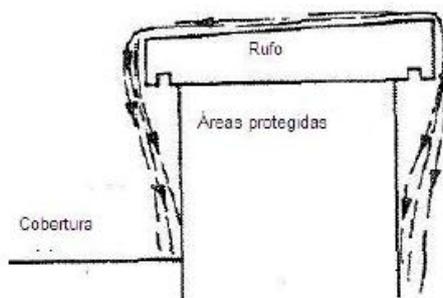


Figura 2.4 – Detalhe de rufo. (CONSOLI, 2006)

c) Saliências ou projeções nas superfícies

As saliências correspondem a projeções na fachada que têm a finalidade de dissipar o fluxo de água incidente evitando assim caminhos preferenciais e devem ser compostas de material com controle de absorção de água. Esse modelo construtivo favorece o descolamento da lâmina de água da superfície, cujo fluxo está relacionado ao surgimento de anomalias.

A figura 2.5 demonstra o deslocamento do fluxo de água que escorre na fachada pela execução de projeções ou saliências.

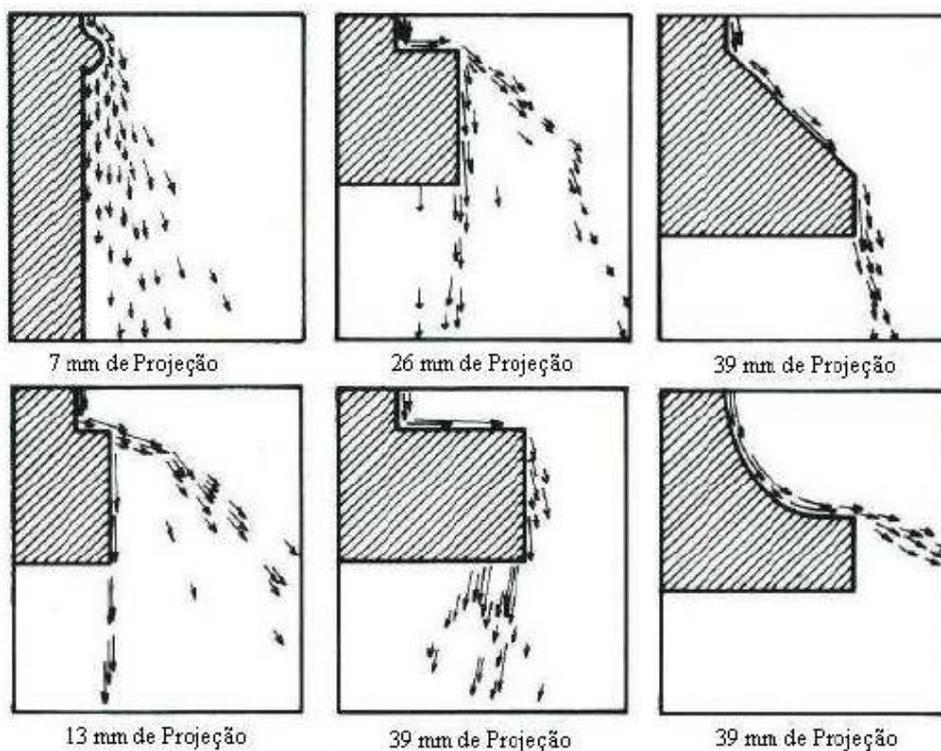


Figura 2.5 – Ilustração do deslocamento do fluxo da água por meio de projeções ou saliências da fachada. (Perez, 1988)

d) Peitoril e pingadeiras

A ABNT NBR 10821-1:2017 define pingadeira com peça horizontal cuja superfície superior apresenta uma inclinação adequada, saindo do plano da janela, tendo por finalidade minimizar a infiltração de água por meio dos encontros horizontais janela/vão.

As pingadeiras têm seu desempenho elevado quando prolongadas em relação à largura efetiva do caixilho, cuidado que evita a concentração de água nas laterais do peitoril. Consoli, (2006) acrescenta que se não houver nenhum tipo de pingadeira ou coletor de água, as águas provenientes das chuvas podem escorrer pela superfície das paredes, percorrendo toda a altura do edifício, depositando sujeira e manchando a superfície na direção em que a água escorre. Destaca-se que o posicionamento e geometria das pingadeiras e peitoris devem ser analisados em função do posicionamento das esquadrias.

Observa-se na figura 2.6 a quebra do fluxo de água evitando assim o escoamento pelo material de revestimento da fachada.

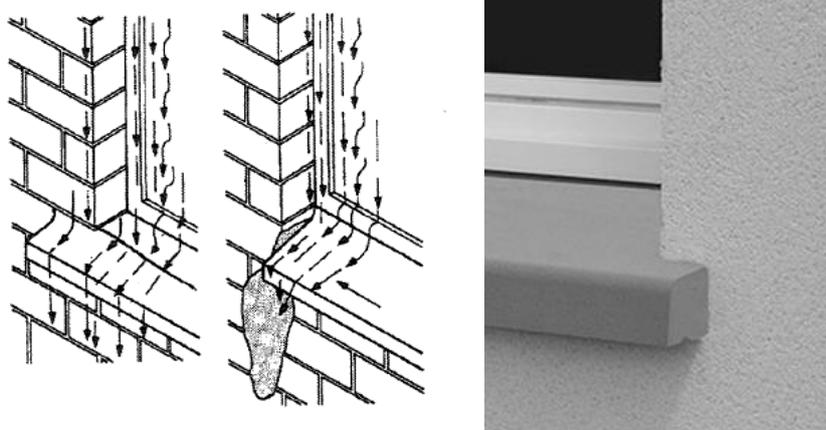


Figura 2.6 – Detalhe do peitoril e pingadeira. (CONSOLI, 2006)

Importante destacar que assim como as saliências ou projeções, pingadeiras e peitoris, podem acumular sujidades e causar manchamentos no revestimento, daí a necessidade de observância aos caimentos mínimos e tipologia dos materiais, que devem ser de baixa rugosidade e permeabilidade.

2.4. INFLUÊNCIAS DO DESEMPENHO DA ALVENARIA COMO SUPORTE

Diversos fatores intervêm na resistência final de uma parede a esforços axiais de compressão e estão relacionados às propriedades físicas e mecânicas dos componentes de alvenaria e da argamassa de assentamento (THOMAZ; HELENE 2000). No que diz respeito ao procedimento de produção da alvenaria Silva e Sabbatini (2007) acrescentam a importância das definições para a execução de juntas, tratamentos de interfaces, vergas e contravergas, conformação de vãos de portas e janelas, entre outros detalhes. Esse conjunto de informações deve estar claramente definido no projeto de alvenaria.

As movimentações higrotérmicas da parede e da estrutura, as acomodações do solo e as deflexões dos componentes estruturais introduzirão tensões nas paredes de fechamento que, em função da natureza do seu material constituinte e da própria intensidade da movimentação, poderão ser absorvidas.

Sempre que houver incompatibilidade entre as deformações impostas e as admitidas pela parede, cuidados devem ser tomados no sentido de evitar-se a fissuração da parede ou o seu destacamento do componente estrutural, principalmente no caso de fachadas onde, por meio da fissura ou do destacamento, ocorrerá a penetração de água para o interior do edifício. Segundo Thomaz (1989) a ligação alvenaria-pilar está intimamente ligada à deformabilidade dos elementos de suporte (viga e pilares) e, portanto as deformações máximas desses elementos devem ser respeitadas.

Silva (2003) destaca que a fixação lateral das alvenarias aos pilares é feita, na maioria dos casos, apenas por aderência de argamassa, com a junta preenchida. Entretanto, em alguns casos específicos, é recomendado o emprego de reforços metálicos para a fixação das alvenarias aos pilares, notadamente em situações que possam gerar esforços intensos na interface pilar-alvenaria. As telas metálicas eletrosoldadas de arame galvanizado podem ser empregadas para prevenir fissuras de interface entre alvenaria e pilar.



Figura 2.7 - Execução de alvenaria com reforço de tela metálica na interface alvenaria-pilar. (SILVA, 2003)

a) Interface estrutura-alvenaria

A interação entre os elementos estruturais e a alvenaria possui grande relevância, principalmente pela questão da grande deformabilidade e flexibilidade das estruturas, o que requer adequada compatibilização entre ambos de modo a garantir bons desempenhos de estabilidade e resistência estrutural, estanqueidade e durabilidade às fachadas dos edifícios (SAHB, 2005).

b) Interface alvenaria-esquadria

A interface alvenaria-esquadria exige o detalhamento das condições de incorporação dos componentes de fechamento das aberturas, dos componentes de proteção destas aberturas, eventualmente existentes tais como peitoris, pingadeiras superiores ou proteções laterais, além dos componentes destinados a absorver e distribuir tensões concentradas nos vértices das aberturas, denominados vergas e contravergas.

2.5. ELEMENTOS ESTRUTURAIS

A tecnologia dos materiais de construção, das técnicas de projeto e execução de edifícios evoluiu no sentido de torná-los cada vez mais leves, com componentes estruturais mais esbeltos, menos contraventados (THOMAZ, 1989). A velocidade das obras em detrimento do baixo controle de execução, ou negligência às normas técnicas, certamente se tornaram pontos frágeis da indústria da construção civil brasileira. A conjuntura apontada e associada a diversos outros fatores implica em um grande ônus a economia, dado o reflexo em manutenções precoces e dispendiosas.

Os mecanismos de formação de anomalias, tais como fissuras por exemplos, são relacionados a fenômenos de naturezas distintas, oriundas por vezes da própria concepção construtiva do sistema, de natureza externa, ou ainda de falhas associadas a uso e manutenção inadequada.

A deformabilidade das estruturas é um aspecto que está diretamente relacionado com a formação de fissuras. Essa variação dimensional, seja por dilatação ou contração, repercute nos materiais, pois são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, favorecendo o surgimento de tensões que poderão ocasionar fissuras. A capacidade de suportar tensões dessa natureza está relacionada à natureza do material, suas propriedades físicas e a intensidade de variação de temperatura (THOMAZ, 1989).

2.6. ESPECIFICIDADES DA FACHADA

O sistema construtivo selecionado para o revestimento da envoltória é definido à luz de critérios que vão desde o custo que pode ser empregado nessa etapa da obra, valorização estética, durabilidade do sistema, segurança, custo de manutenção, além de tendências arquitetônicas regionais. Ao se definir, por exemplo, um sistema de fachada ventilada, certamente o custo de execução não é preponderante na escolha e sim a durabilidade, desempenho térmico e acústico, entre outros, quando comparado, por exemplo, com sistema de pintura.

Consideração semelhante, referente à seleção dos materiais, se dá para o sistema em revestimento cerâmico, onde se tem a classificação das placas cerâmicas em função da capacidade de absorção de água, por essa característica ter relação direta com outras propriedades da placa cerâmica, como por exemplo, resistência mecânica.

Nesse contexto, os aspectos a serem evidenciados são as interfaces entre os elementos distintos, os elementos em concreto mais predispostos à deformação pela condição do esforço solicitante, como lajes em balanço com carregamento de borda, no qual podem ser observadas deformações excessivas causando anomalias graves no sistema de revestimento.

Os elementos arquitetônicos que compõem a fachada tais como peitoris, pingadeiras, proteção de platibandas (coroamento), saliências no corpo da fachada, visam elevar o desempenho dos materiais de revestimento e servem como proteção da fachada à ação de intempéries. A importância de detalhamento construtivo eficiente e criterioso torna-se necessário e tais condições serão relevantes no processo de formação de anomalias.

Com base no exposto, discorre-se acerca da importância dos aspectos para composição da nota técnica e que, com base no estudo apresentado da revisão da literatura, possuem relevância na análise e monitoramento.

a) Paredes de vedação contínuas

As paredes de vedação, construídas de modo confinado entre os elementos da estrutura, acabam sendo carregadas pelas ações oriundas dos deslocamentos destes elementos. Esta situação mostra-se ainda mais crítica quando os prazos e sequências de construção não são observados de modo a minimizar esta transferência de carregamento (MEDEIROS; SABBATINI, 1999; SILVA 2003).

Os efeitos danosos da deformação da alvenaria traduzem-se, normalmente, no aparecimento de fissuras, especialmente em paredes muito extensas ou rigidamente fixadas à estrutura. Dessa forma, a geometria da parede e sua forma de ligação à estrutura, definidas no projeto, devem se adequar às características de deformabilidade da alvenaria, de modo a permitir os movimentos, sem prejuízos ao conjunto (SILVA, 2003).

O comprimento máximo recomendado para paredes contínuas de alvenaria deve ser limitado por meio da inserção de juntas de controle, limitando-se as dimensões pano/trecho da parede de alvenaria a fim de que não ocorram elevadas concentrações de tensões em função das deformações a ele impostas. Ou seja, as juntas devem possibilitar os movimentos relativos entre trechos de alvenaria, absorvendo seus efeitos, sendo essas comumente tratadas com materiais de elevada capacidade de absorver deformações.

Sahb (2005), em estudo relacionado à interface alvenaria-estrutura, considera que grandes paredes de alvenaria quase sempre estão associadas a grandes vãos estruturais, submetendo-se a deformações impostas pelos componentes da estrutura e que, tendo essas paredes baixa resistência e oferecendo pouca rigidez, propiciam o surgimento de fissuras. Tal afirmação é respaldada nos resultados do referido estudo onde observa-se que 90% dos edifícios, com alvenarias externas com comprimento em 510cm e 1085cm, encontraram-se em situação bem crítica e propícia ao surgimento de anomalias.

b) Balanços/Marquises/Grandes vãos estruturais

Os balanços caracterizam-se estruturalmente como elementos estruturais engastados ao plano da fachada, podendo ser apoiados por vigas, ou não. Em geral o esquema estrutural das marquises e balanços pode ser dividido em longitudinal, com lajes vinculadas e vigas contínuas de bordo e de torção e, em transversal, com lajes e vigas vinculadas a vigas em balanços ou engastadas e apoiadas em tirantes. Devido, ao esquema estrutural principal, geralmente nas suas direções transversais, as marquises apresentam pouca vinculação ao restante da estrutura. A perda da vinculação pode ser condição suficiente para sua instabilidade (MATOS, 2008).

Pequenos balanços, com dimensões de até 1,80m, requerem dimensionamento estrutural simples, já que o problema principal é verificar a flecha na extremidade (BASTOS, 2006). O presente estudo não pretende discutir o grau de dificuldade de dimensionamentos de lajes em balanço, mas destacar a importância na variação das dimensões, no aspecto estrutural da edificação, correlacionando-o a sensibilidade da fachada.

Medeiros e Sabbatini (1999) apontam como causa de descolamentos cerâmicos regiões de deslocamento estrutural mais intenso (como os balanços) e nas fachadas mais solicitadas por insolação. Thomaz e Helene (2000) destacam que as flechas desenvolvidas nas extremidades dos balanços poderão afetar as paredes, onde deve ser previsto para execução das alvenarias inserção de juntas de controle.

Silva (2014) ao analisar edifícios residenciais de Brasília considera que, as tipologias caracterizadas como balanços, apresentam esforços mecânicos que desencadeiam nas fachadas elevados estados de deformações e conseqüente surgimento de patologias como fissuras e descolamento cerâmico.

Grandes vãos de elementos estruturais, embora associados a tecnologias de modelagem mais precisas e a concretos de melhor desempenho, impõem sobre as vedações verticais deformações muitas vezes incompatíveis com a capacidade de resisti-las, favorecendo o processo de formação de anomalias. Aliada a essa disposição, tem-se a rigidez dos materiais de revestimento, como placas cerâmicas, que necessitam de dimensionamento adequado de juntas para absorver as tensões impostas (SABATTINI 1998 apud RIBEIRO 2006). De modo que observa-se que as mudanças ocorridas nas tipologias construtivas não foram acompanhadas no ao mesmo ritmo pelos revestimentos utilizados nas fachadas.

c) Aberturas

A região das aberturas são sensíveis ao surgimento de fissuras que podem ser desencadeadas pela acentuada concentração de tensões, junto aos vértices das janelas e portas, principalmente pela ausência ou ineficiência de vergas e/ou contra-vergas ausência de juntas de dessolidarização, impactos mecânicos no encontro entre as esquadrias e o revestimento cerâmico e ainda de falhas no procedimento executivo (ANTUNES, 2010; SOUZA, 2016).

Para Thomaz (1989), as alvenarias devem ser projetadas de modo a neutralizar as zonas de concentração de tensão geradas principalmente entorno dos vãos das esquadrias, tais esforços são demonstrados na figura 2.8, os quais causam cisalhamento que serão responsáveis por diversas fissuras, em especial as configuradas com a forma de linha a 45° a partir dos cantos dos vãos.

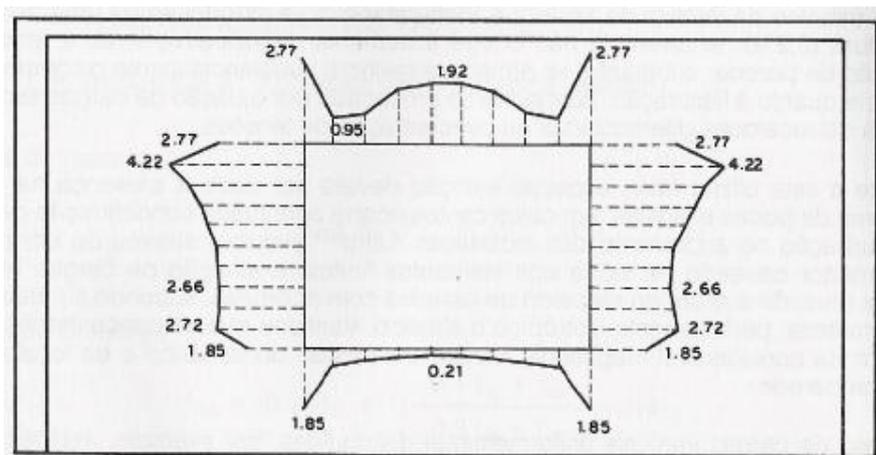


Figura 2.8 - Tensões no contorno da abertura na parede
(THOMAZ, 1989).

Santos (2017) acrescenta que a fissuração nas regiões adjacentes às aberturas é resultante de deformações, deslocamentos ou expansões provenientes dos diversos fatores intrínsecos e extrínsecos à fachada. A autora destaca que as aberturas consistem em pontos mais vulneráveis à fissuração, pois propiciam o aparecimento de regiões naturalmente enfraquecidas ao nível do peitoril e dos vértices do caixilho, onde ocorre maior concentração de tensões devido à perturbação no andamento das isostáticas de compressão.

Fatores como dimensões do pano/trecho de alvenaria, dimensões da abertura, posição que a abertura ocupa no pano/trecho, anisotropia dos materiais que constituem a alvenaria, dimensões e rigidez de vergas e contravergas, e outros elementos são intervenientes no processo.



Figura 2.9 – Exemplos de fissuração na região das aberturas (SANTOS, 2017).

d) Volumetria

A volumetria da edificação é definida pela forma arquitetônica do edifício, sendo bem marcada pela presença de avanços e recuos (POYASTRO, 2011). Ao se observar fachadas mais lisas ou angulosidade reta, ou seja, sem recortes proeminentes, observados pela presença de mais cantos e extremidades, avanços de grandes varandas com lajes em balanço, percebe-se uma diferenciação no volume dessa fachada.

A volumetria constitui característica importante, que associada à descontinuidade dos panos de fachadas, tipologias construtivas, favorece o comportamento patológico do edifício tal como foi estudado por Antunes (2010), Silva (2014), Souza (2016).

e) Juntas no revestimento cerâmico

A NBR ABNT 13755:1996 apresenta a classificação e os requisitos para execução de juntas no revestimento cerâmico, sendo distinguidas por: juntas de assentamento, juntas de movimentação e dessolidarização e juntas estruturais.

As juntas de assentamento visam compensar a variação da bitola das placas cerâmicas, atender estética, favorecer a acomodação às movimentações da base e da placa cerâmica, facilitar o preenchimento garantindo completa vedação da junta, facilitar a troca de placas; As juntas de movimentação e dessolidarização são recomendadas em função da altura e largura dos panos revestidos, nas mudanças do plano de revestimento e nas mudanças de materiais que compõem a estrutura-suporte de concreto para alvenaria.

As falhas que ocorrem nas juntas de assentamento (rejunte) se dão normalmente pela falta de aderência mecânica e/ou química que devem ser estabelecidas entre os materiais do sistema. Essa falta de aderência abre precedentes para o ingresso de agentes nocivos, pelo surgimento de fissuras. Outro fator preponderante é o comportamento cíclico de expansão e retração dos materiais, que se não suportado pelo rejunte, acarretará no surgimento de fissuras. As fissuras representam abertura para penetração de água e contribuem significativamente para o manchamento e deslocamento do revestimento (JUNGINGER, 2003).

Silvestre (2005) refere-se à importância do preenchimento das juntas destacando que grande parte das anomalias verificadas em revestimentos cerâmicos exteriores se deve à definição incorreta ou omissa dos tipos, dimensões e materiais de preenchimento dessas, no respectivo projeto de execução, salientando por meio de outros estudos (SHOET, 2003) a indicação de vida útil de 3 a 4 vezes menor que o esperado do revestimento cerâmico exterior, por erros de projeto e/ou execução que levaram à falta ou insuficiência das juntas.

Outro aspecto importante a ser observado como mecanismos de formação das anomalias nas juntas de assentamento são os acabamentos das aberturas, que quando observa-se execução ou dimensionamento inadequado dos materiais de assentamento que, associados à ação de intempéries, influenciam em um processo degradativo acelerado.

Ressalta-se que os aspectos construtivos destacados nesse capítulo corroboram com a metodologia a ser estabelecida para a construção da nota técnica e, portanto, conforme será apresentado no capítulo 3.

2.7. REVESTIMENTO CERÂMICO EM FACHADAS

O sistema de revestimento cerâmico ocupa posição de destaque no segmento de revestimento de fachadas, pois suas características e vantagens estão associadas à maior durabilidade, resistência química, facilidade de limpeza e valorização estética e podem ser aplicados mesmo em zonas de agressividade climática constante. (SILVESTRE, 2005). Entretanto um aspecto importante apontado como desvantagem desse tipo de revestimento é a redução do tempo de vida útil quando ocorre uma anomalia.

Por definição Revestimento Cerâmico de Fachada de Edifícios (RCF) é o conjunto monolítico de camadas (inclusive o emboço de substrato) 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 (MEDEIROS & SABBATINI, 1999). Sua função compreende proteção contra a ação de agentes externos, regularização de superfícies, acabamento final das vedações e valorização estética.

Há uma alta sensibilidade à qualidade de execução e à compatibilidade entre materiais utilizados e durabilidade fortemente dependente da concepção e manutenção de juntas. A ineficiência desse modelo de revestimento está muitas vezes associada a falhas de projetos e baixo controle de execução.

2.8. DEGRADAÇÃO DAS FACHADAS

As edificações sofrem alterações e mudanças ao longo do tempo, devido às necessidades e expectativas dos usuários, modificando ou restaurando o uso dos ambientes, ou simplesmente pelo envelhecimento natural da edificação. (ABNT NBR 15575-4). O estudo da degradação contribui para a compreensão dos diversos fatores que interagem e desencadeiam esse processo, interferindo assim na vida útil do sistema, correspondendo a uma etapa significativa na melhoria do processo construtivo (BORDALO, *et al*, 2010) .

O processo de degradação das fachadas ocorre em função da atuação de diversos fatores, atuando isoladamente ou sinergicamente resultarão na perda de desempenho dos componentes e sistemas. A compreensão da origem e natureza dos agentes permite avaliar a complexidade do processo de degradação, identificando problemas que podem ser sanados ainda na fase de concepção, ou que podem ser evidenciados para favorecer o planejamento da manutenção e intervenções necessárias.

De acordo com a norma ISO 15686-1:2011, degradação define-se como sendo as mudanças na composição, microestruturas e propriedades de um componente ou material, provocando uma redução do seu desempenho ao longo do tempo (MORGADO, 2012).

Em geral, observa-se a atuação conjunta de vários agentes de degradação que produzem ciclos sucessivos de causa-efeito, dificultando a identificação dos mecanismos de degradação atuantes (reações químicas, mecânicas ou físicas que afetam as propriedades críticas dos elementos do edifício). Assim, a degradação pode ser expressa em termos de uma função de ação-reação, em que a degradação do material é função dos agentes ambientais (por exemplo, perda do material) ou uma função de degradação (que tem em conta as anomalias) (FLORES-COLEN, 2009).

Para determinar a degradação faz-se necessário conhecer com rigor os mecanismos, ou seja, a sequência de alterações prejudiciais ao elemento avaliado. A exposição do elemento aos fatores de degradação (exposição ambiental e biológica, erros de concepção, erros de utilização, manutenção inadequada, entre outros), favorecem o surgimento de uma sequência de alterações nas características químicas, físicas ou mecânicas do elemento (SILVA, 2014).

Cabe ressaltar que condições peculiares da edificação, como por exemplo: geometria e orientação das fachadas, condições climáticas (exposição à chuva dirigida) irão influenciar consideravelmente na análise de tais mecanismos, uma vez que o processo degradativo resulta de interações acumulativas de tais parâmetros.

2.8.1. Curva de degradação para fachadas de Brasília

A perda de capacidade funcional de fachadas pode ser demonstrada por meio de representação gráfica por intermédio das curvas de degradação. (GASPAR, 2009). Essas curvas de degradação podem apresentar diferentes configurações em função dos mecanismos de degradação, podendo ser obtidas a partir de uma regressão (tendência) dos quantitativos de degradação, sendo representadas em função de diversos mecanismos de degradação e mostrar que fator é mais representativo no comportamento temporal das degradações.

Estudos demonstraram ser possível estabelecer padrões de degradação por meio de uma curva da degradação do processo de degradação em fachadas, de forma a facilitar a tomada de decisão quanto à necessidade ou não de reparos em fachadas, de maneira a reduzir custos e o consequente impacto ambiental, além de definir critérios importantes na avaliação da vida útil das fachadas (GASPAR & BRITO, 2011; SILVA, 2014).

A degradação é um processo progressivo, onde sem tratamento adequado, a tendência ao longo do tempo é o possível aumento do dano em função da exposição aos agentes agressivos. As curvas de degradação representam a perda da capacidade funcional das fachadas, que se apresentam em função dos diversos mecanismos (SHOHET *et al.*, 1999 *apud* SOUZA, 2016; GASPAR; BRITO, 2008).

As curvas de degradação da figura 2.10 apresentam os resultados do indicador de degradação nomeado FGD obtidos no estudo de Silva (2014). Esse indicador é obtido por um modelo de cálculo de degradação ponderado por pesos referentes aos diferentes tipos de anomalias. Pela figura observa-se a influência da orientação das fachadas na evolução e aceleração da degradação, possível observar maior intensidade de danos para os edifícios com idades superiores a 10 anos e, apontando a fachada oeste como mais crítica.

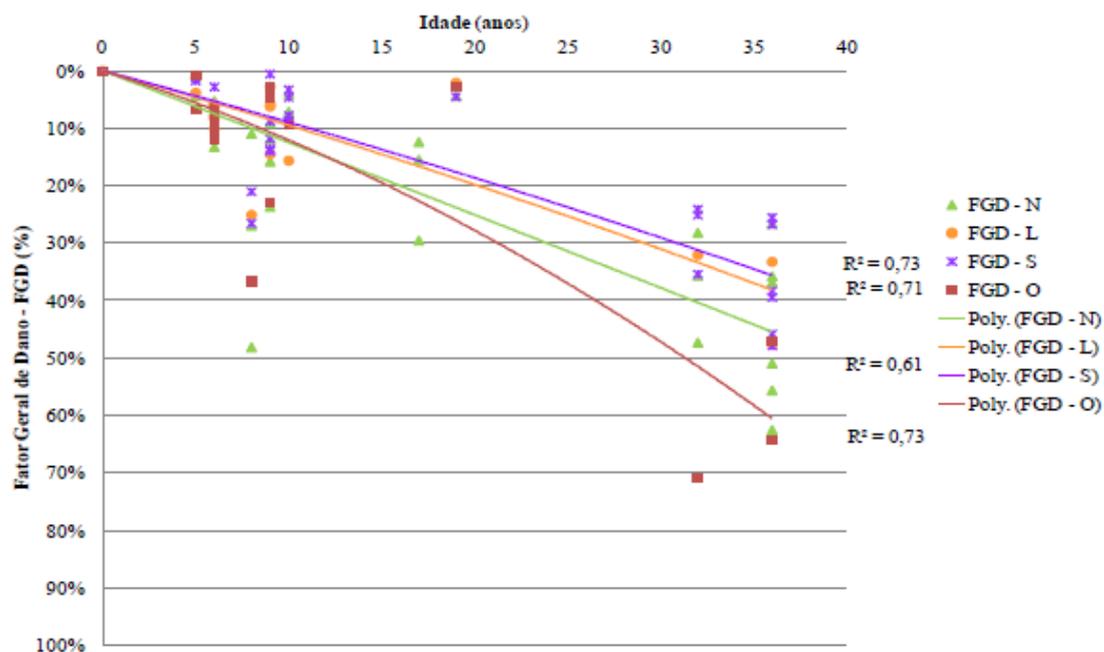


Figura 2.10 – Curva da evolução da degradação em função da orientação para o Fator Geral de Danos (FGD). (SILVA, 2014)

Silva (2014) acrescenta que as análises das curvas de tendência representativas do comportamento da degradação das fachadas permitem interpretar a evolução progressiva de danos e estabelecer relação com a vida útil das fachadas. A figura 2.11 indica que é possível estabelecer um ponto crítico pela interseção da reta correspondente a idade de 20 anos com a curva FGD (curva média representativa das 90 amostras estudadas), obtendo-se um valor de FGD (20anos) igual a 22,06%. Desta forma obtém-se um indicativo para a tomada de decisão quanto à intervenção, ou seja, quando a fachada inspecionada apresentar $FGD > 22,6\%$, estabelece-se uma condição crítica à vida útil das fachadas.

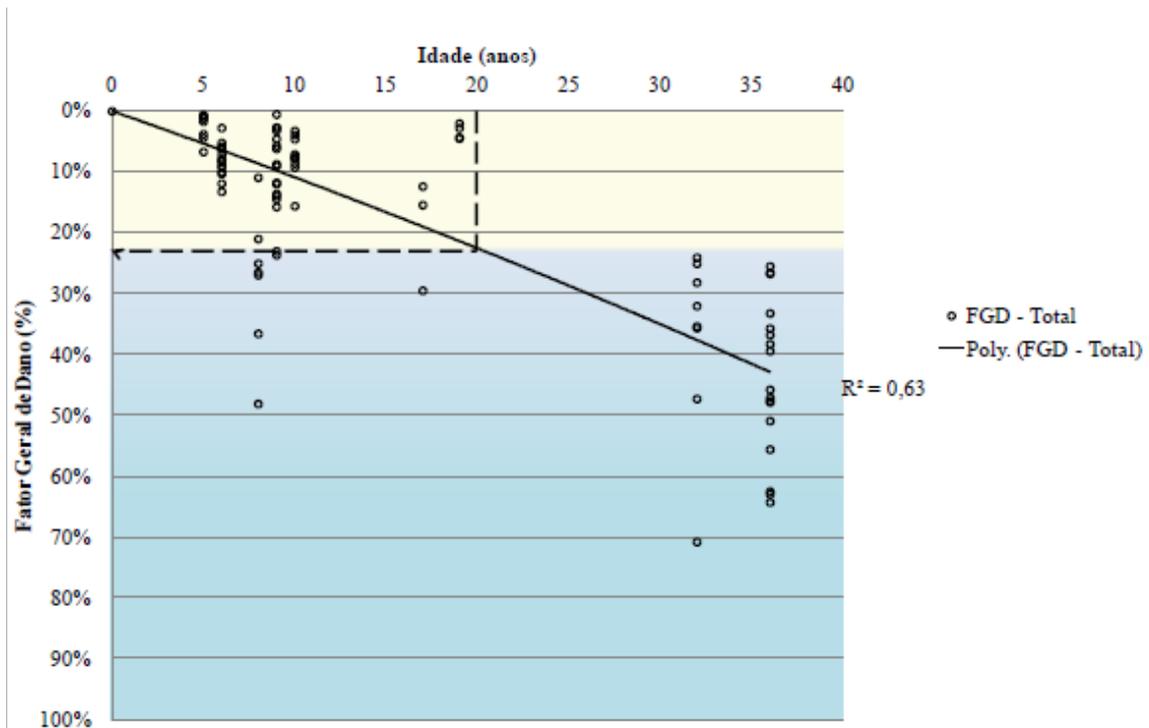


Figura 2.11 – Curva da evolução da degradação para estimativa da vida útil mínima utilizando o Fator Geral de Danos (FGD) (SILVA, 2014).

2.8.2. Agentes e mecanismos de degradação

Os edifícios em serviço encontram-se sujeitos a diversos agentes de degradação, conduzindo a diferentes estados de degradação e, conseqüentemente, a distintas necessidades de manutenção. De uma maneira geral, o processo de degradação caracteriza-se pelas causas (que podem ser o envelhecimento natural ou erros associados às diferentes fases do processo construtivo que originam os defeitos), pelos agentes exteriores de degradação e pelos sintomas deste processo (designados por anomalias), os quais podem progredir até à falha (funcional e/ou física), afetando o desempenho (FLORES-COLEN, 2009).

Os fatores que interferem para o processo de perda de desempenho das edificações estão associados a erros de projeto, execução, materiais, utilização, manutenção e uso. A tabela 2.1 relaciona causas que são apresentadas como erros e falhas que implicam no processo de degradação. A ação de agentes externos poderá atuar e desencadear a perda de desempenho do sistema.

Tabela 2.1 – Possíveis causas associadas à perda de desempenho (LOPES, 2005).

Características	Descrição
Projeto	Erros de cálculo; omissões; erros de concepção geral; erros de pormenorização; inadequadas especificações;
Execução	Não cumprimento do projeto; deficiente mão de obra; deficiente execução dos trabalhos; deficientes interfaces entre elementos construtivos;
Materiais	Materiais inadequados (comportamento em serviço inadequado);
Utilização	Uso indevido por negligência ou falta de informação;
Manutenção	Falta de ações de manutenção; deficientes intervenções pós-ocupação (inadequadas limpezas, reparações e/ou substituições);
Causas externas	Impacto de veículos ou colisões; ambiente corrosivo; excessiva chuva, vento ou neve; excluem-se desastres naturais;
Outras causas	Erros de organização, gestão e planejamento; a velocidade do processo de construção;

Os erros, falhas e omissões apontados na tabela 2.1 estão relacionados a defeitos ou soluções indutoras de patologia – SIP, que podem ocorrer ao longo do ciclo de vida da edificação. Importante ressaltar que os erros podem permanecer latentes até que atuem sobre eles fatores externos, que favorecerão no processo de perda de desempenho, surgimento de anomalias até a falha completa do sistema (LOPES, 2005).

Os agentes de degradação estão relacionados a grupo de fatores externos que afetam adversamente o desempenho dos componentes e materiais do edifício, incluindo aqueles ligados ao clima, biológicos, esforços mecânicos, incompatibilidades e fatores de uso (FLORES-COLEN, 2009; MADUREIRA, 2011).

Os fatores se distinguem pela origem (externos ou internos ao edifício) e pela natureza (mecânica, térmica, física, química, biológica, etc.), conforme demonstrado nas figuras 2.12 e 2.13. Importante salientar que a degradação acelerada pode ocorrer associada a grande sensibilidade do elemento do edifício e/ou a existência de elevada quantidade do agente de degradação. Interessa, por isso, identificar as situações que originam este tipo de degradação para os vários elementos do edifício. Essa análise subsidia o entendimento relacionado a degradações precoces.

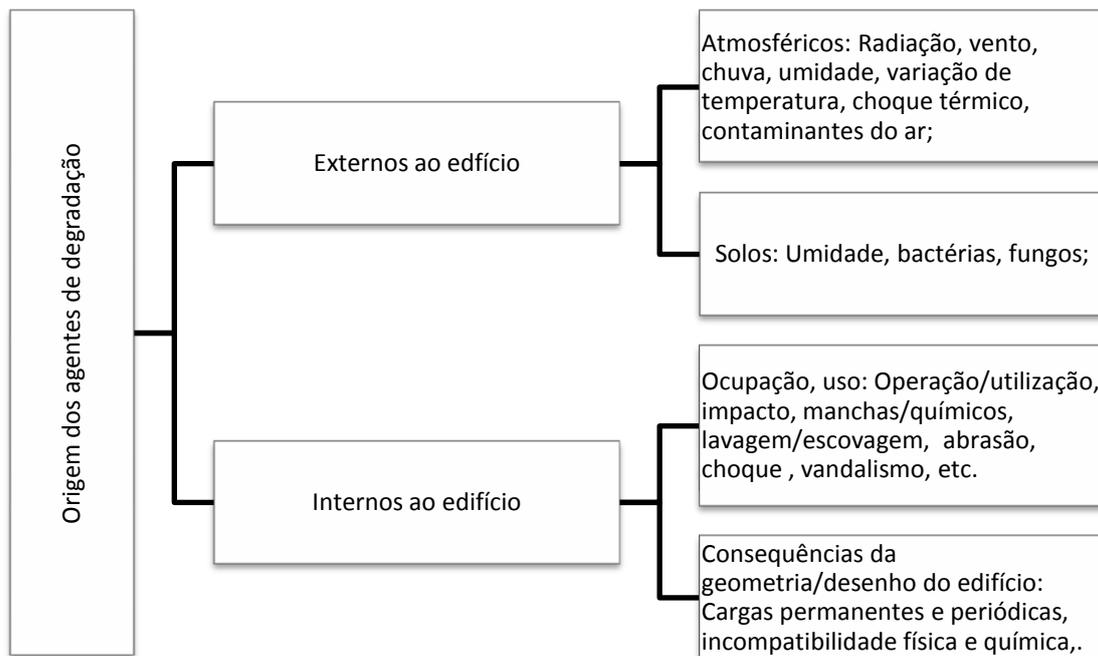


Figura 2.12 - Agentes de degradação em função da origem (Adaptado de Flores-Colen, 2009).

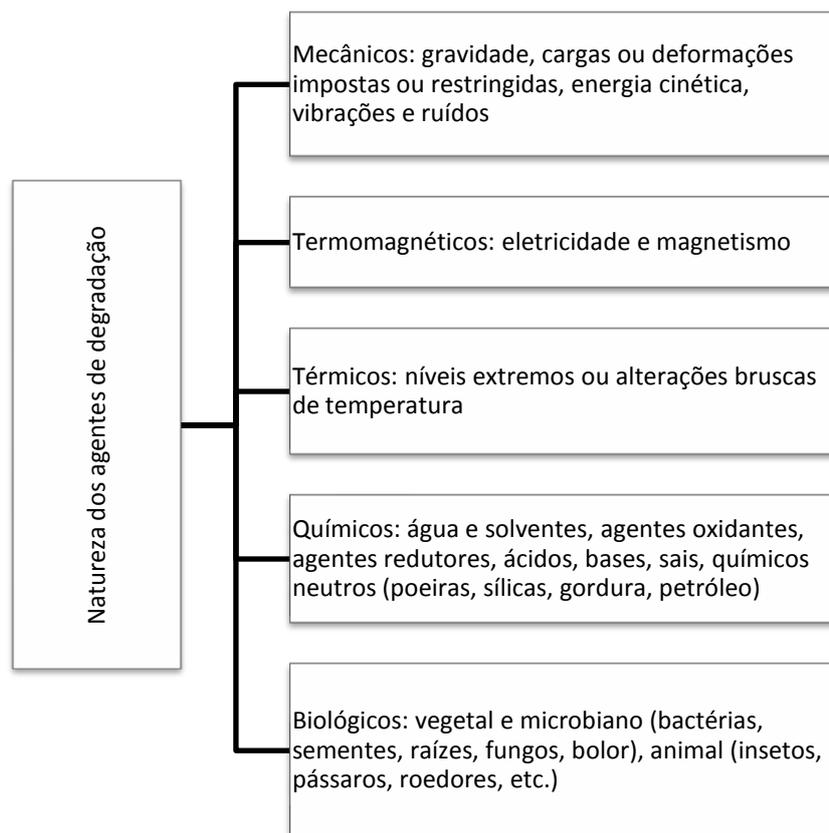


Figura 2.13 - Agentes de degradação em função da natureza (Adaptado de Flores-Colen, 2009).

Assim, a degradação pode ser expressa em termos de uma função de ação-resposta (“dose response function”), em que a degradação do material é função dos agentes ambientais (por exemplo, perda do material) ou uma função de degradação (que tem em conta as manifestações de patologia) (FLORES-COLEN, 2009).

2.8.3. Influência dos agentes climáticos no processo de degradação

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 (ANTUNES, 2010).

A umidade relativa do ar é uma variável climática que exprime a quantidade de vapor de água na atmosfera. (ZANONI, 2015) A água (absorvida em estado líquido ou vapor, em determinados teores) exerce uma grande influência nas propriedades dos materiais da fachada, particularmente quando combinada com valores extremos de temperatura. Os efeitos do vapor de água encontram-se associados à passagem da água ao estado líquido em superfícies frias ou no interior de materiais porosos que têm superfícies mais frias numa outra face (FLORES-COLEN, 2009).

Zanoni (2015) esclarece que a temperatura indica a quantidade de calor existente no ar, resultante dos efeitos da radiação solar sobre as superfícies da terra. A variação de temperatura pode induzir a deformação do edifício, que por sua vez é composto por diferentes materiais, componentes e sistemas que irão se deformar de maneira distinta devido às suas diferentes propriedades. Essa variação de temperatura pode induzir o surgimento de tensões termomecânicas, que podem originar fissuras nos materiais. A incompatibilidade existente entre alvenarias e estruturas de concreto armado é um dos casos onde este fenômeno fica mais evidente (SAHB, 2005).

Um exemplo a destacar da combinação de agentes de degradação oriundos das condições climáticas de exposição é a chuva e vento, que quando incidem sobre a fachada, oferecem condições propícias para desenvolver anomalias. As variações térmicas, oriundas da exposição ao sol, também colaboram com a ocorrência de anomalias, pois provocam elevadas tensões entre as diferentes camadas da fachada (placas cerâmicas, rejunte, argamassa colante, emboço e substrato), assim provocando a falha do sistema (BAUER, *et al*, 2011; NASCIMENTO, 2016; SILVA, 2014).

Segundo Bauer (1987) a incidência da chuva sobre as fachadas de um edifício é influenciada basicamente pela ação do vento e pela natureza da chuva. As gotas de chuva são defletadas de sua trajetória vertical pela ação do vento, de modo a incidir sobre as superfícies verticais. A incidência da chuva sobre a parede é maior ou menor em função das condições de exposição da parede (chuva, vento, orientação) e capacidade de absorção de umidade dos materiais da superfície, que influenciará na formação de um filme, cujo escoamento dependerá da textura da superfície, gravidade e movimentação do ar na parede. A existência de aberturas (porosidade excessiva, fissuras, interfaces ineficientes) irão favorecer a penetração da água.

Exposição aos agentes climáticos se dará em diferentes graus conforme a orientação cardinal. A variação de exposição de um mesmo material ou componente aos agentes climáticos (radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa, vento, chuva dirigida) promovem a degradação do elemento e/ou sistema de fachada (SOUZA, 2016).

O processo de umidificação e secagem pode levar ao aparecimento de anomalias, desta forma, a durabilidade e o desempenho higrotérmico das fachadas são condicionados pela solicitação de umidade, principalmente a proveniente da chuva dirigida. Porém, a orientação solar crítica também influenciará na incidência de radiação solar, logo o efeito da chuva pode ser atenuado pela secagem provocada por este agente. Desta forma, a umidificação depende das condições climáticas da envolvente, orientação e geometria das construções (PETRUCCI, 2000; FREITAS, 2012).

Estudos realizados considerando as orientações cardinais demonstraram que a orientação mais crítica para a região de Brasília/DF é a Norte, seguida pelas orientações Oeste, Leste e Sul (SILVA, 2014, SOUZA, 2016; NASCIMENTO, 2016). Desta forma percebe-se que os materiais presentes na fachada terão comportamentos higrotérmicos distintos dada a influência das condições climáticas incidentes, ressaltando que os agentes climáticos são dependentes na orientação solar no que diz respeito ao comportamento da degradação.

2.8.4. Mensuração da degradação como ferramenta para avaliação da vida útil

Os sistemas sofrem naturalmente o processo de envelhecimento pelo desgaste de seus componentes. Tal processo pode ser acelerado por negligência na escolha dos materiais, falhas na execução, ineficientes ou ausentes cuidados de manutenção, sendo esse último um ponto essencial de influência na vida útil do sistema. Silvestre (2005) associa o envelhecimento natural como causa do processo de formação de anomalias em revestimentos cerâmicos em fachadas, correlacionando-o com a exposição a ações ambientais.

O Fator de Danos Total (FD Total) consiste em um parâmetro inicial do estudo da degradação, sendo uma medida básica para a degradação e delineando análises mais complexas. Este índice permite verificar qual a parcela de área danificada em determinada amostra, calculado pela razão entre a área de anomalias quantificadas na amostra e sua respectiva área (SILVA 2014). É obtido pela seguinte formulação:

$$FD = \frac{A_d}{A} \times 100 \quad (2.1)$$

Onde,

FD – Fator de Dano da fachada (%);

A_d – Área de manifestação patológica observada na amostra de fachada (m²);

A – Área total da amostra de fachada (m²).

Suas limitações estão em não considerar a influência e a importância de cada tipo de anomalia presente no fenômeno de degradação (SOUZA, 2016). Acrescenta-se ainda que o FD expressa a medida de degradação no momento da inspeção e traz a quantificação das anomalias resultante de efeitos cumulativos, a exemplo, a incidência de agentes climáticos. Por esse motivo torna-se um parâmetro interessante de análise comparativa aos dados de NT.

Importante ressaltar que o fator de dano é resultante de um conjunto de ações que incidem sobre o edifício, capazes de incrementar o processo de degradação ou não. E ainda em desfavor da edificação podem ser apontadas questões de ineficiência de projeto e execução.

Considerando que a degradação é um processo contínuo em função do tempo e das condições de exposição, o estudo de mensuração de danos corrobora nessa compreensão uma vez que verifica-se o aumento da ocorrência e gravidade das anomalias ao longo do tempo indicando que a faixa de idade das fachadas influencia sobre o processo evolutivo da degradação (SILVA, 2014; SOUZA, 2016).

Pelo o exposto o presente estudo objetiva comparar os resultados obtidos pela proposição da ferramenta com os índices de FD já analisados em estudos anteriores, de modo a observar tendências entre os indicadores.

2.9. ANOMALIAS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Os estudos de casos de manifestações patológicas de revestimentos de fachadas realizados por Bauer *et al.* (2010), Silva (2014), Souza (2016), entre outros, buscam identificar, entender e sistematizar os fenômenos que provocam as manifestações patológicas que surgem nas fachadas. A sistematização, em geral, visa compreender a distribuição das anomalias, relacionando-as às regiões da fachada, orientação, idade da edificação, entre outros aspectos. A exemplo, tem-se na figura 2.14, a distribuição dos danos em edifícios de até 10anos, edifícios jovens, e edifícios próximos a 40 anos, que mostra objetivamente a diferença entre a distribuição do dano nessas faixas de idade.

Esses estudos buscam entender os fenômenos que provocam as manifestações patológicas que surgem nas fachadas. Dentre esses estudos, ressalta-se o trabalho de Bauer *et al.* (2010) que, em pesquisa realizada para determinação das manifestações patológicas em quatro edifícios na cidade de Brasília-DF, identificaram diferença no percentual de danos entre os edifícios com 10 anos e 40 anos (Figura 2.14).

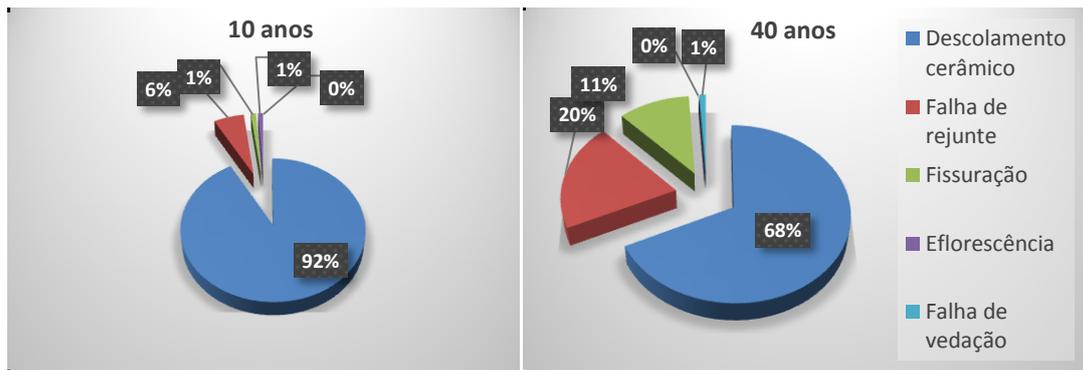


Figura 2.14 – Distribuição de ocorrência de patologias (adaptado de Bauer *et al* 2010; Silva, 2014).

Importante destacar que os procedimentos para a execução do revestimento cerâmico, bem como a qualidade dos materiais envolvidos, foram modificados ao longo dos anos, como pode ser observado atualmente pelo uso de argamassas colante industrializada em detrimento das argamassas tradicionais, assim como pode-se enfatizar distinções no dimensionamento estrutural da edificação, como estruturas de menor esbeltez.

2.9.1. Mecanismo de formação das anomalias

A tabela 2.2 sintetiza e correlaciona anomalias e os mecanismos de formação das anomalias, dos sistemas de revestimento de fachadas, observando aspectos que interferem dando causa ao surgimento desses fenômenos. Ressaltando que a compreensão dessa correlação irá subsidiar o desenvolvimento da ferramenta a ser proposta no presente trabalho.

Tabela 2.2 – Correlação entre anomalias, mecanismos de formação e causas prováveis.

Compilação de estudos. (Adaptado de autores diversos)

Anomalias	Mecanismos de formação	Causas Prováveis
Fissuras	Variações de temperatura, sazonais e diárias que repercutem em uma variação dimensional dos materiais (dilatação ou contração); os movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, desenvolvendo-se nos materiais (THOMAZ, 1989); Fenômenos de retração da argamassa, antes, durante e depois da pega (PEREIRA, 2007);	Movimentações térmicas; movimentações higroscópicas; atuação de sobrecargas; deformabilidade excessiva da estrutura de concreto armado; recalques de fundação; Retração de produtos à base de cimento; alterações químicas dos materiais (THOMAZ, 1989);
Falha de vedação	Penetração e movimentação da umidade pela perda de estanqueidade em elementos da fachada, tais como rejunte, interfaces alvenaria-esquadria (ANTUNES, 2010).	Falha na aplicação do rejunte; Ausência de detalhes arquitetônicos como as pingadeiras, falta de manutenção, juntas não tratadas, entre outros (CONSOLI, 2006; ANTUNES 2010);
Descolamentos de placas cerâmicas	Perda de aderência entre as interfaces placa cerâmica-argamassa de emboço ou entre a camada de emboço-base em virtude das solicitações impostas ultrapassarem a resistência de aderência entre essas camadas ou ainda por falhas coesivas (RIBEIRO, 2006). Ocorre em regiões que apresentam baixa aderência ou falhas de aderência, a partir da ultrapassagem do limite de aderência pelas tensões provocadas pela retração do pano de revestimento (PEREIRA, 2007).	Instabilidade do suporte, devido a acomodação do edifício como um todo; Deformação lenta (fluência) da estrutura de concreto armado, variações higrotérmicas e de temperatura; Utilização da argamassa colante com um tempo em aberto vencido; assentamento sobre superfície contaminada (BAUER, 1987); Causas de natureza química relacionadas ao destacamento das peças cerâmicas estão relacionadas com as reações químicas que ocorrem nas camadas de argamassa e que provocam alterações volumétricas no sistema de revestimento, prejudicando a aderência (notas de aula, BAUER, 2017; SANTOS, 2017);
Falhas de rejunte	O rejunte deteriora principalmente pela ação da insolação, bem como também pela ação da água a longo prazo. (SILVA, 2014); Anomalia agravada pelo envelhecimento natural.	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 (SILVA, 2014);
Manchas na superfície: Eflorescências	Lixiviação dos compostos de sais solúveis para a superfície do revestimento (SILVA, 2014);	Falha na vedação (rejuntas, juntas de movimentação); elevada porosidade dos materiais que gera o acúmulo de umidade;(notas de aula, BAUER, 2017)

2.10. MANUTENÇÃO PLANEJADA E A INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO E DURABILIDADE DA EDIFICAÇÃO

A manutenção das edificações consiste em um tema de importância que supera a cultura do processo de construção, limitado até o momento ao ato de entrega ao uso. (ABNT NBR 5674:2012). Essa mudança, lentamente incorporada no cenário nacional merece destaque nesse trabalho, uma vez que a metodologia aqui proposta visa contribuir para o planejamento da manutenção.

O planejamento de manutenção envolve uma série de variáveis que devem ser consideradas, assim como metodologias de apoio na área da gestão, propiciam o processo decisório. Falhas no processo podem ser gerenciadas por meio de probabilidades da ocorrência dessas nas etapas.

A figura 2.15 apresenta os elementos necessários para o entendimento do conceito da manutenção, sendo que a mesma deve obedecer critérios que se relacionam com as estratégias a serem adotadas, que deve levar em conta as operações e respectiva periodicidade (contemplando o estudo de custos). Para tanto há que se estabelecer metodologias para obtenção do diagnóstico e estabelecimento de prioridades nos procedimentos de intervenção.



Figura 2.15 – Estratégias essenciais no planejamento da manutenção. (Síntese da autora)

Cabe destacar as concepções de estratégias de manutenção, que são consideradas por vários autores de forma semelhante, mas sempre definida por duas medidas estratégicas distintas, a manutenção pró-ativa (preventiva e preditiva) e a manutenção reativa de caráter não planejado, com ações de reparação corretiva. (BOTO, 2014). As estratégias surgem como metodologias que visam esclarecer procedimentos de manutenção.

a) Manutenção Preventiva

O modelo de manutenção preventiva inclui as ações periódicas de manutenção que foram planejadas previamente tendo em vista o bom desempenho do sistema / componente e, por conseguinte, do edifício; este tipo de manutenção reduz o número de trabalhos e permite uma melhor estimativa dos custos envolvidos;

A manutenção preventiva está relacionada à atuação anterior ao surgimento de anomalias, baseando-se em procedimentos adotados por meio de manuais de uso e operação, recorrendo ao planejamento de manutenção, com o recurso ou não de intervenções (LOPES, 2005; FLORES-COLEN, 2009).

Nos termos da ABNT NBR 5674:2012 a manutenção preventiva caracteriza-se por serviços cuja realização seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade e urgência, e relatórios de verificações periódicas sobre o seu estado de degradação. Se por um lado a manutenção preventiva permite planejar as operações de manutenção e custos, reduzindo o incômodo da execução dos trabalhos não previstos, permitindo assim maior satisfação dos usuários, em contrapartida, exige uma análise desde a fase de projeto, com dados base de suporte e um controle rigoroso do planejado, com atualização constante (FLORES-COLEN e BRITO 2002).

b) Manutenção Preditiva

Trata-se da realização de inspeções periódicas para a avaliação do estado de degradação e desempenho dos componentes / sistemas ou edifício, com consequente planejamento das ações de manutenção; este tipo de manutenção traduz-se numa maior capacidade de conhecer o desempenho em serviço tendo sido uma importante ferramenta para reduzir os custos globais e encontrar meios mais eficientes de reduzir os encargos com a manutenção; é, também, uma importante estratégia de manutenção para os elementos do edifício cujo desempenho em serviço possa ser adequadamente monitorado (FLORES, 2009).

Conforme explicitam Flores e Brito (2002) a estratégia preditiva também apresenta vantagens e desvantagens. Por um lado, há um aumento da capacidade para detectar quando e onde é necessária a intervenção, com redução do número de anomalias imprevistas e com mais fácil implementação (apenas é efetuado o planejamento das inspeções). Em contrapartida, esta estratégia depende de um método de diagnóstico válido durante a inspeção, com a definição correta do estado do elemento.

c) Manutenção Corretiva

Corresponde à manutenção realizada após os componentes sistemas terem atingido a ruptura; ocorre quando não são realizadas ações de manutenção no tempo devido ou na consequência de anomalias imprevistas; este tipo de manutenção origina custos mais elevados devidos, normalmente, ao seu caráter de urgência (por exemplo, trabalhos com horas extraordinárias) e de imprevisibilidade (por exemplo, interrupções no funcionamento normal do edifício).

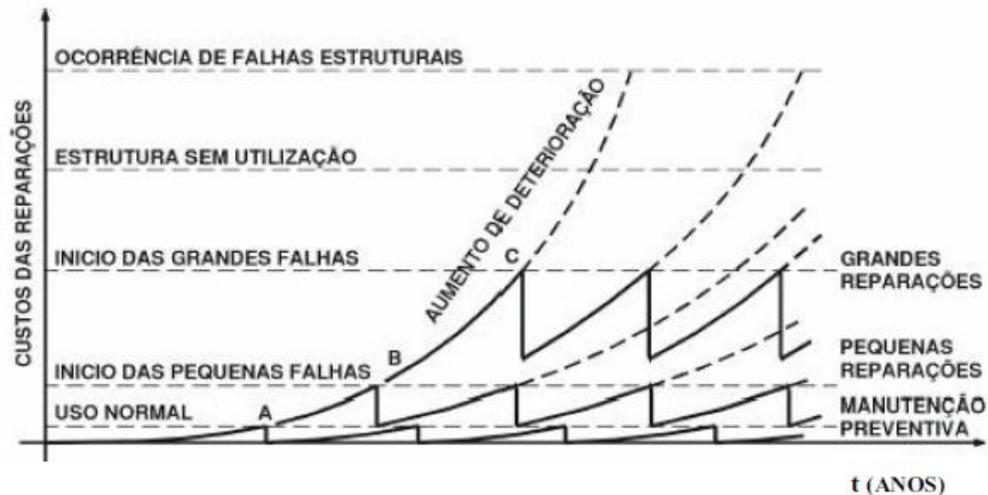


Figura 2.16 – Custos das reparações em relação ao tipo de intervenção (LOPES, 2005).

Segundo Lopes (2005) ao se permitir que o processo de degradação evolua, reagindo-se apenas no surgimento das anomalias, tem-se uma estratégia considerada ainda primária, ou seja, mais elementar, na qual tem-se custos mais elevados aos usuários.

A adoção desse tipo de estratégia provoca perda de desempenho e agravamento das anomalias, com conseqüente aumento dos custos para o reparo, levando possivelmente a substituição de materiais. Em síntese tem-se que a manutenção reativa/corretiva acarreta maiores custos e deixa claro a inexistência de um planejamento de manutenção, conforme pode ser observado na figura 2.16.

3. MÉTODO DE OBTENÇÃO DA NOTA TÉCNICA

A norma ISO 15686-2: 2012 estabelece como critérios para a previsão de vida útil a avaliação dos componentes do edifício, de modo que se verifiquem as condições de exposição e de uso assim como a intensidade de ação e resposta da degradação. Como formas de obtenção de dados de exposição em longo prazo, a norma destaca os seguintes procedimentos:

- Exposição em estações de envelhecimento natural, ao longo do tempo,
- Inspeção em edifícios,
- Exposição em edifícios experimentais;
- Exposição nas condições de uso;

A referida norma considera que a inspeção de edifícios permite uma avaliação da vida útil pelo conhecimento das características do sistema baseado no tempo mínimo de comprovação do desempenho e considerando a vida útil pretendida.

Depara-se muitas vezes com a dificuldade de obtenção de dados dos componentes e seu desempenho original, a complexidade para controlar, monitorar e medir os agentes atuantes no meio ambiente, e das condições de manutenção em que se encontram, os quais consistem em obstáculos para as inspeções em edifícios, na avaliação da vida útil. Destaca-se ainda que, uma das grandes vantagens da obtenção de dados de durabilidade pela inspeção de edifícios, está em estabelecer uma conexão direta entre o estado de componentes, o ambiente de exposição e a utilização do edifício.

Nesse contexto a nota técnica visa essencialmente contribuir com o procedimento de inspeção, fornecendo parâmetros de análise que possam subsidiar questões decisivas quanto a definição da vida útil. A metodologia desenvolvida, fundamentada no referencial teórico apresentado no capítulo 2, propõe a construção de uma ferramenta de análise da concepção construtiva das fachadas e sua relação com a degradação. Com esse foco, o fluxo apresentado na figura 3.1 encadeia as ações necessárias para o desenvolvimento da ferramenta de obtenção da nota técnica.

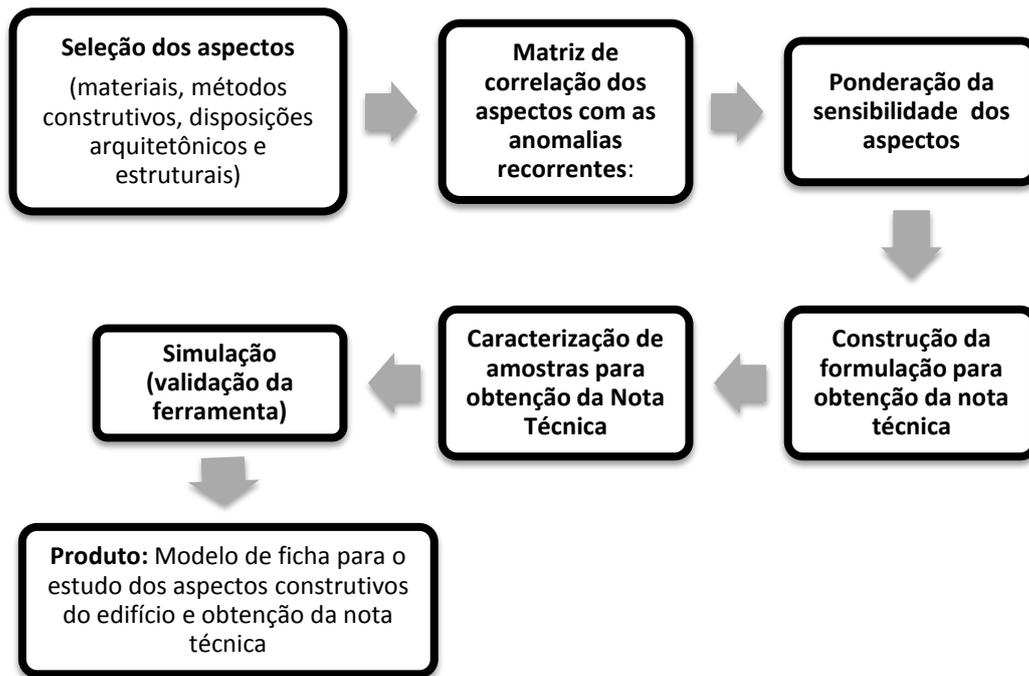


Figura 3.1 – Fluxo para o desenvolvimento da ferramenta de obtenção da nota técnica.

3.1. SELEÇÃO DOS ASPECTOS DE SENSIBILIDADE

O conceito de sensibilidade ao dano está relacionado à predisposição da fachada a ocorrência do dano, seja pela caracterização dos materiais, mais duráveis e resistentes à influência de fatores externos e intrínsecos da edificação, seja pela concepção arquitetônica e estrutural (BAUER e SOUZA, 2016). (INSERIR NAS REFERÊNCIAS)

Os fatores condicionantes do desempenho das fachadas estão diretamente relacionados às fases de projeto, execução, uso e manutenção. Um rol de aspectos, a ser analisado em um *checklist*, é proposto, para que seja dada a importância necessária a avaliação do sistema construtivo e a ação preventiva por meio de uma análise da possibilidade de ocorrência do dano.

Dada à necessidade de delimitação do estudo, adota-se para análise e ponderações subsequentes o sistema de revestimento cerâmico, de modo que foram relacionados os seguintes aspectos e critérios:

a) Continuidade do pano/trecho de fachada revestido:

A ABNT NBR 13755:1996 estabelece critérios para a execução das juntas de assentamento de movimentação, visto a necessidade de atender as funções de alinhamento das placas, estética, fornecer relativa acomodação às movimentações da base. Desta forma prescreve juntas horizontais a cada 3m, e juntas verticais a cada 6m para as juntas de movimentação. Esse parâmetro foi utilizado para os aspectos relacionados à continuidade do pano revestido, para o qual será verificada a área revestida do pano/trecho de fachada, considerando a disposição maior e menor que 18m².

b) Presença de balanços

A disposição da laje, em geral direciona a um maior cuidado para vinculação estrutural do elemento e a edificação, qualquer perda dessa vinculação pode representar a instabilidade do elemento. Entretanto em uma proposição inicial desse aspecto objetivando-se qualificar a sensibilidade do elemento, diferencia-se os balanços em dimensões a partir de 2,00m de projeção.



Figura 3.2 – Exemplos de balanços em fachadas. (Registros da autora)

c) Vãos estruturais

As deformações da estrutura impõem sobre os demais subsistemas da fachada esforços muitas vezes incompatíveis com os materiais e componentes e anisotropia desses. O parâmetro de referência para a distinção e discussão desse aspecto está em limitar vãos com comprimento maior que 5m.



Figura 3.3 – Exemplos de vãos estruturais com comprimento maior que 5,00m.

(Registros da autora)

d) Aberturas

As aberturas podem ter influência diferenciada quando se observa o percentual dessas ao longo do pano/trecho de fachada. As aberturas propiciam acréscimos de tensões e para tanto devem ser previstos elementos que compensem essa solicitação.

Utilizou-se do entendimento que as fachadas com maior continuidade das aberturas, sugerem elementos estruturais mais robustos e contínuos (vigas contínuas). É comum e usual janelas encostadas na viga, dispensando assim a necessidade de vergas e/ou contravergas. Em contrapartida a alternância das aberturas implica em vergas e contravergas, onde é importante observar a incidência de erros de projetos recorrentes nessas regiões, que acarretam no desenvolvimento de anomalias.

As imagens a seguir auxiliam no entendimento da disposição a ser considerada na análise e para qual se estabelece os seguintes aspectos de análise:

- Percentual de abertura até de 20% e fachada cega; figura (a)
- Percentual de abertura de 20% a 50%; figura (b)
- Percentual de abertura acima de 50% - aberturas maiores; figura (c)



Figura 3.4 – Exemplos de aberturas: a) Percentual de abertura menor que 20%; b) percentual de abertura entre 20 e 50%; c) percentual de abertura maior que 50%.

(Acervo LEM-UnB; Registro da autora)

e) Volumetria

A volumetria deve ser observada pelo recorte da fachada, avanços ou recuos. Nesse aspecto também se observa e destaca a presença de mais cantos e extremidades, logo necessidade do controle de juntas no revestimento. A presença desse aspecto é analisada pela mudança de plano da fachada em paredes superiores a 3,00m.



Figura 3.5 – Exemplo de volumetria da fachada. (Acervo LEM-UnB)

f) Elementos de proteção da fachada

Os elementos de proteção da fachada tais como: peitoril, pingadeiras, coroaamento da platibanda e frisos aliviam o fluxo de água que escorre pela fachada e podem, inclusive, impedir seu ingresso em regiões onde a falha dos materiais e/ou de execução já se preexiste. Logo, será avaliado por esse critério, a ineficiência ou inexistência desses elementos, aumentando assim a sensibilidade da fachada aos fatores relacionados ao ingresso da umidade.

g) Juntas de movimentação

As juntas no revestimento cerâmico atenuam a degradação uma vez que propiciam o alívio de tensões sobre o revestimento. Analogamente ao item anterior, será avaliada a ineficiência ou inexistência desse aspecto.

A tabela 3.1 sintetiza os aspectos construtivos discutidos, de modo que essas disposições irão compor o *checklist* para a construção da nota técnica.

Tabela 3.1 – Aspectos construtivos para obtenção da nota técnica.

ASPECTOS DA ANÁLISE	
A1	Parede contínua revestida $\leq 18,00\text{m}^2$
A2	Parede contínua revestida $\geq 18,00\text{m}^2$
A3	Laje simples em balanço - vão até 2,00m
A4	Laje em balanço - vão acima de 2,00m
A5	Disposição estrutural: Alvenaria sob vão estrutural (pórtico - vigas e pilares); Largura menor ou igual a 5,00m
A6	Disposição estrutural: Alvenaria sob vão estrutural (pórtico - vigas e pilares); Largura maior ou igual a 5,00m
A7	Percentual de abertura (janelas e portas): até de 20% e fachada cega
A8	Percentual de abertura (janelas e portas): até de 20% a 50%
A9	Percentual de abertura (janelas e portas): acima de 50% - aberturas maiores
A10	Volumetria recortada (mudança no plano da fachada: Largura maior ou igual a 3,00m)
A11	Ineficiente ou inexistência de elementos construtivos de proteção
A12	Ineficiente ou inexistência de juntas de movimentação

3.2. PONDERAÇÃO DOS ASPECTOS: MATRIZ DE CORRELAÇÃO

A matriz proposta sintetiza o encadeamento entre os aspectos de sensibilidade em análise e as anomalias em sistemas de revestimento cerâmico, cujos mecanismos de formação e causas prováveis atribuídas foram estudados e discutidos nos capítulos anteriores. A ponderação dos pesos atribuídos aos aspectos desenvolve-se a partir do grau de relação desses ao surgimento da anomalia.

Ao propor aspectos construtivos a serem observados pelo grau de sensibilidade ao surgimento da anomalia em uma determinada fachada, é relevante destacar que os mesmos não se relacionam à mesma medida com a formação patológica, ou seja, o mecanismo de atuação das disposições construtivas no processo de degradação possui particularidades e graus de influência distintos e, associam-se direta ou indiretamente às diversas causas apontadas como prováveis ao surgimento do dano.

Admite-se que, dentre os aspectos selecionados, observa-se aqueles que possuem relação direta com a ocorrência do dano, dado o comportamento observado de seus subsistemas face às condições impostas de carregamento e exposições diversas, e para esses atribui-se peso 2, correspondendo a uma alta relação com o dano. Assim como, atribui-se peso 0, ao aspecto cuja relação com o dano é indireta, ou seja, a sua ocorrência, isoladamente, não se relaciona com o dano, podendo atuar como causas secundárias na evolução do estágio da degradação, conforme apresentado na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Pesos atribuídos na matriz de correlação.

Peso atribuído	Grau de relação	Definição
0	Baixa relação	O aspecto, isoladamente, não implica no surgimento do dano. Será necessária a interação com outros fatores.
1	Média relação	O aspecto é relacionado ao surgimento do dano e pode atuar de maneira direta ou indireta, em combinação com outros fatores.
2	Alta relação	Impacta diretamente no processo de degradação; Efeitos decorrentes de falhas de projeto e execução, associados a fatores de origem externa, favorecem o surgimento de anomalias.

Utiliza-se na correlação as anomalias recorrentes em fachadas de revestimento cerâmico, para as quais adota-se a seguinte nomenclatura:

- DC1-descolamento cerâmico que se desenvolve entre a argamassa e a camada suporte (parede);
- DC2 - descolamento cerâmico da placa e argamassa de assentamento;
- FI – Fissuração do revestimento cerâmico;
- FV – Falha de vedação;
- FR – Falha de rejunte;
- EF – Eflorescência.

Para tanto utilizou-se como entendimento para a proposição da matriz os mecanismos de formação das referidas anomalias discutidas no capítulo 2.8.1. A tabela 3.3 apresenta o resultado da correlação dos aspectos construtivos selecionados (tabela 3.1) e anomalias em revestimentos cerâmicos. Observa-se que aspectos A2, A4, A8 e A6 destacam-se por apresentarem maior grau de relação com as anomalias, pelo resultado obtido a partir do somatório direto dos pesos atribuídos na matriz. Esses aspectos envolvem disposições estruturais que exigem maior detalhamento de projeto e maior controle de materiais e execução, face às condições impostas de deformação (carregamento permanente e carregamento térmico).

Tabela 3.3 – Matriz de correlação: Aspectos de sensibilidade x Anomalias

ASPECTOS DE SENSIBILIDADE		ANOMALIAS RECORRENTES NO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS						PESOS INICIAIS
		DC1	DC2	FI	FV	FR	EF	
A1	Parede contínua revestida <18m ²	1	0	1	0	0	0	2
A2	Parede contínua revestida revestido >18m ²	2	1	1	1	0	1	6
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	1	0	1	1	0	0	3
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,0m	2	2	2	1	0	1	8
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes) L<5,00m	1	0	1	0	0	0	2
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes) L>5,00m	2	2	2	1	0	1	8
A7	Aberturas: até 20% da amostra	1	0	1	1	0	0	3
A8	Aberturas: 20 % a 50% amostra	2	1	1	1	0	1	6
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	1	0	1	1	0	0	3
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	1	0	1	0	0	0	2
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	0	0	0	1	0	0	1
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	2	0	1	0	1	0	4

Ao observar os resultados obtidos na tabela 3.3 percebe-se que os aspectos relacionados aos paredes contínuos revestidos (A2), Lajes em balanço (A4), Vão estrutural maior que 5m (A6) e Aberturas compreendendo 20 a 50% da amostra (A8), se destacam por obterem maior pontuação no somatório da correlação na matriz. Esses elementos constituem forte relação com o surgimento das anomalias, evidenciando erros construtivos que dificilmente podem ser aferidos durante a inspeção.

Ao simular uma fachada que possua os elementos construtivos é possível avaliar o comportamento qualitativo dos aspectos construtivos a partir das ponderações iniciais. Entretanto, tendo em vista a importância desses aspectos no mecanismo de formação das anomalias, busca-se acentuar essa constatação acrescentando aos aspectos A2, A4, A6 e A8 pela proposição de um fator multiplicador igual a 2, de modo que a presença desses elementos possam se destacar nas análises subsequentes.

Para o estudo dos pesos e como se comporta a nota técnica a partir da ponderação inicial obtida pela matriz da tabela 3.3, associou-se em 04 grupos os seguintes elementos construtivos:

- Modelagem 1: A1 (pano/trecho contínuo menor que 18m), A3 (Laje em balanço menor que 2m), A5 (Vão estrutural menor que 5m), A8 (Aberturas entre 20 e 50%), A10 (volumetria), A11 (Ineficiência dos elementos construtivos) , A12 (ineficiência de juntas);
- Modelagem2: A1 (pano/trecho contínuo menor que 18m), A4 (Laje em balanço maior que 2m), A6 (Vão estrutural maior que 5m), A8 (Aberturas entre 20 e 50%), A10 (volumetria), A11 (Ineficiência dos elementos construtivos) , A12 (ineficiência de juntas);
- Modelagem 3: A2 (pano/trecho contínuo maior que 18m), A3 (Laje em balanço menor que 2m), A5 (Vão estrutural menor que 5m), A8 (Aberturas entre 20 e 50%), A10 (volumetria), A11 (Ineficiência dos elementos construtivos) , A12 (ineficiência de juntas);

- Modelagem 4: A2 (pano/trecho contínuo maior que 18m), A4 (Laje em balanço maior que 2m), A6 (Vão estrutural maior que 5m), A8 (Aberturas entre 20 e 50%), A10 (volumetria), A11 (Ineficiência dos elementos construtivos) , A12 (ineficiência de juntas);

A composição das ocorrências das modelagens iniciais, considerando o somatório direto dos pesos iniciais obtidos na matriz para cada aspecto, resultou nos dados da figura 3.6, comparados à mesma seleção de aspectos, porém atribuindo um fator de majoração aos aspectos A2, A4, A6 e A8 pela multiplicação dos pesos iniciais por “2”.

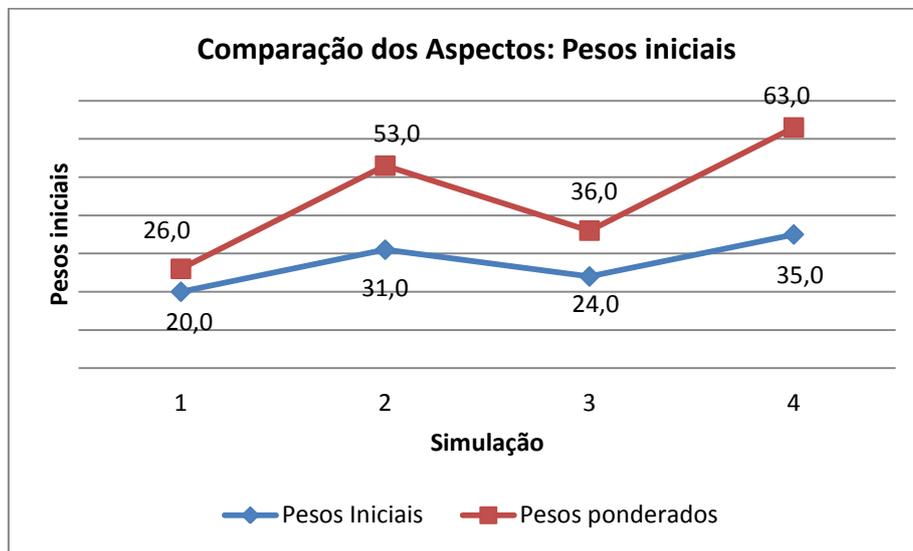


Figura 3.6 - Comparação para correção dos pesos atribuídos aos aspectos.

O gráfico da figura 3.6 apresenta o comportamento dos valores obtidos para os índices, comparando os pesos atribuídos ao grupo de aspectos (peso inicial e peso ponderado), de modo que o fator multiplicador visa enfatizar a importância dos aspectos de maior relevância na matriz, e, portanto será utilizado para as análises subsequentes.

3.3. FORMULAÇÃO PARA OBTENÇÃO DA NOTA TÉCNICA

A formulação para a obtenção da nota técnica busca obter objetivamente, a partir da ocorrência dos aspectos construtivos, um índice de sensibilidade para a amostra a ser estudada. Dessa forma, identificado o aspecto na amostra, lhe será atribuído a ponderação obtida a partir da matriz da tabela 3.3. A nota técnica resulta do somatório da ocorrência dos aspectos construtivos, aplicando a seguinte formulação:

$$NT = (A_1 * p_1) + (A_2 * p_2) + (A_3 * p_3) + (A_4 * p_4) + (A_5 * p_5) + (A_6 * p_6) + (A_7 * p_7) + (A_8 * p_8) + (A_9 * p_9) + (A_{10} * p_{10}) + (A_{11} * p_{11}) + (A_{12} * p_{12}) \quad (3.1)$$

Onde:

NT fachada = Nota técnica por fachada do edifício;

A_n = Aspecto de sensibilidade analisado a partir do *checklist*, em que à ocorrência será atribuído valor igual a 1);

p_n = Fator da relevância para cada aspecto obtido a partir da matriz de correlação, conforme tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Pesos dos aspectos construtivos ponderados.

ASPECTOS CONSTRUTIVOS	FATOR DE RELEVÂNCIA
A1	2
A2	12
A3	3
A4	16
A5	2
A6	16
A7	3
A8	12
A9	3
A10	2
A11	1
A12	4

3.4. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

Esse tópico estabelece a sistematização para a caracterização das amostras que serão utilizadas para obtenção da nota técnica com o objetivo de padronizar critérios preliminares para análise dos resultados.

3.4.1. Caracterização da amostra

Para caracterização da amostra e levantamento dos dados balizadores para a nota técnica toma-se como referência a metodologia de caracterização dos edifícios e divisão das amostras adotadas no método de mensuração da degradação MMD, desenvolvida pelo LEM-UnB, que consiste em dividir áreas da fachada em amostras, a fim de estudá-las individualmente para quantificação do nível de degradação e análise, método esse detalhado no estudo de Souza (2016).

A quantificação dos danos é desenvolvida por andar e região por meio de contagem simples na medida em que são contados em uma malha sobreposta a amostra. Cada prumada ou empena é dividida por pavimentos e por tipo de regiões de análise (SILVA, 2014; SOUZA, 2016).

Nesse contexto, é estabelecida divisão similar da fachada, restringindo os trechos típicos que se repetem em características arquitetônicas e estruturais, objetivando facilitar o levantamento dos aspectos de relevância para a nota técnica, e desta forma, identificar os detalhes construtivos analisados, conforme exemplificado na figura 3.7.

O presente estudo considera como trecho típico a seleção de parte da fachada que contemple elementos construtivos com maior repetição que, a priori são mais sensíveis, e que possam representar a nota técnica da fachada.



Figura 3.7 – Identificação da fachada: a) Identificação da prumada e empена; b) Divisão das prumadas (SILVA, 2014)

As orientações citadas para os edifícios estudados seguiram a forma de classificação adotada por Souza (2016), Silva (2014), para as quais são definidos quatro quadrantes, orientados pelos azimutes, com o objetivo de agrupar as fachadas em estudo às principais orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste), conforme segue:

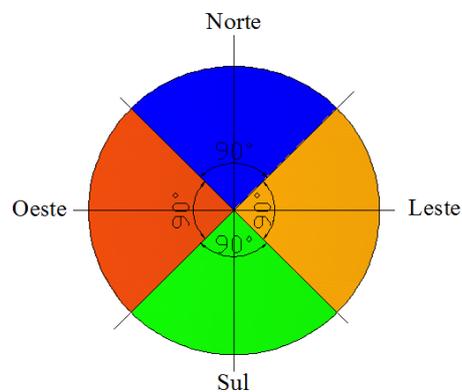


Figura 3.9 – Amplitude dos quadrantes norte, leste, sul, oeste para a classificação da orientação das amostras das fachadas. (SILVA, 2014)

- Faixa de orientação Norte: Azimutes 315° e 44° (em azul).
- Faixa de orientação Leste: Azimutes 45° e 134° (em amarelo);
- Faixa de orientação Sul: Azimutes 135° e 224° (em verde);
- Faixa de orientação Oeste: Azimutes 225° e 314° (em laranja);

3.5. SIMULAÇÕES: VALIDAÇÃO DA NOTA TÉCNICA

Para avaliação do método proposto foram realizadas simulações, variando a ocorrência dos aspectos, a fim de verificar coerência na formulação proposta e das ponderações realizadas para os grupos de aspectos. O objetivo da simulação é a análise da amplitude da nota técnica, observando-se a contribuição dos pesos representativos para cada disposição construtiva.

São desenvolvidas no estudo 17 combinações para análise do comportamento da formulação pela associação dos aspectos, conforme esquema apresentado nas figuras 3.10 e 3.11, de modo a obter índices, a partir de um pano contínuo revestido maior que 18m² (simulação 01), acrescentando sequencialmente os balanços maiores que 2m, disposições estruturais, variação das aberturas e das disposições arquitetônicas selecionadas para a composição da nota.

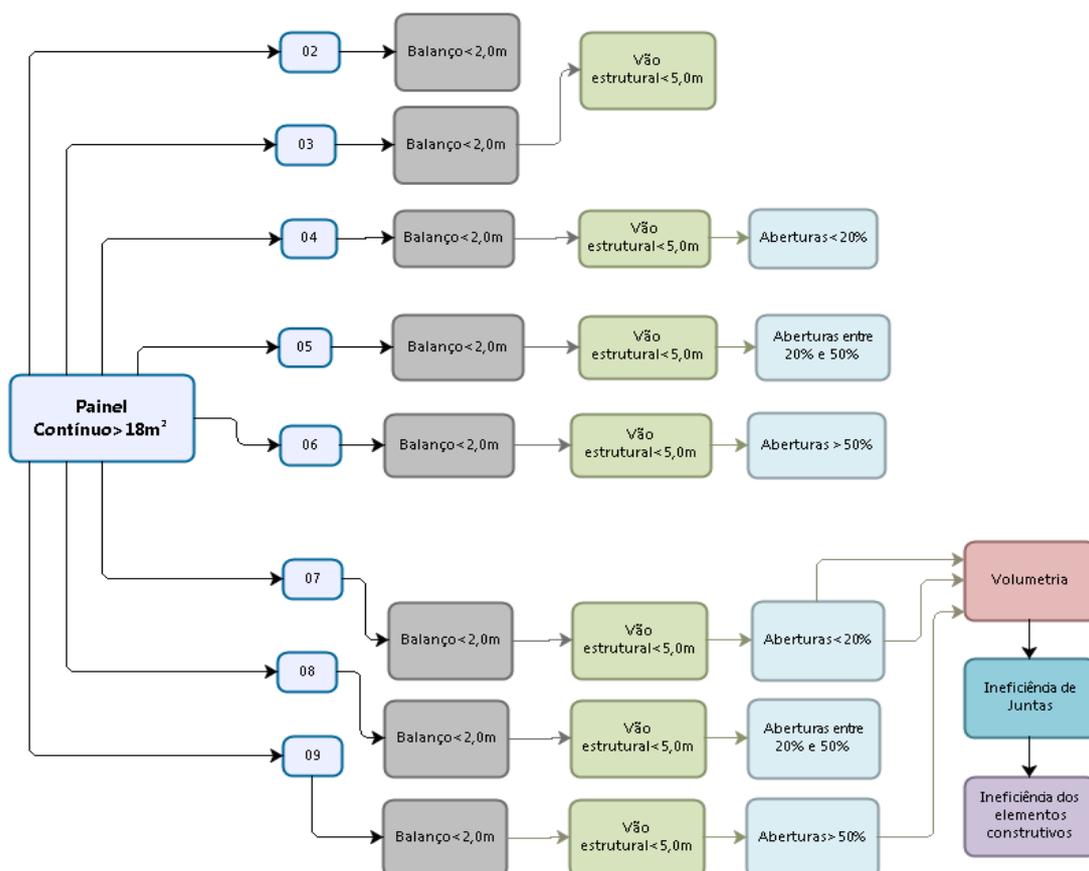


Figura 3.10 – Fluxo para combinações de aspectos das simulações 02 a 09.

Análogo ao fluxo anterior, são acrescidos ao pano contínuo revestido maior que 18m², balanços maiores que 2m, vão estrutural maior que 5m, variação das aberturas e das disposições arquitetônicas, elevando assim o grau a ser obtido na nota técnica, dada a maior sensibilidade desse grupo de aspectos, de acordo o esquema da figura 3.12.

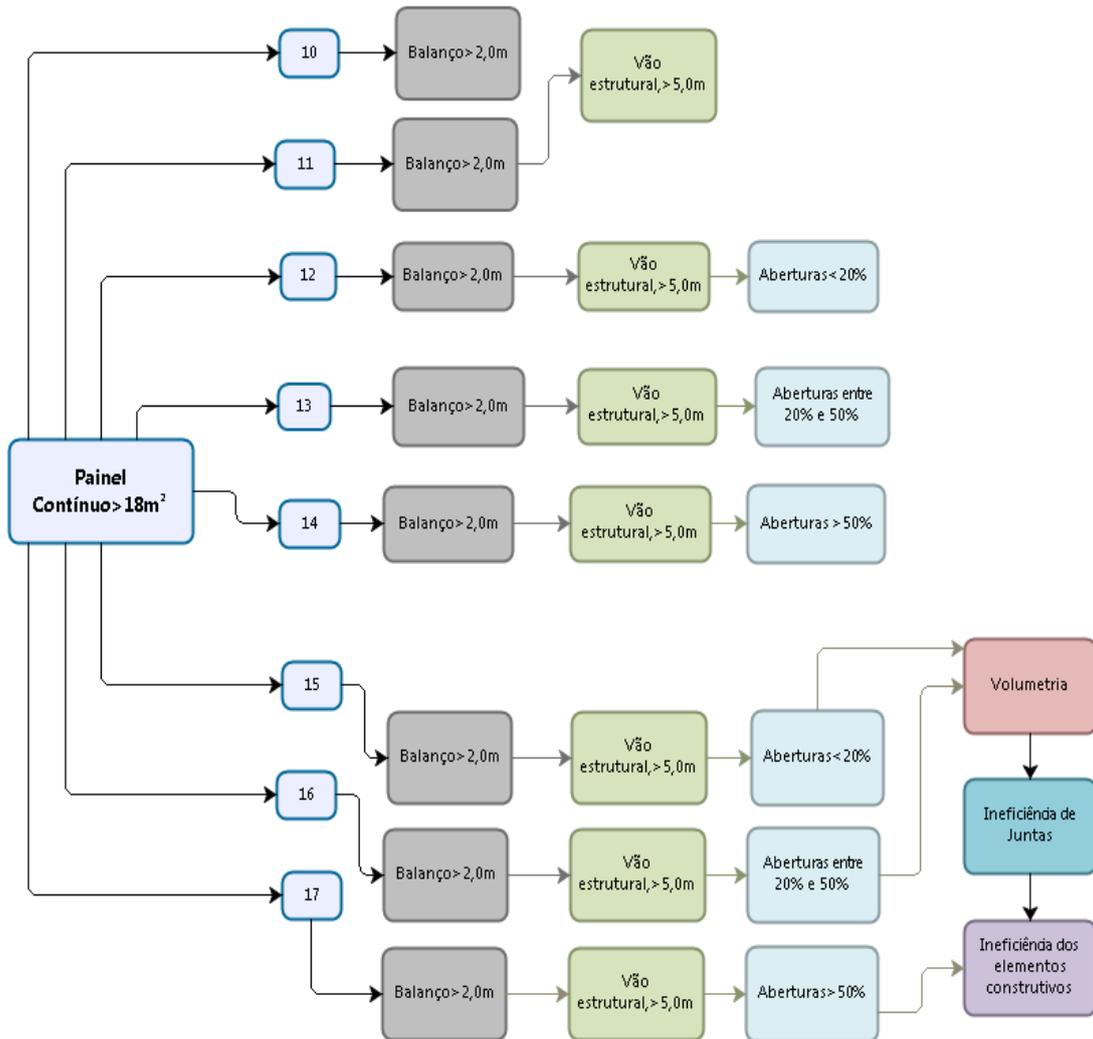


Figura 3.11 – Fluxo para combinações de aspectos das simulações 10 a 17.

A tabela 3.5 assinala a ocorrência dos aspectos para combinação e composição da nota técnica.

Tabela 3.5 – Levantamento dos aspectos - Simulações

ASPECTOS CONSTRUTIVOS	FATOR DE RELEVÂNCIA	SIMULAÇÕES																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A1	2																	
A2	12	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
A3	3		SIM															
A4	16										SIM							
A5	2			SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM									
A6	16											SIM						
A7	3				SIM			SIM					SIM			SIM		
A8	12					SIM			SIM					SIM			SIM	
A9	3						SIM			SIM					SIM			SIM
A10	2							SIM	SIM	SIM						SIM	SIM	SIM
A11	1							SIM	SIM	SIM						SIM	SIM	SIM
A12	4							SIM	SIM	SIM						SIM	SIM	SIM
	76	12,0	15,0	17,0	20,0	29,0	20,0	27,0	36,0	27,0	28,0	44,0	47,0	56,0	47,0	54,0	63,0	54,0

As simulações visam inferir sobre o comportamento da nota técnica pela variação das ocorrências de aspectos, observando o grau de sensibilidade obtido. Dessa forma, comparando por exemplo as simulações 2 e 10, verifica-se um acréscimo de aproximadamente 80% na nota, justificada pela distinção de dimensões da projeção dos elementos em balanço. O que se espera da ferramenta é demonstrado na evolução da nota, onde destaca-se em vermelho maior “gravidade”, pelo acúmulo dos aspectos construtivos que devem ser monitoradas.

O gráfico da figura 3.12 complementa o estudo da distribuição das notas, enfatizando as simulações que obtiveram maior valor. A descontinuidade da tendência de evolução da nota técnica justifica-se pelo fluxo que foi desenvolvido para a ocorrência dos aspectos. A combinação das simulações 5, 8, 13 e 16 representa essa afirmação, uma vez que tem-se um acréscimo na composição da nota pela combinação das disposições arquitetônicas e estruturais consideradas de maior influência (balanços, estrutura, aberturas e ineficiência de elementos construtivos).

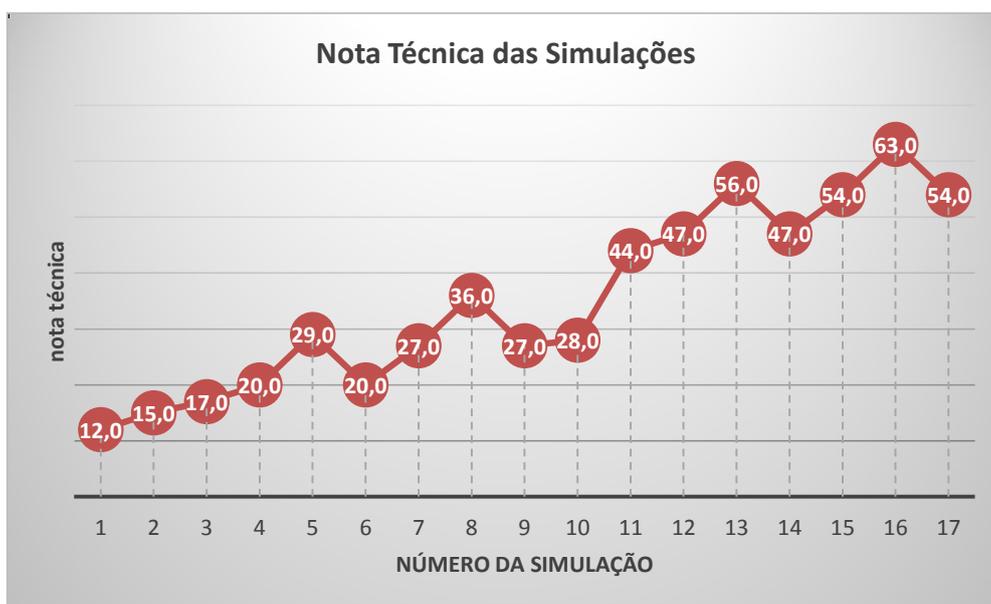


Figura 3.12 – Distribuição dos resultados da simulação.

Importante salientar que a existência de balanços na fachada ou de vãos estruturais de maior dimensão, não remetem imediatamente a um elevado processo de degradação se as condições de projeto, seleção de materiais e controle de execução, tiverem sido contemplados ao rigor das referências normativas e das boas práticas construtivas. De modo que a nota configura-se como apoio decisório, associado a inspeções técnicas das fachadas e não pode ser utilizada isoladamente.

3.5.1. Distribuição dos resultados

Interessa obter, a partir da nota técnica das amostras, índices que qualifiquem a fachada quanto a sensibilidade ao dano. Dessa forma entende-se que a nota pode subsidiar critérios decisórios a partir de seus resultados. Como modelo para análise sugere-se criação de um histograma, que consiste elemento preliminar de análise de dados e que permite a análise da distribuição dos dados, conforme modelo da figura 3.10 que utiliza os resultados obtidos nas simulações, onde se estabelece a frequência das faixas de notas obtidas, objetivando avaliar o comportamento das amostras.

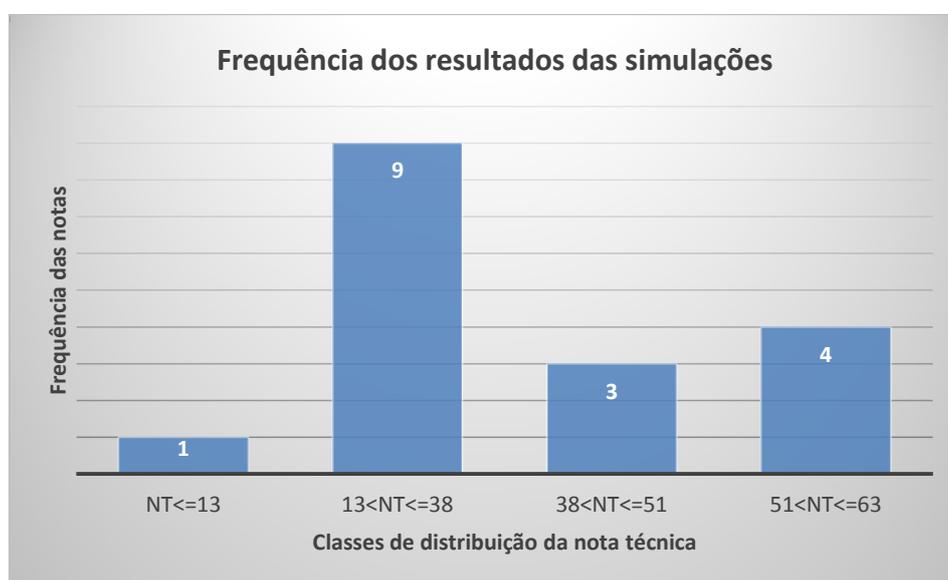


Figura 3.13 – Análise da distribuição da nota técnica - Simulações.

Pelo histograma da figura 3.13, observa-se que mais da metade dos resultados das simulações se concentram na classe 2, compreendendo a faixa de nota entre 13 e 38, destacando que os valores foram obtidos a partir das combinações marcadas principalmente pela presença dos balanços menores que 2m e vão estrutural menor que 5m, conforme pode ser observado na tabela de simulações 3.4.

3.6. FERRAMENTA PARA ANÁLISE QUALITATIVA DAS FACHADAS

O método desenvolvido compreendeu a análise dos aspectos construtivos da fachada, ponderando pesos a partir da correlação com as anomalias em sistemas de revestimentos cerâmicos. Para validação desses critérios e da formulação proposta utilizou-se de simulações, para avaliação da evolução da nota técnica pelo agrupamento dos aspectos, exercício que permitiu manter-se as ponderações estabelecidas para os aspectos em análise.

Como instrumento para obtenção dos dados da nota técnica tem-se a ficha técnica apresentada na figura 3.14 que sintetiza o produto das etapas estabelecidas no fluxo para obtenção da nota, contemplando dados gerais da amostra, orientação solar, identificação da prumada ou empena e os aspectos construtivos a serem analisados.

A ocorrência do aspecto construtivo na ficha técnica será assinalada por “sim”, condição para a qual será atribuído valor igual a 1 e diretamente associado ao peso de relevância desse, conforme propõe a formulação desenvolvida. A ficha apresentará o resultado para a nota técnica obtida para cada orientação da amostra.

Como rotina a ser realizada para aplicação da ferramenta considera-se como pontos fundamentais da análise o levantamento das seguintes informações:

- Seleção e caracterização da amostra (identificação, idade, orientação, tipologia do revestimento, disposição da amostra: prumada/empena);
- Identificação do sistema estrutural: disposição dos vãos estruturais restringindo elementos de vedação (paredes e/ou aberturas) e presença de elementos em balanço;
- Identificação de características arquitetônicas: percentual de aberturas e volumetria da fachada;
- Existência de elementos arquitetônicos de proteção da fachada (pingadeiras, peitoris, juntas de movimentação).

NOTA TÉCNICA - (nº da amostra)						
<i>(Seleção de Imagens das amostras)</i>						
DADOS GERAIS DA AMOSTRA						
LOCALIZAÇÃO						
MATERIAL DE REVESTIMENTO:						
Nº DE PAVIMENTOS						
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)						
PARTICULARIDADES						
CHECK LIST						
ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA (An)		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA ()	PRUMADA ()	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA ()
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2				
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12				
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	3				
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2				
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16				
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3				
A8	Aberturas: 20 %a 50% amostra	12				
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria Cantos e extremidades	2				
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1				
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4				
RESULTADO DA NOTA TÉCNICA						

Figura 3.14 – Ficha Técnica.

Ressalta-se que o desenvolvimento do método restringiu-se a caracterização de fachadas revestidas com material cerâmico aderido, entretanto, todas as etapas se qualificam para aplicação em outros tipos de revestimento desde que sejam estabelecidas novas correlações com as anomalias a que esse revestimento esteja exposto.

A relevância da ferramenta se confirma a partir dos resultados das simulações onde pode-se observar diferentes graus obtidos nos índices, e categorizar a partir desses, as fachadas mais sensíveis a ocorrência do dano. Cabe ressaltar que a obtenção de maior nota técnica não representa maior fachada degradada, ou que venha a se tornar mais degradada ao longo do tempo, considerando que diversos fatores devem ser levados em conta, mas representa significativa contribuição no âmbito do planejamento da manutenção e predição da vida útil da edificação.

4. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

O presente capítulo destina-se a aplicação da ferramenta proposta para obtenção da nota técnica de amostras selecionadas no acervo do Laboratório de Materiais e Ensaios da UnB para as quais foram cedidas documentação técnica referente a inspeções para levantamento e diagnóstico de anomalias e que foram objeto de estudo na linha de pesquisa “Patologia, Manutenção e Recuperação de Estruturas e Edificações”, do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília – PECC/UnB.

4.1. SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a composição da amostra foram selecionados 09 edifícios, para os quais foram disponibilizados relatórios e vasto registro fotográfico, que sintetizam as inspeções realizadas para levantamento de ocorrências de anomalias e diagnóstico.

Atualmente o banco de dados do LEM-UnB é composto aproximadamente por 50.000m² de fachadas de edifícios localizados no Distrito Federal, para as quais Silva (2014) e Souza (2016) realizaram estudo sistemático de mensuração de degradação. O sistema de revestimento das fachadas do banco de dados é em sua maioria cerâmico, existindo edifícios com fachadas em sistemas mistos (argamassado/pintura e cerâmico), porém com quantificação de danos realizada para revestimento cerâmico.

Salienta-se que a metodologia utilizada para catalogação dos referidos dados consiste em: investigação documental, investigação de campo, ensaios laboratoriais, mapeamento de danos e diagnóstico. As informações contidas nos relatórios técnicos subsidiaram a análise no que se refere aos dados construtivos, assim como particularidades das amostras, tais como idade da edificação, detalhes sobre o sistema de revestimento, presença de juntas de movimentação, ineficiência de elementos construtivos. Haja visto que, sem informações técnicas, oriundas de procedimentos de inspeção detalhados, a análise da nota técnica se torna inconsistente.

A complementar o critério de seleção das amostras observou-se diferentes idades das edificações (tempo em uso) e disposições construtivas (presença de balanços, empenas cegas, volumetria, etc.), de modo a permitir a análise de todos os aspectos propostos na composição da nota técnica.

Cabe salientar que a tipologia dos edifícios de Brasília é em geral semelhante e possui características comuns como número de pavimentos, revestimentos da fachada, pilotis, volumetria, etc., distribuídos no que é conhecidamente denominado Plano Piloto. No âmbito de trabalhos que visam a uniformidade da amostra, a região se torna bastante interessante, considerando os aspectos relacionados acima, entretanto, a seleção das amostras incluiu edifícios de região de Águas Claras-DF, visando obter padrões construtivos dissociados aos de Brasília.

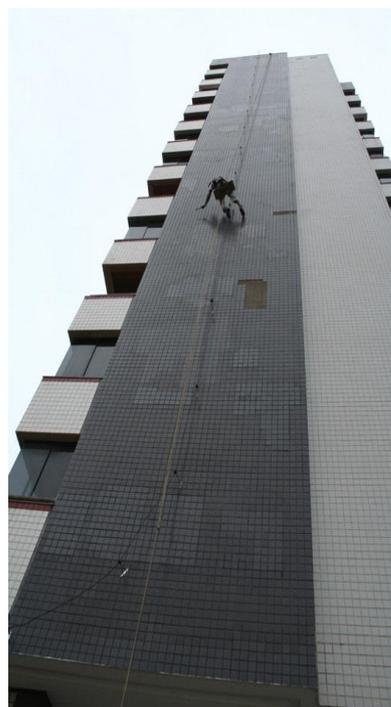
4.2. LEVANTAMENTO DOS ASPECTOS

Os quadros apresentados a seguir, figuras 4.1 a 4.9, expõem as fichas técnicas desenvolvidas para identificação da amostra e o levantamento dos aspectos construtivos estabelecidos para análise e composição da nota técnica.

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO-1



a) Fachada Sul



b) Fachada Leste

DADOS GERAIS DA AMOSTRA

LOCALIZAÇÃO	ÁGUAS CLARAS - DF
MATERIAL DE REVESTIMENTO:	CERÂMICO
Nº DE PAVIMENTOS	12 ANDARES (TIPO), MEZANINO, GARAGEM, PILOTIS
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)	06 ANOS
PARTICULARIDADES	-

CHECK LIST

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA (X)	PRUMADA (X)	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA (X)	EMPENA (X)
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2	SIM	SIM		
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12			SIM	SIM
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	3	SIM	SIM		
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2	SIM	SIM		
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16			SIM	SIM
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3				
A8	Aberturas: 20 % a 50% amostra	12	SIM	SIM		
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2	SIM	SIM		
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM		
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			26	26	32	32

Figura 4.1 – Levantamento dos aspectos: Edifício 01

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO-2



a) Fachada Sul



b) Fachada Norte



c) Fachada Oeste



d) Fachada Leste

DADOS GERAIS DA AMOSTRA

LOCALIZAÇÃO	ASA NORTE - BRASÍLIA/DF
MATERIAL DE REVESTIMENTO:	CERÂMICO
Nº DE PAVIMENTOS	6 ANDARES (TIPO), PILOTIS E GARAGEM
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)	09 ANOS
PARTICULARIDADES	-

CHECK LIST

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA (X)	PRUMADA (X)	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA (X)	EMPENA (X)
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2			SIM	SIM
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12	SIM	SIM		
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	3	SIM	SIM	SIM	SIM
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2	SIM	SIM		
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16			SIM	SIM
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3				
A8	Aberturas: 20 % a 50% amostra	12	SIM	SIM	SIM	SIM
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM	SIM	SIM
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			36	36	40	40

Figura 4.2 – Levantamento dos aspectos: Edifício 02

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO 03



a) Fachada Sul

b) Fachada Oeste

DADOS GERAIS DA AMOSTRA

LOCALIZAÇÃO	ASA NORTE - BRASÍLIA/DF
MATERIAL DE REVESTIMENTO:	CERÂMICO
Nº DE PAVIMENTOS	3 PAVIMENTOS (TIPO) E PILOTIS
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)	09 ANOS
PARTICULARIDADES	

CHECK LIST

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA ()	PRUMADA ()	PRUMADA (X)	PRUMADA (X)
			EMPENA (X)	EMPENA (X)	EMPENA ()	EMPENA ()
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2			SIM	SIM
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12	SIM	SIM		
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	3	SIM	SIM		
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16			SIM	SIM
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2				
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16	SIM	SIM		
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3	SIM	SIM		
A8	Aberturas: 20 %a 50% amostra	12			SIM	SIM
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM	SIM	SIM
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			41	41	37	37

Figura 4.3 – Levantamento dos aspectos: Edifício 03

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO 04						
						
a) Fachada Sul		b) Fachada Norte				
						
c) Fachada Leste						
DADOS GERAIS DA AMOSTRA						
LOCALIZAÇÃO		ASA NORTE - BRASÍLIA/DF				
MATERIAL DE REVESTIMENTO:		CERÂMICO / PINTURA				
Nº DE PAVIMENTOS		6 ANDARES (TIPO), PILOTIS E GARAGEM				
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)		05 ANOS (IDADE DO REVESTIMENTO DA FACHADA)				
PARTICULARIDADES		REFORMA DA FACHADA REALIZADA EM 2003				
CHECK LIST						
ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA ()	PRUMADA ()	PRUMADA (X)	PRUMADA (X)
			EMPENA (X)	EMPENA (X)	EMPENA ()	EMPENA ()
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12				
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	3				
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16				
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3	SIM	SIM		
A8	Aberturas: 20 %a 50% amostra	12			SIM	SIM
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2				
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM	SIM	SIM
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			12	12	21	21

Figura 4.4 – Levantamento dos aspectos: Edifício 04

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO 05



a) Fachada Sul



b) Fachada Norte



c) Fachada Oeste



d) Fachada Leste

DADOS GERAIS DA AMOSTRA

LOCALIZAÇÃO	ASA NORTE - BRASÍLIA/DF
MATERIAL DE REVESTIMENTO:	CERÂMICO
Nº DE PAVIMENTOS	6 ANDARES (TIPO), PILOTIS E GARAGEM
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)	08 ANOS
PARTICULARIDADES	

CHECK LIST

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA (X)	PRUMADA (X)	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA (X)	EMPENA (X)
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12				
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	3	SIM	SIM	SIM	SIM
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16				
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3				
A8	Aberturas: 20 %a 50% amostra	12	SIM	SIM	SIM	SIM
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM	SIM	SIM
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			26	26	26	26

Figura 4.5 – Levantamento dos aspectos: Edifício 05

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO 06						
						
a) Fachada Sul		b) Fachada Norte				
						
c) Fachada Oeste		d) Fachada Leste				
DADOS GERAIS DA AMOSTRA						
LOCALIZAÇÃO		ASA NORTE - BRASÍLIA/DF				
MATERIAL DE REVESTIMENTO:		CERÂMICO				
Nº DE PAVIMENTOS		6 ANDARES (TIPO), PILOTIS E GARAGEM				
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)		32 ANOS				
PARTICULARIDADES						
CHECK LIST						
ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA (X)	PRUMADA (X)	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA (X)	EMPENA (X)
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2	SIM	SIM		
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12			SIM	SIM
A3	Laje simples em balanço - vãos até 2,00m	3				
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2	SIM	SIM	SIM	SIM
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16				
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3			SIM	SIM
A8	Aberturas: 20 % a 50% amostra	12	SIM	SIM		
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2				
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM	SIM	SIM
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			21	21	22	22

Figura 4.6 – Levantamento dos aspectos: Edifício 06

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO 07



a) Fachada Sul



b) Fachada Norte



c) Fachada Leste

DADOS GERAIS DA AMOSTRA

LOCALIZAÇÃO	ASA SUL - BRASÍLIA/DF
MATERIAL DE REVESTIMENTO:	CERÂMICO
Nº DE PAVIMENTOS	6 ANDARES (TIPO), PILOTIS E GARAGEM
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)	36 ANOS
PARTICULARIDADES	

CHECK LIST

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA (X)	PRUMADA (X)	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA (X)	EMPENA (X)
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2	SIM	SIM		
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12			SIM	SIM
A3	Laje simples em balanço - vãos até 2,00m	3				
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2				
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16	SIM	SIM	SIM	SIM
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3				
A8	Aberturas: 20 % a 50% amostra	12	SIM	SIM		
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2				
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM		
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			35	35	32	32

Figura 4.7 – Levantamento dos aspectos: Edifício 07

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO 08



a) Fachada Sul



b) Fachada Norte



c) Fachada Oeste



d) Fachada Leste

DADOS GERAIS DA AMOSTRA

LOCALIZAÇÃO	SUDOESTE - BRASÍLIA-DF
MATERIAL DE REVESTIMENTO:	CERÂMICO
Nº DE PAVIMENTOS	6 ANDARES (TIPO), PILOTIS E GARAGEM
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)	10 ANOS
PARTICULARIDADES	

CHECK LIST

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA (X)	PRUMADA (X)	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA (X)	EMPENA (X)
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2	SIM	SIM		
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12			SIM	SIM
A3	Laje simples em balanço - vãos até 2,00m	3	SIM	SIM		
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2	SIM	SIM		
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16			SIM	SIM
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3				
A8	Aberturas: 20 % a 50% amostra	12	SIM	SIM		
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2	SIM	SIM		
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM		
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			26	26	32	32

Figura 4.8 – Levantamento dos aspectos: Edifício 08

NOTA TÉCNICA - EDIFÍCIO 09



a) Fachada Sul



b) Fachada Norte



c) Fachada Oeste



d) Fachada Leste

DADOS GERAIS DA AMOSTRA

LOCALIZAÇÃO	ÁGUAS CLARAS-DF
MATERIAL DE REVESTIMENTO:	CERÂMICO
Nº DE PAVIMENTOS	12 PAVIMENTOS (TIPO), PILOTIS E GARAGEM
IDADE EM USO (DURANTE A INSPEÇÃO)	13 ANOS
PARTICULARIDADES	

CHECK LIST

ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA AMOSTRA		pn	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
			PRUMADA (X)	PRUMADA (X)	PRUMADA ()	PRUMADA ()
			EMPENA ()	EMPENA ()	EMPENA (X)	EMPENA (X)
A1	Parede contínua revestida menor ou igual a 18,00m ²	2	SIM	SIM		
A2	Parede contínua revestida maior ou igual a 18,00m ²	12			SIM	SIM
A3	Laje simples em balanço -vãos até 2,00m	3	SIM	SIM		
A4	Lajes em balanço - vãos acima de 2,00m	16				
A5	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura menor ou igual a 5,00m	2	SIM	SIM		
A6	Vão estrutural sobre parede revestida (vigas, lajes), largura maior ou igual a 5,00m	16			SIM	SIM
A7	Aberturas: até 20% da amostra	3				
A8	Aberturas: 20 %a 50% amostra	12	SIM	SIM		
A9	Aberturas: acima de 50% amostra	3				
A10	Volumetria, Cantos e extremidades	2	SIM	SIM		
A11	Ineficiência/Inexistência de elementos construtivos de proteção	1	SIM	SIM		
A12	Ineficiência/Inexistência de juntas	4	SIM	SIM	SIM	SIM
NOTA TÉCNICA			26	26	32	32

Figura 4.9 – Levantamento dos aspectos: Amostra 09

As fichas técnicas assinalam a ocorrência dos aspectos construtivos analisados que nas amostras se diferenciam pela existência de balanços, panos contínuos revestidos e disposição estrutural sobre paredes de alvenaria e volumetria das fachadas. Observa-se que a ineficiência dos elementos construtivos de proteção predominou em todas as amostras que possuem aberturas, assim como a ineficiência das juntas de movimentação do revestimento cerâmico, dado esse constatado por meio de consulta aos relatórios técnicos disponibilizados. A tabela 4.1 apresenta os resultados obtidos para a nota técnica das amostras analisadas.

Tabela 4.1 – Resumo das Notas obtidas pelo levantamento dos aspectos

Edifício	Orientação	Disposição	Idade	NOTA TÉCNICA
Edifício 01	NORTE	PRUMADA	6	26
	SUL	PRUMADA	6	26
	LESTE	EMPENA	6	32
	OESTE	EMPENA	6	32
Edifício 02	NORTE	PRUMADA	9	36
	SUL	PRUMADA	9	36
	LESTE	EMPENA	9	40
	OESTE	EMPENA	9	40
Edifício 03	NORTE	EMPENA	6	41
	SUL	EMPENA	6	41
	LESTE	PRUMADA	6	37
	OESTE	PRUMADA	6	37
Edifício 04	NORTE	EMPENA	5	12
	SUL	EMPENA	5	12
	LESTE	PRUMADA	5	21
	OESTE	PRUMADA	5	21
Edifício 05	NORTE	PRUMADA	8	26
	SUL	PRUMADA	8	26
	LESTE	EMPENA	8	26
	OESTE	EMPENA	8	26
Edifício 06	NORTE	PRUMADA	32	21
	SUL	PRUMADA	32	21
	LESTE	EMPENA	32	22
	OESTE	EMPENA	32	22
Edifício 07	NORTE	PRUMADA	36	35
	SUL	PRUMADA	36	35
	LESTE	EMPENA	36	32
	OESTE	EMPENA	36	32
Edifício 08	NORTE	PRUMADA	10	26
	SUL	PRUMADA	10	26
	LESTE	EMPENA	10	32
	OESTE	EMPENA	10	32
Edifício 09	NORTE	PRUMADA	13	26
	SUL	PRUMADA	13	26
	LESTE	EMPENA	13	32
	OESTE	EMPENA	13	32

4.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em primeira análise, observada a partir do resumo da tabela 4.1, observa-se que a variação para as notas resultantes dos levantamentos justifica-se essencialmente pelas diferenças construtivas observadas, seja pela projeção de balanços ou pela presença de empenas cegas, combinados a outros aspectos, demonstrando que cada edifício possui características e particularidades que devem ser levadas em conta.

Cabe salientar que a idade apresentada retrata a época em que foram identificados problemas de carácter construtivo nos edifícios e para os quais se solicitou avaliação técnica, resultando nos relatórios de inspeção. Tais documentos retratam inclusive o final da vida útil do sistema de revestimento, sugerindo para algumas situações a substituição dos materiais. Nesse contexto ao observar a similaridade das notas obtidas para os edifícios 01 e 09 tem-se um fator importante a ser observado que é a idade da solicitação de intervenção, marcada pela documentação técnica, onde observa-se nesses edifícios, de 6 e 13 anos respectivamente, manifestações patológicas que implicam, ainda que indiretamente, na relação das disposições construtivas com o término precoce da vida útil do sistema.

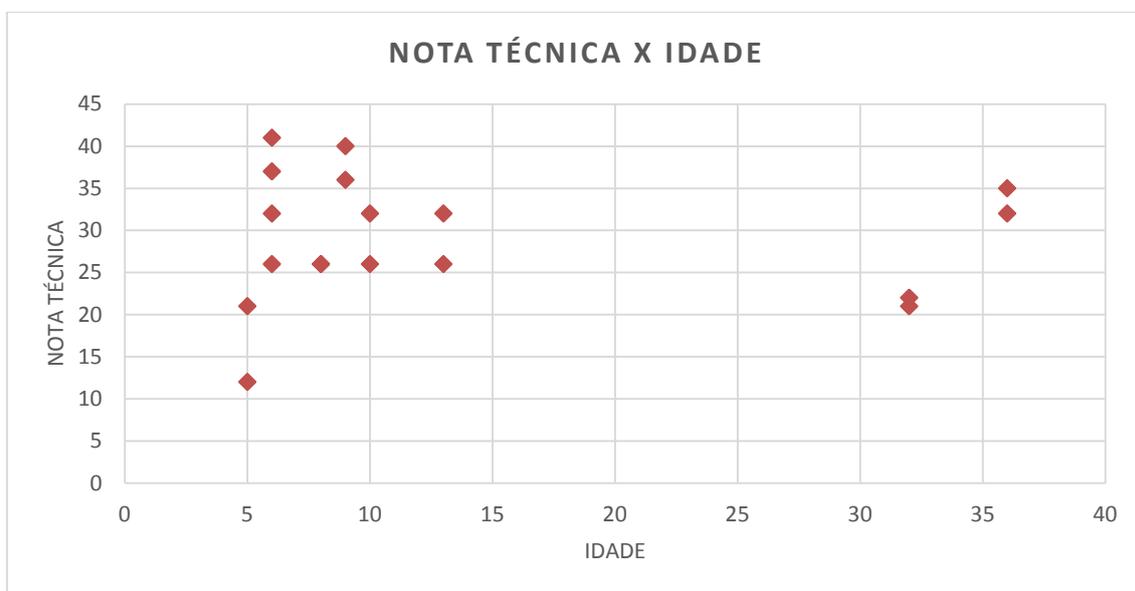


Figura 4.10 – Distribuição da Nota Técnica das amostras em função da idade.

Os edifícios analisados possuíam na data das inspeções idades entre 6 e 36 anos. Destaca-se que a idade não influencia diretamente na sensibilidade do edifício para fins de composição da nota técnica, de modo que observa-se edifícios jovens com uma maior predisposição à degradação, dado suas disposições construtivas particulares, conforme pode ser observado no gráfico da figura 4.10. Têm-se, a exemplo dessa constatação, os edifícios 02 (09 anos) e 03 (06 anos) que apresentaram faixas de nota superiores a 35, por apresentarem concepção arquitetônica que maior se relaciona com a definição de sensibilidade que se estabelece nesse estudo.

O histograma da figura 4.11 auxilia na avaliação do comportamento das NT obtidas para as amostras, face às suas particularidades, visando ponderar os resultados obtidos para as faixas estabelecidas.

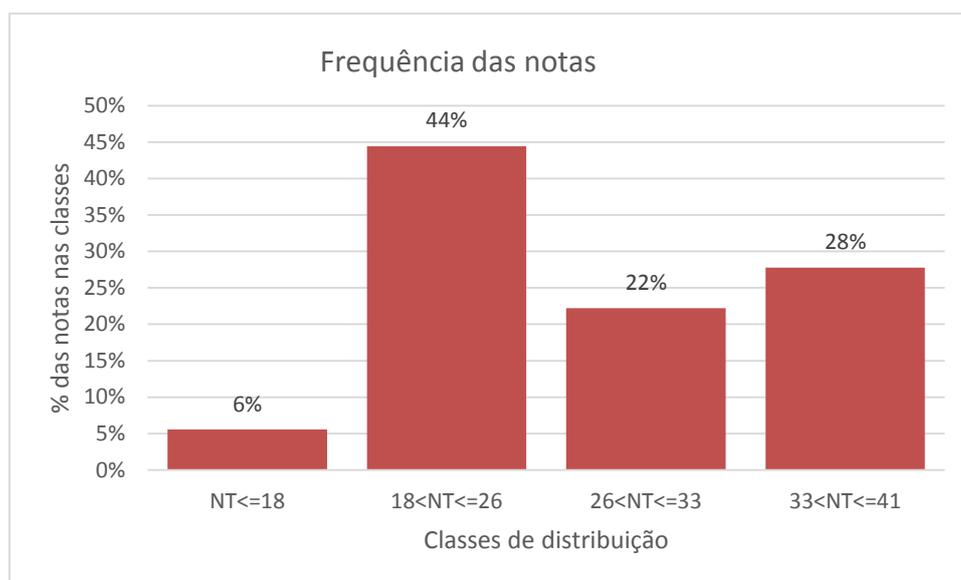


Figura 4.11– Faixas de frequência das notas.

Pelo histograma destacam as notas compreendidas na classe 2 e 4, onde observa-se que 44% das amostras obtiveram índice de sensibilidade compreendido entre 18 e 26 e 28% obtiveram nota entre 33 e 41, perfazendo a maioria das amostras. As figuras 4.12 e 4.13 permitem analisar as particularidades obtidas por meio dos levantamentos que estabeleceram a distribuição das ocorrências dos aspectos, de modo que é possível apontar as seguintes considerações:

Para a classe 2: As disposições construtivas predominantes foram: A1(Pano/trecho contínuo <18m²), A3(Balanço<2,00m), A5(Vão estrutural <5,00m) e A8(Aberturas entre 20 e 50% da amostra), onde ocorrem com frequência acima de 80%, conforme pode ser observado na figura 4.12. Os aspectos referentes às ineficiências construtivas foram assinalados na maioria das amostras, e pelas implicações que acarretam no processo de degradação, mostram-se fator importante a ser monitorado.

Amostras		Idade	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	NT
Edifício 01	PRUMADA	6	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 01	PRUMADA	6	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 05	PRUMADA	8	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 05	PRUMADA	8	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 05	EMPENA	8	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 05	EMPENA	8	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 08	PRUMADA	10	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 08	PRUMADA	10	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 09	PRUMADA	13	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 09	PRUMADA	13	●		●		●			●		●	●	●	26
Edifício 06	EMPENA	32		●			●		●				●	●	22
Edifício 06	EMPENA	32		●			●		●				●	●	22
Edifício 04	PRUMADA	5	●				●			●			●	●	21
Edifício 04	PRUMADA	5	●				●			●			●	●	21
Edifício 06	PRUMADA	32	●				●			●			●	●	21
Edifício 06	PRUMADA	32	●				●			●			●	●	21

Figura 4.12– Distribuição das ocorrências na classe 2.

Classe 4: A classe apresentou 10 amostras com as maiores notas obtidas. As disposições construtivas predominantes foram: A1(Pano/trecho contínuo <18m²), A3(Balanço<2,00m), A6(Vão estrutural >5,00m) e A8(Aberturas entre 20 e 50% da amostra), onde ocorrem com frequência acima de 60%, ainda observa-se a presença de balanços>2,00m e volumetria bem marcada nas amostras, conforme demonstra a figura 4.13.

Amostras		Idade	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	NT
Edifício 03	EMPENA	6		●	●			●	●			●	●	●	41
Edifício 03	EMPENA	6		●	●			●	●			●	●	●	41
Edifício 02	EMPENA	9	●		●			●		●		●	●	●	40
Edifício 02	EMPENA	9	●		●			●		●		●	●	●	40
Edifício 03	PRUMADA	6	●			●				●		●	●	●	37
Edifício 03	PRUMADA	6	●			●				●		●	●	●	37
Edifício 02	PRUMADA	9		●	●		●			●		●	●	●	36
Edifício 02	PRUMADA	9		●	●		●			●		●	●	●	36
Edifício 07	PRUMADA	36	●					●		●			●	●	35
Edifício 07	PRUMADA	36	●					●		●			●	●	35

Figura 4.13– Distribuição das ocorrências na classe 4.

As maiores notas na classe 4 foram observadas para as empenas dos edifícios e evidenciaram a presença de vãos estruturais superiores a 5,0m e pano/trecho contínuo revestido maior que 18m². Essas duas concepções construtivas por si só já direcionam a maior sensibilidade do edifício, e associadas aos demais aspectos estudados, agravam o que se considera como indicador ao surgimento de danos.

As classes 2 e 4 compreendem os edifícios possuem idades entre 6 e 36 anos, no entanto aproximadamente 80% das amostras referem-se aos edifícios jovens. Cabe enfatizar que não há relação entre a idade das amostras e o grau de predisposição ao dano, analisando isoladamente a nota técnica. O estudo delinea o perfil das amostras quanto ao modelo construtivo adotado. A NT cumpre seu objetivo ao classificar os edifícios quanto aos prováveis efeitos da degradação que se mostram correlacionados às disposições construtivas da edificação.

Amostras		Idade	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	NT
Edifício 01	EMPENA	6		●				●						●	32
Edifício 01	EMPENA	6		●				●						●	32
Edifício 07	EMPENA	36		●				●						●	32
Edifício 07	EMPENA	36		●				●						●	32
Edifício 08	EMPENA	10		●				●						●	32
Edifício 08	EMPENA	10		●				●						●	32
Edifício 09	EMPENA	13		●				●						●	32
Edifício 09	EMPENA	13		●				●						●	32

Figura 4.14– Distribuição das ocorrências na classe 3.

Para a classe 3 do histograma, pela análise da figura 4.14, observa-se que as notas mantiveram-se constantes pelas características construtivas das empenas, bem marcadas nos edifícios de Brasília/DF por grandes vãos estruturais sobre paredes contínuos revestidos, sem a presença de aberturas.

Observou-se que para todas as amostras das prumadas ficou bem caracterizada a ineficiência de juntas e dos elementos de proteção das fachadas. Fator que isoladamente não origina as anomalias, mas que corroboram para a evolução dessas e agravam a perda de estanqueidade das fachadas.

As amostras obtiveram para a maioria dos edifícios notas distintas para as prumadas e empenas, fator que se justifica pelas diferenças construtivas comumente evidenciadas para essas disposições. Todavia, cabe destacar que a nota técnica avalia amostras do edifício, e não o edifício em sua totalidade, de modo que visa contribuir com outras análises que diferenciem as regiões da fachada.

Percebe-se que mesmo buscando-se maior variabilidade construtiva na seleção dos edifícios, o estudo remete à similaridade percebida por meio dos índices. Todavia, admite-se a nota técnica como recurso para investigação dos edifícios e metodologia a ser acrescida à técnica de inspeção.

A sensibilidade à degradação, caracterizada por meio da NT, não implica na degradação das fachadas, a concepção construtiva observada pode possuir critérios bem definidos em seu planejamento e execução, que obviamente irão favorecer o sistema em termos de desempenho e durabilidade. Nesse contexto, o capítulo seguinte compara os resultados obtidos para a NT com o fator de dano quantificado para esses edifícios, a fim de observar o comportamento dos índices de sensibilidade frente à medida de degradação observada na ocasião da inspeção.

4.4. NOTA TÉCNICA ASSOCIADA AO FATOR DE DANO DAS AMOSTRAS

Considerando que a sensibilidade medida por meio da nota técnica indica a possibilidade da degradação, faz-se necessário estabelecer correlações desse índice com outros indicadores que possibilitem avaliar o comportamento dos elementos da fachada. Por esse entendimento propõe-se o estudo comparativo da NT com o Fator de Dano (FD)

O fator de dano é o indicador que quantifica a degradação na amostra no momento da inspeção, considerando a área afetada em relação à área da amostra. Por aferir um parâmetro inicial contribuiu em para outras metodologias de mensuração da degradação. Utiliza-se nesse estudo a comparação da nota técnica com o FD mensurado para as mesmas amostras, analisados no trabalho de Silva (2014) e Souza (2016).

Ao comparar o Fator de Dano (FD) com a nota técnica (NT) pretende-se observar o comportamento que se estabelece entre as condições construtivas com a condição de degradação real mensurada. Entretanto, não há como se afirmar, que a simples ocorrência dos aspectos construtivos são condicionantes à degradação, como já discutidos, a compressão dos mecanismos que se estabelecem nesse processo envolve diversos fatores mais complexos.

Ressalta-se que a quantificação do dano resulta no FD-total da amostra, compreendendo todas as anomalias quantificadas pelo mapeamento das fachadas para cada amostra, para o qual adotou-se nesse estudo a média dos FD para cada orientação.

4.4.1. Fator de Dano nas amostras

Inicialmente cabe apresentar o comportamento do FD nas amostras selecionadas para que se possa estabelecer a comparação entre os dois índices. O histograma da figura 4.15 apresenta a frequência do Fator de Dano Total das amostras analisadas, os valores de FD variam de 1% a 85%. Observa-se que as classes que apresentam maiores FD são: FD menor que 18% com 22 registros e FD entre 18% e 35% com 3 registros. As duas classes representam respectivamente 69% e 9% das 32 amostras selecionadas para o estudo comparativo com a nota técnica.

Importante acrescentar que Silva (2014) analisa o comportamento do FD para cada anomalia observada nas amostras (descolamento cerâmico, fissuração, falha de rejunte, falha de vedação e eflorescência) e observa que a curva representativa demonstra a tendência de que quanto maior o FD menor o número de ocorrências. Análise que pôde ser verificada no gráfico da figura 4.15.

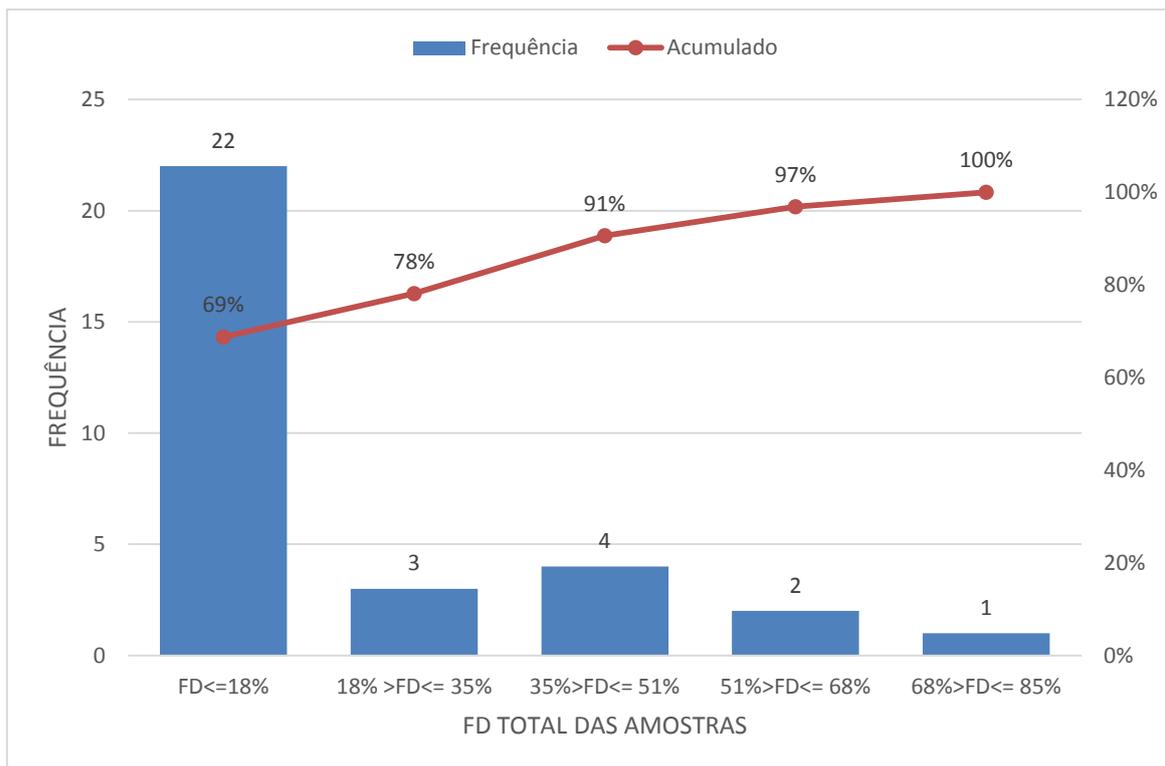


Figura 4.15 - Histograma de frequência e porcentagem acumulada do Fator de Danos Total das amostras de fachadas.

Cabe ressaltar que foi analisado o FD dos edifícios 01 a 08, por possuírem maior volume de dados referentes à quantificação de anomalias e permitirem melhor comparação com a nota técnica.

4.4.2. Análise comparativa - NT x FD

Os dados apresentados na tabela 4.2 relacionam as notas técnicas das amostras dos edifícios por orientações, e o FD anteriormente levantado. As amostras possuem particularidades e pertencem a um universo variado de aspectos construtivos, conforme observado nas análises referentes a nota técnica isoladamente.

Importante salientar que os indicadores comparados possuem naturezas distintas. A NT é um indicador de risco atemporal e o FD é temporal, levando em conta a ação do tempo no processo de degradação.

A tabela 4.2 apresenta os índices da Nota Técnica e Fator de Dano das amostras. Em uma análise inicial é possível verificar que de maneira geral as NT não apresentam de maneira direta a mesma tendência aos índices de degradação, onde as maiores notas não foram as que obtiveram maior resultado de FD, assim como os maiores FD não estão relacionados aos maiores índices de sensibilidade.

Tabela 4.2 - Comparativo da Nota Técnica com Fator de Dano.

Edifício	Orientação	Disposição	Idade	Cor da pastilha	NOTA TÉCNICA	FATOR DE DANO
Edifício 01	NORTE	PRUMADA	6	Clara	26	6%
	SUL	PRUMADA	6	Clara	26	8%
	LESTE	EMPENA	6	Clara	32	9%
	OESTE	EMPENA	6	Clara	32	8%
Edifício 02	NORTE	PRUMADA	9	Clara	36	14%
	SUL	PRUMADA	9	Clara	36	17%
	LESTE	EMPENA	9	Clara	40	13%
	OESTE	EMPENA	9	Clara	40	39%
Edifício 03	NORTE	EMPENA	6	Clara	41	7%
	SUL	EMPENA	6	Clara	41	6%
	LESTE	PRUMADA	6	Clara	37	2%
	OESTE	PRUMADA	6	Clara	37	4%
Edifício 04	NORTE	EMPENA	5	Escura	12	5%
	SUL	EMPENA	5	Escura	12	1%
	LESTE	PRUMADA	5	Escura	21	1%
	OESTE	PRUMADA	5	Escura	21	1%
Edifício 05	NORTE	PRUMADA	8	Escura	26	2%
	SUL	PRUMADA	8	Escura	26	4%
	LESTE	EMPENA	8	Escura	26	16%
	OESTE	EMPENA	8	Escura	26	4%
Edifício 06	NORTE	PRUMADA	32	Clara	21	43%
	SUL	PRUMADA	32	Clara	21	33%
	LESTE	EMPENA	32	Clara	22	31%
	OESTE	EMPENA	32	Clara	22	85%
Edifício 07	NORTE	PRUMADA	36	Clara	35	63%
	SUL	PRUMADA	36	Clara	35	42%
	LESTE	EMPENA	36	Clara	32	62%
	OESTE	EMPENA	36	Clara	32	50%
Edifício 08	NORTE	PRUMADA	10	Clara	26	14%
	SUL	PRUMADA	10	Clara	26	8%
	LESTE	EMPENA	10	Clara	32	19%
	OESTE	EMPENA	10	Clara	32	13%

Nesse sentido cabe ressaltar que a NT é um parâmetro de caracterização dos elementos da fachada à degradação e em contrapartida o FD é a medida da degradação, submetida às ações dos agentes envolvidos nesse processo. Todavia busca-se por meio da NT contribuir com a compreensão desse fenômeno à medida que se pode estabelecer relação do dano com o modelo construtivo adotado.

As dispersões apresentadas no gráfico da figura 4.16 auxiliam no entendimento do comportamento dos índices de NT e FD. Observa-se que as faixas de NT compreendidas entre 12 e 26 relacionam-se com os FD que variam de 1% a 85%. Esse conjunto de amostras possui edifícios jovens (até 10 anos) e edifícios mais antigos (acima de 30 anos).

Importante destacar que para os valores de NT superiores a 26 também se evidencia variabilidade nos resultados de FD, obtendo-se índices de 2% a 63%. A análise das disposições construtivas permite direcionar o entendimento, uma vez que a esse grupo de notas estão associados edifícios jovens onde se evidenciam erros construtivos que associados interagem com as condições de exposição favorecendo o processo de degradação. Faz-se, portanto necessário observar as particularidades por grupo de amostras, considerando faixas de idade em relação ao FD obtido.

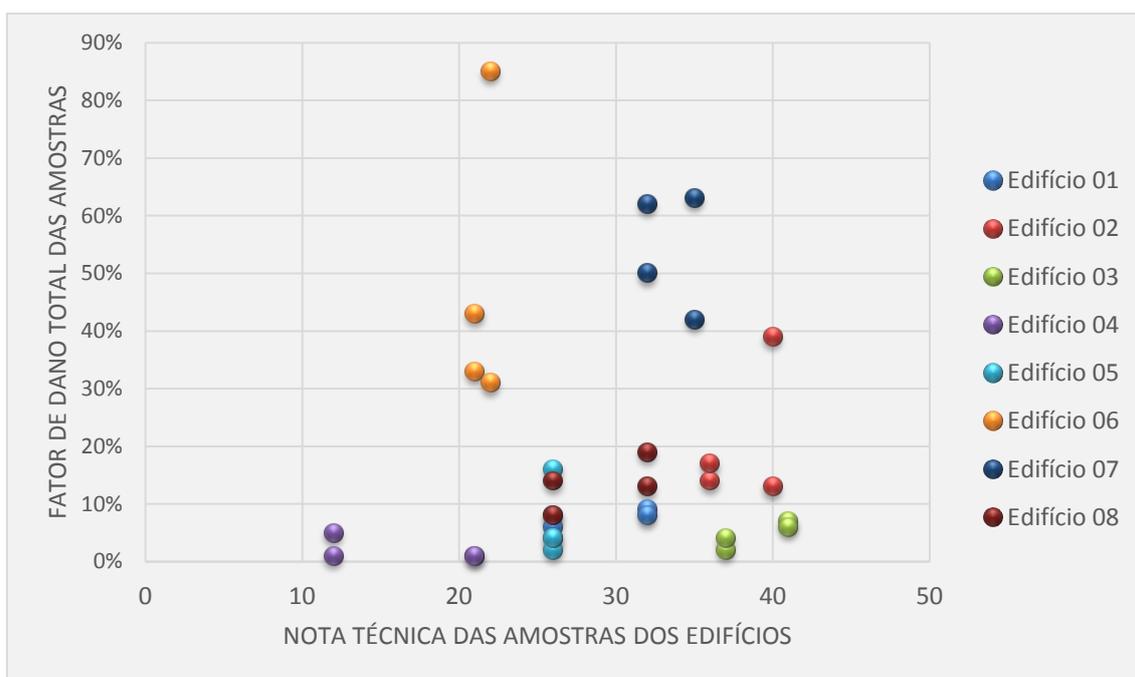


Figura 4.16 – Comparação dos resultados de FD x NT.

A tabela 4.3 identifica os edifícios com idades entre 5 e 10 anos, classificados pela maior NT obtida, a fim a relação que se estabelece com os percentuais de FD, onde a escala de intensidade da cor destaca a elevação dos índices onde: vermelho: maior; verde: menor). As amostras apresentaram representativa variação tanto para os FD como para a NT. Entretanto é possível inferir sobre a relação da disposição construtiva com a degradação quando se observa índices de sensibilidade entre 32 e 40 relacionados a fator de dano acima de 10%, enfatizando para alguns edifícios acelerada perda de desempenho para edifícios consideravelmente jovens.

Analogamente, pode-se atribuir relação da NT aos edifícios com faixas de NT inferiores a 26 com percentuais de degradação entre 1% e 5%, onde percebe-se edifícios caracterizados por concepções construtivas mais robustas, mas que por ineficiência de outras disposições construtivas podem estar desencadeando o processo de degradação.

Tabela 4.3 - Amostras dos edifícios com idades entre 5 e 10 anos, classificados pela maior NT.

EDIFÍCIO	ORIENT.	DISPOSIÇÃO	IDADE	NT	FD
3	NORTE	EMPENA	6	41	7%
3	SUL	EMPENA	6	41	6%
2	LESTE	EMPENA	9	40	13%
2	OESTE	EMPENA	9	40	39%
3	LESTE	PRUMADA	6	37	2%
3	OESTE	PRUMADA	6	37	4%
2	NORTE	PRUMADA	9	36	14%
2	SUL	PRUMADA	9	36	17%
1	LESTE	EMPENA	6	32	9%
1	OESTE	EMPENA	6	32	8%
8	LESTE	EMPENA	10	32	19%
8	OESTE	EMPENA	10	32	13%
1	NORTE	PRUMADA	6	26	6%
1	SUL	PRUMADA	6	26	8%
5	NORTE	PRUMADA	8	26	2%
5	SUL	PRUMADA	8	26	4%
5	LESTE	EMPENA	8	26	16%
5	OESTE	EMPENA	8	26	4%
8	NORTE	PRUMADA	10	26	14%
8	SUL	PRUMADA	10	26	8%
4	LESTE	PRUMADA	5	21	1%
4	OESTE	PRUMADA	5	21	1%
4	NORTE	EMPENA	5	12	5%
4	SUL	EMPENA	5	12	1%

Quando analisado isoladamente o comportamento das amostras dos edifícios com idade superior a 30 anos é possível constatar que:

- Os edifícios que obtiveram menor NT (inferior a 30) também apresentaram menor FD (entre 31 e 33%), excetuando a amostra referente ao edifício 06, orientação oeste, que obteve maior índice de degradação entre todas as amostras. Tal fato deve ser associado a outros parâmetros de aferição da degradação onde a NT não estabelece relação direta.
- As amostras com NT superior a 30 obtiveram faixas de degradação entre 42% e 63%. Conforme discutido no capítulo anterior e demonstrado nas figuras 4.13 e 4.14, observa-se pelas disposições construtivas dessas amostras, a predominância de elementos construtivos com maior sensibilidade ao processo de degradação, de modo que a NT auxilia na compreensão do dano mensurado a época da inspeção.

As análises seguintes pontuaram os aspectos relacionados a cada edifício, comparando os índices de sensibilidade e a medida da degradação, a partir das dispersões que se observa nos gráficos a seguir.



Figura 4.17 – a) NT x FD-ED 01; b) NT x FD-ED 02

Os resultados da NT e FD para os edifícios 01 e 02 convergem quando observa-se maior quantificação de FD para maior NT relacionada. Os edifícios possuem similaridade quanto às suas disposições construtivas, diferenciando-se nas empenas pela presença de projeção de balanços no edifício 02, onde se observa maior grau de FD. Embora se tratando de edifício jovem (até 10 anos) o percentual de dano que se observa no edifício 02 já caracteriza evoluído processo de degradação.

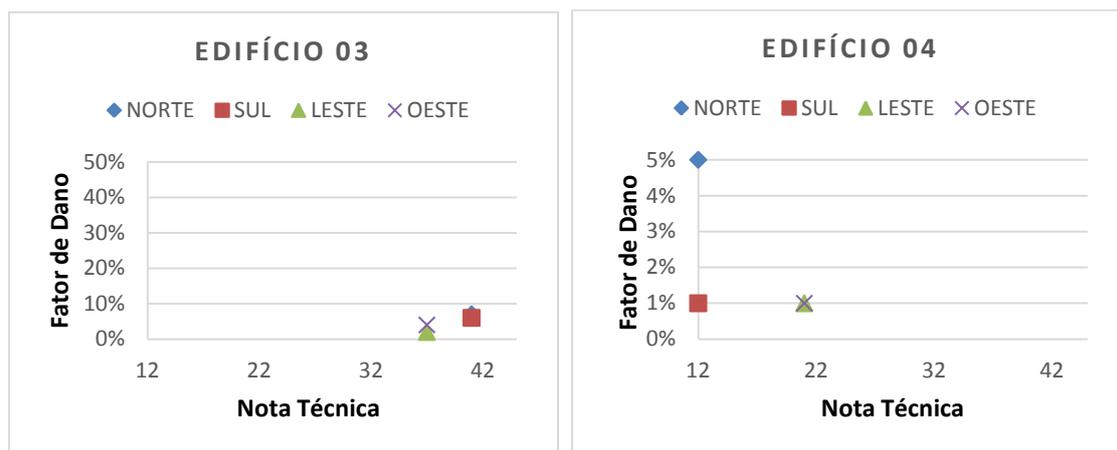


Figura 4.18 – a) NT x FD-ED 03; b) NT x FD-ED 04

Observa-se que o edifício 03 apresenta elevado valor de NT para suas fachadas, fato que justifica-se pela presença de balanços acima de 2,00m. Entretanto tal fator não é condicionante a degradação. O FD e a NT também são crescentes conforme a orientação analisada.

Os valores de NT obtidas para o edifício 04 são consideravelmente pequenas, dado que a concepção arquitetônica do edifício não remete ao que se estabeleceu como maior sensibilidade construtiva. Esse edifício apresenta a particularidade de ser composto por revestimento cerâmico e pintura e embora o estudo delimite-se a sistemas de revestimento cerâmico, optou-se por manter essa amostra para destacar a importância de classificar os demais sistemas envolvidos.

Leva-se em conta, na análise do FD, que o revestimento cerâmico fez parte de uma reforma, não possuindo a mesma idade da edificação. Por se tratar de um sistema novo, os índices de FD são expressivamente pequenos. Todavia, pelas disposições construtivas observadas, não há ocorrência de elementos classificados como mais sensíveis.

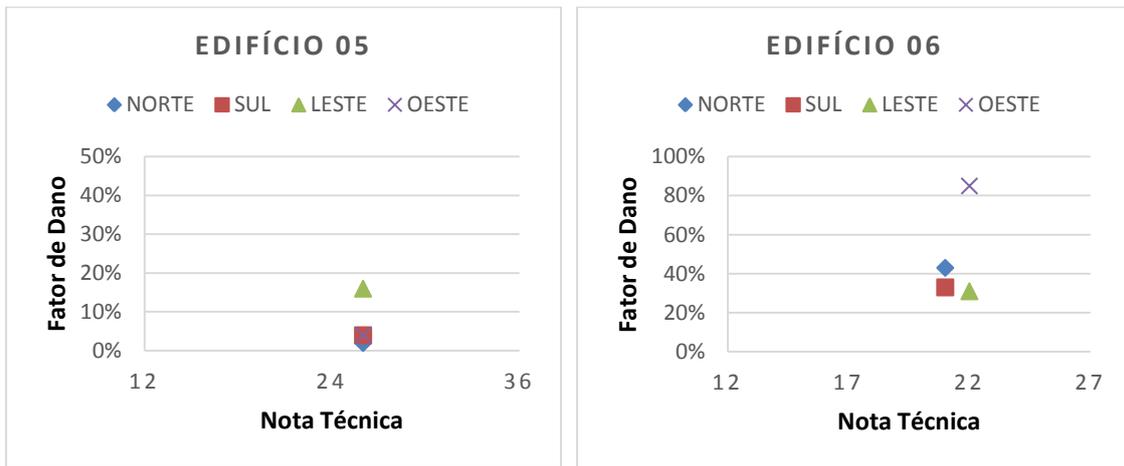


Figura 4.19 – a) NT x FD-ED 05; b) NT x FD-ED 06

Da análise da amostra 05 tem-se que as fachadas possuem disposições construtivas semelhantes para as 04 orientações e, portanto receberam a mesma NT = 26. As amostras apresentam menores índices de degradação variando entre 2% e 16% e que por se tratar de um edifício de 08 anos (na inspeção) já se apresenta grau de degradação relevante.

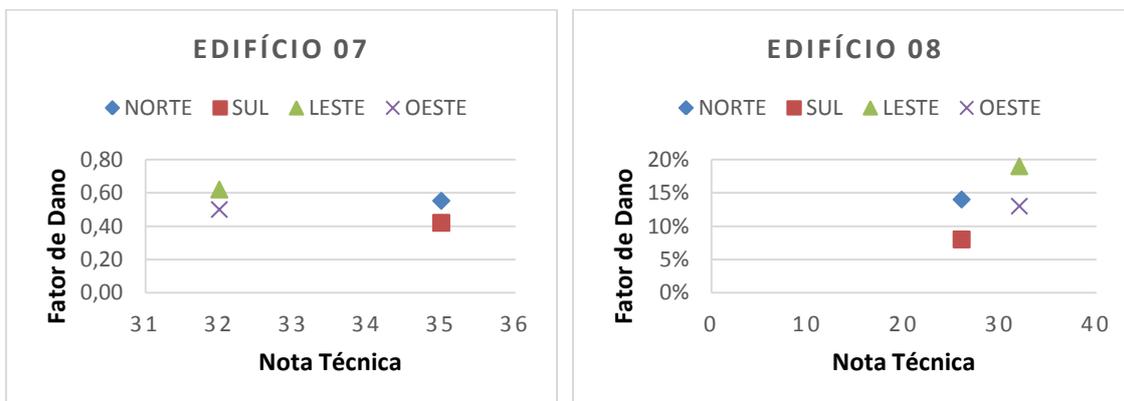


Figura 4.20 – a) NT x FD-ED 07; b) NT x FD-ED 08

A nota técnica obtida para o edifício 06 indica uma maior sensibilidade do edifício, mas tal fato não justifica isoladamente o FD apresentado, dado a sinergia dos outros fatores e condições a que está exposto o edifício.

Para os edifícios 06 e 07 observa-se faixas de FD mais elevadas, dado que justifica-se com a afirmação de que os fenômenos iniciam-se de forma lenta, sendo cumulativos e progressivos, de modo que o processo é acelerado atingindo um limite crítico nas maiores idades (BAUER e CASTRO, 2014).

Os estudos de Silva (2014) e Souza (2016) aprofundaram, tomando como parâmetro inicial o FD, desenvolveram correlações desse índice com a idade da edificação, orientação, altura e regiões da fachada, diferenciada por cada tipo de anomalia observada as inter-relações que se estabelecem.

No presente estudo não é possível aferir o quanto das características construtivas, relacionadas para obtenção da NT, influenciam no FD. Todavia a NT indica a sensibilidade condicionada aos aspectos construtivos da edificação, que em conjunto com os outros fatores, aos quais o edifício está exposto, poderá favorecer a evolução do processo degradativo.

Cabe ressaltar que não se trata de direcionar o aspecto construtivo a ocorrência do dano, mas do quanto esse aspecto pode mostrar tendência para a perda de desempenho do sistema, uma vez que não se tem parâmetros conclusivos acerca das influências de projeto e execução, obtidos no momento da inspeção.

4.5. SÍNTESE DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA E MÉTODO APLICADO

A proposta metodológica desenvolvida no presente trabalho consta da proposição do método para obtenção de um índice de sensibilidade e aplicação dessa ferramenta em amostras selecionadas, correlacionadas à degradação de fachadas. A tabela 4.3 sintetiza as etapas desenvolvidas e os resultados obtidos.

Tabela 4.3 - Síntese das etapas de desenvolvimento da ferramenta.

Desenvolvimento da Ferramenta	Resultados Obtidos
Seleção dos aspectos construtivos	Seleção dos aspectos a partir dos critérios de desempenho e correlação com o processo de degradação
Ponderação da relevância	Matriz de correlação
Formulação proposta	Proposta de obtenção do índice simples e objetiva, diretamente relacionada à ocorrência do aspecto.
Simulações	Análise da amplitude da nota técnica, observando-se a contribuição dos pesos representativos para cada disposição construtiva, de modo a validar a coerência da formulação proposta.
Modelo para levantamento dos dados	Desenvolvimento de ficha técnica para levantamento dos dados da amostra
Seleção das amostras	Seleção de edifícios com dados de inspeção refinados por meio de relatórios técnicos de inspeção e mapeamento de danos.
Obtenção da Nota Técnica	Quantificação da sensibilidade à degradação
Comparativo NT x FD	Comparativo da medida de degradação quantificada nas amostras (estudos anteriores) com a nota técnica.

As disposições construtivas, tomadas para análise, relacionam-se com os mecanismos e causas possíveis do surgimento de anomalias. De modo que, face à dificuldade de acesso aos detalhes de projetos e métodos construtivos durante a inspeção, devem ser monitorados e inseridos no contexto de influência à degradação.

A importância de cada aspecto é avaliada a partir da sua relação direta com o surgimento da anomalia. O resultado obtido por meio da matriz de correlação estabelece a diferenciação dos pesos atribuídos às disposições arquitetônicas e estruturais e cumpre enfatizar o grau de interferência de cada aspecto com o surgimento da anomalia. O estudo resultou em uma formulação objetiva para obtenção da nota.

Utilizou-se de simulações para analisar a amplitude da nota técnica, observando-se a contribuição dos pesos representativos para cada disposição construtiva, de modo a validar a coerência da formulação proposta.

Como instrumento para aplicação do método tem-se a elaboração da ficha para levantamento dos dados e obtenção da nota técnica, onde são agrupados os aspectos, que devem ser assinalados de acordo com a disposição construtiva (prumada/empena) e orientação cardinal, constituindo ferramenta para apoio em procedimentos de inspeção.

A ferramenta desenvolvida foi aplicada em amostras selecionadas, objeto de estudos de degradação, e por possuírem relatórios técnicos de inspeção de fachadas e mapeamento de danos, subsidiaram a análise fornecendo dados relacionados ao sistema de revestimento, condições de desempenho e demais particularidades possíveis de análise no momento da inspeção. A nota aplicada a cada amostra (por orientação) identifica as disposições construtivas e qualifica-as quanto à tendência a ocorrência do dano. Mostra-se objetiva e de análise direta, caracterizando a amostra no que se refere à sensibilidade à degradação.

A comparação da nota técnica com o FD visa analisar o comportamento da fachada, ponderada à sua concepção construtiva, com a quantificação de anomalias. Os resultados demonstrados, não convergem de maneira direta, face a complexidade do processo de degradação, mas constituem elemento relevante a ser associado e, por conseguinte monitorado.

5. CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido na presente dissertação visou tratar aspectos da edificação que não são mensurados nos métodos de quantificação da degradação, mas que são decisivos para a formação de manifestações patológicas. A relação desses aspectos com a perda de desempenho e conseqüente redução de vida útil, culmina evidenciando falhas no processo construtivo, que são difíceis de serem quantificados e não são tomados a rigor nas fases de projeto e execução. A nota técnica constitui ferramenta simples de análise e permite que as disposições construtivas possam ser ponderadas para análise da sensibilidade a degradação.

O método de construção da ferramenta fundamentou-se em criterioso processo de seleção de aspectos construtivos que compõem a fachada e que direcionam aos requisitos de desempenho adequados a esse sistema. A sistematização dessa seleção resultou na matriz de correlação, de onde balizaram-se as ponderações de pesos e interações atribuídos ao indicador de sensibilidade nomeado nota técnica.

A formulação para obtenção da nota técnica baseou-se em estabelecer ordens de grandeza para os diferentes edifícios analisados. Face às disposições arquitetônicas e estruturais distintas, e ainda pela anisotropia dos materiais, o sistema pode apresentar respostas diferentes às solicitações que lhes são impostas.

Da aplicação da nota técnica nas amostras selecionadas resultou a percepção da potencialidade de perceber os efeitos dos erros construtivos e da obtenção de mais um indicador a ser inserido no contexto de análise da degradação.

As diversidades dos valores apresentados como indicador de sensibilidade se deu em função das diferentes características projetuais dos edifícios e não implica em quantificar maior ou menor degradação. A medida de sensibilidade irá refletir em degradação quando associada às condições de exposição ambientais e demais fatores que interagem no processo de formação das anomalias.

Importante salientar que a alta sensibilidade evidenciada nas notas não configura a ocorrência da degradação nos elementos ou no sistema. A nota poderá remeter índices mais altos em face da disposição construtiva, mas que foram bem planejados e executados, resultando possivelmente em respostas melhores às ações de degradação.

Ressalta-se que a ocorrência e/ou ineficiência dos aspectos correlacionados às disposições construtivas da fachada, aplicada para a obtenção do índice de sensibilidade, indica a predisposição da fachada ao surgimento do dano, porém não afirma que haverá a ocorrência da degradação.

Da análise obtida pela comparação com o grau de degradação quantificado (fator de dano), é possível afirmar que embora não haja uma associação direta, observa-se que a ferramenta para obtenção da nota técnica melhora a precisão do diagnóstico.

Destaca-se a possibilidade de se estabelecer prioridades de ações preventivas de manutenção, pelo monitoramento dos elementos construtivos analisados, propiciando definição de estratégias a partir das condições em uso avaliadas.

5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros foram propostos os seguintes temas:

- Aplicar a metodologia ampliando a seleção de amostras, observando maiores distinções das características construtivas,
- Analisar o método aplicado a outros sistemas de revestimento de fachadas e/ou sistemas mistos;
- Associar à composição da nota técnica a influência dos agentes climáticos, das condições de exposição e condições de abrigo (influência do sombreamento das edificações vizinhas);
- Associar a ferramenta ao gerenciamento de risco, uma vez que a mesma propõe o uso sistemático das informações disponíveis para determinar a frequência e as consequências dos eventos, ou seja, quanto o risco afeta o sistema.
- Propor modelo de manutenção utilizando a nota técnica como apoio para estratégias preventivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, G. Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – sistematização da incidência de casos. Mestrado (Dissertação). Universidade de Brasília, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10821-1:2017, Esquadrias para edificações, Parte 1: Esquadrias externas e internas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14037 Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação, Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13755:1996, Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-2 Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-3 Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4 Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674 Manutenção de edificações – Requisitos para os sistemas de gestão da manutenção.** Rio de Janeiro, 2012.

BAGATELLI, R. **Edifícios de alto desempenho: conceito e proposição de recomendações de projeto.** Mestrado (Dissertação). Universidade Federal do Espírito Santo, 2002.

BAUER, E. **Resistência a Penetração Da Chuva Em Fachadas De Alvenaria De Materiais Cerâmicos - Uma Análise Do Desempenho.** Mestrado (Dissertação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.

BASTOS, P. S. S. **Notas de aula, Estruturas de Concreto IV, Marquises.** Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2006.

BAUER, E.; CASTRO, E. K. DE; ANTUNES, G. R.; LEAL, F. E. **Identification and Quantification of Failure Modes of New Buildings Façades in Brasília.** XII DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, 2011.

BAUER, E; CASTRO, E. K.; SILVA, M.N.B.; ZANONI, V.A.G. **Evaluation of damage of building facades in Brasília. In: International Conference on Durability of Building Materials and Components.** XIII DBMC 2014. Universidade de São Paulo, 2014.

BAUER, E; SOUZA, J. S. **Perfil da degradação para envoltória dos edifícios – Estudo das regiões da fachada. XII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas.** Porto, Portugal, 2016.

BORDALO, R.; BRITO, J. DE; GASPAR, P. L.; SILVA, A. **Abordagem a um modelo de previsão da vida útil de revestimentos cerâmicos aderentes.** Teoria e Prática na Engenharia Civil, 2010.

BOTO, M. G. **Plano de Manutenção de Fachadas em Edifícios na Zona Costeira.** Mestrado (Dissertação). Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2014.

CONSOLI, O. J. **Análise da durabilidade dos componentes das fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico.** Mestrado (Dissertação). Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. **Manutenção da Envolvente Vertical - Aplicação de Estratégias Predictivas (ParteII).** Publicado: www.reserachgate.net. 2002.

FLORES-COLEN, I. ; BRITO, J. **Manchas Prematuras em Fachadas de Edifícios Recentes.** Publicado: www.reserachgate.net. 2003.

FLORES-COLEN, I.; BRITO, J . **Estratégias de Manutenção em Fachadas de Edifícios.** Revista Engenharia Civil, 2002.

FLORES-COLEN, I; MADUREIRA, S.; MORGADO, J.; BRITO, J. **Planos de Manutenção Pró-Activa em Edifícios Recentes.** CONPAT, Lisboa, 2015.

FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J. **A systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies.** Construction and Building Materials, 2010.

FLORES-COLEN, I. DOS S. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na ótica da manutenção predictiva.** Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2009.

FREITAS, J. G. **A influência das condições climáticas na durabilidade dos revestimentos de fachada: estudo de caso na cidade de Goiânia-GO.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, 2012.

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.** Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GASPAR, P. L.; BRITO, J. DE. **The Perception of Damage on Rendered Façades.** XII DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, 2011.

ISO/DIS 15686-1: Buildings - Service life planning. Part 1: **General principles and framework**, International Organization for Standardization, 2011.

ISO/DIS 15686-2: Buildings - Service life planning. Part 2: **Service life prediction procedures**, *International Organization for Standardization*, 2012.

JUNGINGER, M. **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de paredes.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

JUNGINGER, M. **A nova NBR 13755.** XV Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, ENTAC, 2014.

JÚNIOR, W. B. S. **Desempenho, durabilidade, degradação e vida útil: aspectos técnicos no desenvolvimento do plano de manutenção de fachadas.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2016.

LOPES, T. J. O. L. P. **Fenômenos de pré-patologia em manutenção de edifícios - Aplicação ao revestimento ETICS**. Dissertação (Mestrado). Universidade do PORTO, 2005.

MADUREIRA, S. S. **Plano e manual de inspeção e manutenção de fachadas de edifícios correntes**. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior Técnico. Universidade de Lisboa, 2011.

MACIEL, L.L. MELHADO, S. B. **Diretrizes para o detalhamento do projeto do revestimento de argamassa de fachada**. Brasil – Vitória, ES. 1999 p. 769-780. In. Simpósio Brasileiro das Argamassas, Vitória, 1999.

Manual de Revestimento de Fachada. Comunidade da Construção, Salvador 2006.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de engenharia de construção civil, 1999.

MORGADO, J. **Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes**. Dissertação (Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2012.

NASCIMENTO, M. **Aplicação da simulação higrotérmica na investigação da degradação de fachadas de edifícios**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2016.

Perez, A. R. (1986). **Umidade nas edificações**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

POYASTRO, P. C. **Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011.

RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: levantamento do estado da arte.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 2006.

ROMERO, M. A; SIMÕES, J. R. L. **A importância do detalhamento de componentes construtivos de fachada nos edifícios.** Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Goiânia, GO. 1995. 1º, Goiânia, 1995.

SAHB, C. A. S. **Contribuição Ao Estudo Da Interface Estrutura- Alvenaria Externa Em Edifícios Verticais Contribuição Ao Estudo Da Interface Estrutura.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, 2005.

SANTOS, M. J. B. O. **Catálogo de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2016.

SILVA, M. M. DE A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 2003.

SILVA, M. M. DE A.; SABBATINI, F. H. **Conteúdo e padrão de apresentação dos projetos para a produção de alvenarias de vedação racionalizadas.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de engenharia de construção civil, 2007.

SILVA, M. N. B. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida útil de Revestimentos de Fachada - Aplicação ao Caso de Brasília.** Doutorado. Universidade de Brasília, 2014.

SILVESTRE, J. D. **Sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em BAS revestimentos cerâmicos aderentes.** Dissertação (Mestrado). Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, 2005

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas - Efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2016.

SOUZA, J. S. S.; BAUER, E.; NASCIMENTO, L. M. M.; CAPUZZO, V. M. S., ZANONI, V. A. G. **Study of damage distribution and intensity in regions of the facade.** Journal of Building Pathology and Rehabilitation, 2016.

SOUZA, R. H.; ALMEIDA, I. R.; VERÇOSA, D. K. **Fachadas prediais – considerações sobre o projeto, os materiais, a execução, a utilização, a manutenção e a deterioração.** 2º Congresso Nacional da Construção. FEUP, 2004.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** 1 ed. São Paulo: PINI/EPUSP/IPT, 1989.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no Projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de engenharia de construção civil, 2000.

ZANONI, V. A. G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília.** Tese (Doutorado) Universidade de Brasília, 2015.