

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

Ana Flávia Ramos Cruz

**DIRETRIZES PARA DIAGNÓSTICO E MAPEAMENTO DA ESTANQUEIDADE
DAS FACHADAS DAS EDIFICAÇÕES PARA GARANTIA DA VIDA ÚTIL DE
PROJETO**

Juiz de Fora
2019

Ana Flávia Ramos Cruz

Diretrizes para diagnóstico e mapeamento da estanqueidade das fachadas das edificações para garantia da vida útil de projeto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador (a): Profa. Dra. Maria Teresa Gomes Barbosa

Juiz de Fora

2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ramos Cruz, Ana Flávia.

Diretrizes para diagnóstico e mapeamento da estanqueidade das fachadas das edificações para garantia da vida útil de projeto / Ana Flávia Ramos Cruz. -- 2019.

110 f.

Orientador: Maria Teresa Gomes Barbosa

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído, 2019.

1. Desempenho. 2. Estanqueidade. 3. Mapa de Danos. 4. Termografia. 5. Fachada. I. Gomes Barbosa, Maria Teresa, orient. II. Título.

Ana Flávia Ramos Cruz

Diretrizes para diagnóstico e mapeamento da estanqueidade das fachadas das edificações para garantia da vida útil de projeto

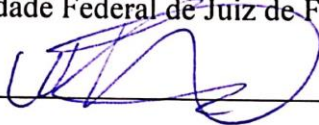
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Maria Teresa Gomes Barbosa

Universidade Federal de Juiz de Fora



Prof. Dr. White José dos Santos

Universidade Federal de Minas Gerais



Prof. Dra. Maria Aparecida Steinherz Hippert

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por tudo que me concedeu até o dia de hoje. Aos meus pais, minha irmã, minha avó, demais familiares e amigos, que fizeram parte dessa trajetória e me apoiaram nesse caminho. Agradeço também à minha professora, orientadora e amiga, Maria Teresa, pela oportunidade de trabalharmos juntas e por me direcionar e instruir no caminho da educação e da pesquisa. Ao Matheus e ao Vicente, que se tornaram grandes amigos, toda minha gratidão pelo apoio e ajuda que me deram neste trabalho e ao longo do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de recursos para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), pela concessão de bolsa de estudo e por ter se tornado, ao longo de tantos anos, meu alicerce. Ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído (PROAC) e seus professores, funcionários e amigos que conheci no programa, que fizeram desta etapa mais enriquecedora. À Faculdade de Engenharia da UFJF, minha eterna gratidão, por me proporcionar experiências únicas, me apresentar pessoas que me fizeram crescer pessoalmente e profissionalmente e por me tornar cada vez mais forte.

“Ser feliz não é ter uma vida perfeita. Mas usar as lágrimas para irrigar a tolerância. Usar as perdas para refinar a paciência. Usar as falhas para esculpir a serenidade. Usar a dor para lapidar o prazer. Usar os obstáculos para abrir as janelas da inteligência”.

(CURY, Augusto)

RESUMO

Estudos sobre a ocorrência de anomalias e danos em edificações habitacionais tem ganhado destaque no Brasil, especialmente após a implantação da norma de desempenho, em 2013. Nesse cenário, estão presentes as edificações habitacionais de interesse social, objeto de estudo deste trabalho. O objetivo principal do trabalho é executar o processo de diagnóstico das manifestações patológicas relacionadas à presença de umidade nos revestimentos argamassados das fachadas das edificações habitacionais de interesse social, empregando um método alternativo de avaliação àqueles propostos pela norma de desempenho, passível de ser implantado na referida norma em prol da garantia da vida útil de projeto. Para seu desenvolvimento, a pesquisa conta com um programa experimental, no qual foi feita uma investigação dos danos presentes nas fachadas dessas edificações por meio da termografia. A partir daí, buscou-se desenvolver um mapa de danos das fachadas, que permitiu a mensuração desses danos e consequentemente a obtenção de um fator de dano da região de estudo. Foram, também, propostas diretrizes (através do método da Gravidade, Urgência e Tendência – GUT) que auxiliam no diagnóstico quanto à durabilidade desses elementos. Concluiu-se, pela metodologia adotada, que a termografia apresentou-se como um método eficaz, de baixo custo e fácil execução para a avaliação da estanqueidade dos elementos verticais.

Palavras-chave: Desempenho. Mapa de Danos. Termografia. Fachadas.

ABSTRACT

Studies about the occurrence of construction defects in residential buildings have increased in Brazil, especially after the implementation of the Brazilian performance standard ABNT NBR 15.575:2013. In this scenario, social housing, subject of this present paper, is present. This study aims to perform the process of diagnosis of construction defects related to the presence of moisture in rendering and plastering mortar facades in social housing by employing an alternative method of evaluation to those proposed by the performance standard, likely to be included to improve the standard methods. For its development, there is an experimental program, in which an investigation of the damages present in the facades of these buildings was carried out through thermography was made. Afterwards, a map of facade damage was developed, which allowed the measurement of these damages and consequently obtaining a damage factor of the study region. Guidelines were also proposed to help the diagnosis of the durability of these elements. It was concluded, through the adopted methodology, that thermography was presented as an effective, low-cost and easy method for the evaluation of the impermeability of vertical elements.

Keywords: Performance. Damage Map. Thermography. Facades.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Altura capilar em função da evaporação.....	21
Figura 2.2 – Forças que produzem penetração da chuva.....	27
Figura 2.3 – Microclimas atuantes nas fachadas de uma edificação.....	28
Figura 2.4 – Detalhes construtivos em situações de chuva.....	30
Figura 2.5 – Formas que protegem contra a água de chuva.....	30
Figura 2.6 – Primeira amostra de mapa de danos.....	37
Figura 2.7 – Segunda amostra de mapa de danos.....	38
Figura 2.8 – Terceira amostra de mapa de danos.....	39
Figura 2.9 – Quarta amostra de mapa de danos.....	40
Figura 2.10 – Quinta amostra de mapa de danos.....	41
Figura 2.11 – Sexta amostra de mapa de danos.....	42
Figura 2.12 – Sétima amostra de mapa de danos.....	43
Figura 3.1 – Efeito da periodicidade de manutenção na vida útil e desempenho.....	48
Figura 3.2 – Requisitos relacionados à estanqueidade de SVVIE.....	50
Figura 3.3 – Condições de exposição no Brasil.....	55
Figura 3.4 – Equipamentos do ensaio de verificação de estanqueidade pela câmara prismática.....	56
Figura 3.5 – Ensaio de permeabilidade à água em SVVIE.....	57
Figura 3.6 – Execução do ensaio de permeabilidade à água.....	58
Figura 3.7 – Cachimbo de vidro utilizado no método.....	61
Figura 3.8 – Imagem termográfica de uma fachada.....	63
Figura 3.9 – Umidade acidental em uma edificação.....	64
Figura 4.1 – Localização de Juiz de Fora – MG.....	67
Figura 4.2 – Regiões da cidade de Juiz de Fora e regiões urbanas da região oeste.....	67
Figura 4.3 – Croqui da disposição dos blocos do empreendimento A1.....	70
Figura 4.4 – Croqui da disposição dos blocos do empreendimento A2.....	71
Figura 4.5 – Croqui da disposição dos blocos do empreendimento B1.....	72
Figura 4.6 – Croqui da disposição dos blocos do empreendimento B2.....	73
Figura 4.7 – Imagens capturadas de regiões de estudo da fachada lateral de direita do bloco A do empreendimento A1, com diferentes angulações.....	75
Figura 4.8 – Representação gráfica da fachada através do termograma.....	76
Figura 4.9 – Delimitação das áreas afetadas e confecção de mapa de danos.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Principais manifestações patológicas em revestimentos externos argamassados.....	34
Tabela 3.1 – VUP para os sistemas da edificação.....	48
Tabela 3.2 – Estanqueidade à água de SVVE.....	52
Tabela 3.3 – Condições para ensaio de estanqueidade de água.....	55
Tabela 3.4 – Abordagem comparativa dos dois métodos.....	60
Tabela 4.1 – Dados climáticos dos dias de coleta de dados.....	68
Tabela 4.2 – Número de blocos avaliados em cada empreendimento.....	69
Tabela 4.3 – Pontuação do GUT e adaptação para origem da manifestação patológica por presença de umidade.....	79
Tabela 5.1 – Análises do empreendimento A1.....	82
Tabela 5.2 – Análises do empreendimento A2.....	86
Tabela 5.3 – Análises do empreendimento B1.....	94
Tabela 5.4 – Análises do empreendimento B2.....	96
Tabela 5.5 – Resultados encontrados para os empreendimentos A1 e A2, da empresa A.....	101
Tabela 5.6 – Resultados encontrados para os empreendimentos B1 e B2, da empresa B.....	102
Tabela 5.7 – Resumo dos resultados encontrados.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
CEF	Caixa Econômica Federal
SVV	Sistemas de Vedações Verticais
EHIS	Edificações Habitacionais de Interesse Social
SVVE	Sistemas de Vedações Verticais Externas
MD	Mapa de danos
FD	Fator de Dano
FD (%)	Fator de Dano em valores percentuais
SVVIE	Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas
VU	Vida útil
VUP	Vida útil de projeto
GUT	Gravidade, urgência e tendência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS.....	17
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2	ESTANQUEIDADE EM REVESTIMENTOS	
	ARGAMASSADOS.....	19
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	19
2.2	FORMAS DE MANIFESTAÇÃO DA UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES.....	20
2.3	RECOMENDAÇÕES PARA PREVENIR A PENETRAÇÃO DE ÁGUA EM FACHADAS.....	28
2.4	PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS.....	31
2.5	DANOS EM FACHADAS E SUAS FORMAS DE REPRESENTAÇÃO.....	35
3	NORMA DE DESEMPENHO E A ESTANQUEIDADE EM SVVIE.....	46
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	46
3.2	REQUISITOS DE DESEMPENHO PARA SVVIE EM RELAÇÃO À ESTANQUEIDADE.....	49
3.3	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO PARA SVVIE EM RELAÇÃO À ESTANQUEIDADE.....	50
3.4	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO PRESCRITOS PELA NBR 15.575:2013.....	54
3.4.1	Verificação em laboratório da estanqueidade à água de SVVE – “método da CIENTEC” /anexo C.....	54
3.4.2	Verificação da permeabilidade à água de SVVIE – “método do IPT” /anexo D.....	56
3.4.3	Resumo comparativo dos métodos de avaliação prescritos pela NBR 15.575:2013.....	58

3.5	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO EMPREGADOS PARA VERIFICAÇÃO DA ESTANQUEIDADE À ÁGUA NOS SVVE EM CAMPO NÃO CONSIDERADOS PELA NORMA DE DESEMPENHO.....	60
3.5.1	Método do Cachimbo.....	60
3.5.2	Termografia.....	62
4	PROGRAMA EXPERIMENTAL: COLETA DE DADOS, MAPEAMENTO E ANÁLISE DE DANOS.....	66
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	66
4.1.1	Descrição dos Empreendimentos.....	69
4.1.2	Metodologia adotada para coleta de dados com a câmera termográfica nos empreendimentos estudados.....	73
4.2	SISTEMATIZAÇÃO PROPOSTA DE ANÁLISE DE DADOS.....	75
4.2.1	Elaboração dos Mapas de Danos.....	75
4.2.2	Quantificação de Danos.....	77
4.2.3	Utilização do método GUT para diagnóstico quanto à durabilidade dos elementos estudados.....	78
5	APLICABILIDADE DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA ANÁLISE DE DANOS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES.....	81
6	CONCLUSÕES.....	103
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	105
	REFERÊNCIAS.....	106

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A principal função da habitação, de acordo com Abiko (1995), é a de abrigo, a fim de proteger o ser humano das intempéries e intrusos. Com o desenvolvimento de suas habilidades e inovações tecnológicas, o ser humano passou a desenvolver novos materiais, métodos e produtos, a fim de garantir condições favoráveis desse ambiente para o ser humano, pois as habitações devem proporcionar a seus usuários condições de segurança e habitabilidade, além de apresentar um desempenho satisfatório quanto a durabilidade e, atualmente, essas exigências devem estar associadas a métodos e metodologias sustentáveis (ABNT NBR 15575:2013).

No Brasil, o conceito de desempenho na construção é fortemente ligado à habitação. De acordo com Kern *et al.* (2014), entre as décadas de 1950 e 1980, o país atravessou um período de significativo aumento populacional e consequente déficit habitacional, o que gerou um crescente número de construções irregulares, principalmente, em regiões periféricas. Esses fatores, somados, levaram a uma maior preocupação política com a habitação de interesse social.

Em 2009, o governo federal em parceria com estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos inaugurou o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), com o objetivo de diminuir o déficit habitacional no país e permitir o acesso à casa própria para famílias de renda baixa e média, segundo dados da Caixa Econômica Federal – CEF (2018). Esse programa foi dividido em diferentes fases: a primeira fase, com início em 2009; a segunda fase, com início em 2011 e a fase atual, que teve início em 2016. Na fase atual, na modalidade de habitação urbana, são contempladas 4 faixas de renda (CEF, 2018):

- Faixa 1 – Famílias com renda de até R\$ 1.800,00;
- Faixa 1,5 – Famílias com renda de até R\$ 2.600,00;
- Faixa 2 – Famílias com renda de até R\$ 4.000,00 e
- Faixa 3 – Famílias com renda de até R\$ 7.000,00.

Desde sua criação, o programa já entregou cerca de 3 milhões de unidades, de modo que foi e tem sido o estímulo para a produção de novas unidades habitacionais no

país, bem como possibilitou parcerias com grandes empresas construtoras. Segundo Cordovil (2013), a modalidade de construção de interesse social, prevista pelo PMCMV, resulta em construções mais econômicas e que, muitas vezes, utilizam, na fase de construção, materiais de menor qualidade, o que pode gerar comprometimento de desempenho ao longo da vida útil dessas edificações.

Nesse contexto, em 2013, adveio a NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho, também conhecida como norma de desempenho. A exigibilidade dessa norma veio a fim de atender as necessidades dos usuários, com base nas condições de habitabilidade das edificações e na sua vida útil, que está vinculada à manutenção da edificação e de seus subsistemas. A norma estabelece níveis de desempenho para edificações residenciais (mínimo – exigido, intermediário e superior), considerando as exigências dos consumidores, ou seja, prescrevendo parâmetros relacionados à durabilidade, manutenção da edificação e ao conforto para os usuários que dela dispõem, dentre outros, estando, portanto, direcionada à qualidade do produto e à capacidade da edificação de resistir às ações de uso e ocupação.

Salienta-se que a norma se aplica à edificação e seus subsistemas, incluindo os sistemas de vedações verticais (SVV). As vedações verticais podem ser internas (SVVI) ou externas (SVVE), como no caso das fachadas dos empreendimentos. Vale destacar que os revestimentos de fachada possuem grande importância para as edificações, uma vez que eles atuam como mecanismo de proteção da edificação contra a ação de agentes deterioradores. Esses revestimentos, porém, normalmente não recebem os cuidados necessários e operações de manutenção para garantia da vida útil dos componentes, o que resulta no surgimento de manifestações patológicas, associadas a danos e degradação de seus elementos.

Em resumo, é de suma importância a garantia de desempenho e durabilidade dos materiais componentes das fachadas das edificações, principalmente no que se refere à estanqueidade, um de seus principais agentes deterioradores, que também ocasionam fissuras e trincas, que são manifestações patológicas muito recorrentes em fachadas, especialmente naquelas de revestimento argamassado, com camada de emboço e reboco, tipo de revestimento muito comum em edificações habitacionais de interesse social (EHIS), como visto em Rodrigues e Ruschel (2002). Nas fachadas de revestimento argamassado, são recorrentes, também, ocorrências de descolamento do revestimento e patologias associadas ao sistema de pintura. Segundo Bauer (1994), as patologias em revestimentos de fachadas podem ter diferentes causas, como a deficiência de projeto, o

desconhecimento das características dos materiais empregados, o emprego de materiais inadequados, erros de execução e ausência de manutenção. Desse modo, conhecer a causa de suas ocorrências e propor medidas mitigadoras a fim de garantir o desempenho e durabilidade de seus materiais componentes, é tarefa fundamental.

De acordo com Santos (2016), a aplicação da norma de desempenho traz inúmeros benefícios, como: melhoria da qualidade dos produtos e serviços, concorrência mais leal entre fornecedores, critérios claros em caso de reclamações, esclarecimento sobre as responsabilidades de cada agente envolvido, conhecimento do comportamento da edificação e suas partes e aumento da segurança jurídica, dentre outros.

Deve-se destacar, também, que a implantação da norma abre caminhos para a inovação na construção civil. Como as regras dizem respeito somente ao resultado final, ou seja, às condições de uso e habitação da edificação, qualquer tecnologia pode ser usada. O importante é que a edificação atenda aos requisitos e critérios de desempenho. Assim, a norma permite a utilização de sistemas inovadores, com a utilização de técnicas e materiais alternativos.

O descumprimento de suas exigências, porém, além de prejuízos quanto ao desempenho da edificação, pode causar inúmeros riscos para construtores, fabricantes e projetistas, como abordado por Santos (2016): reclamações durante o período de garantia, reclamações após o período de garantia e durante a vida útil de projeto, reclamações no momento da entrega da edificação (por perito ou cliente), exigências de agentes financiadores e organismos de certificação, solicitações sobre as características de desempenho no momento da compra do imóvel, desvantagem nas vendas em relação à concorrência e exigências de órgãos públicos.

Quanto à tipologia de edificação a ser estudada nessa pesquisa (Edificações Habitacionais de Interesse Social – EHIS), torna-se fundamental avaliar a aplicação da ABNT NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho em edificações populares, que buscam produzir em menor custo e economia na aquisição de materiais e serviços.

Portanto, o principal interesse e justificativa para abordagem do tema apresentado é a verificação, em campo, por meio de pesquisas de manifestações patológicas, do atendimento ou não das exigências de desempenho em EHIS, localizadas na cidade de Juiz de Fora (MG).

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal executar o processo de diagnóstico das manifestações patológicas relacionadas à presença de umidade em EHIS, empregando um método alternativo de avaliação (a termografia) àqueles propostos pela norma de desempenho, bem como propor um procedimento, baseado no método GUT, para o diagnóstico quanto à durabilidade dos conjuntos habitacionais do PMCMV com revestimento externo argamassado no que se refere à estanqueidade de suas fachadas em prol da vida útil de projeto.

Os objetivos secundários são:

- 1º - Efetuar o levantamento de manifestações patológicas pelo emprego de ensaio não destrutivo (a termografia);
- 2º - Apresentar um método qualitativo e quantitativo para mapeamento de danos em fachadas das edificações;
- 3º - Apresentar uma metodologia para quantificar os danos obtidos nos mapas de danos elaborados, por meio do fator de dano (FD);
- 4º - Fornecer base para futura elaboração de um critério de avaliação de desempenho das edificações habitacionais, passível de ser implantado na norma de desempenho.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa foi dividida em quatro partes sequenciais, a saber:

- i) **Primeira etapa:** constituída pela revisão bibliográfica sobre o tema abordado, em que foram estudados aspectos gerais sobre umidade nas edificações, estanqueidade em argamassas de revestimento, sobre a norma de desempenho (ABNT NBR 15.575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho), sobre as manifestações patológicas mais recorrentes em revestimentos externos argamassados e suas formas de representação, bem como os métodos prescritos ou não para avaliação de estanqueidade nos revestimentos dos elementos verticais de uma edificação;
- ii) **Segunda etapa:** refere-se ao programa experimental, com uma análise de campo nas edificações habitacionais na região oeste da cidade de Juiz de Fora (MG). Nesse momento, os sistemas de vedações verticais externas

(SVVE) foram avaliados quanto às manifestações patológicas, principalmente no que se refere a estanqueidade, através da visualização direta e realização de análises mais criteriosas, empregando-se uma câmera termográfica. Nesta etapa, foi estabelecida uma metodologia para coleta de dados nesses empreendimentos estudados;

- iii) **Terceira etapa:** destinou-se a uma sistematização proposta nesta pesquisa para análise dos dados coletados em forma de termogramas. Nesta etapa, foi desenvolvida uma metodologia para elaboração de mapa de danos dos empreendimentos avaliados e posterior quantificação desses danos, através do cálculo do fator de dano (FD). Além da quantificação de danos, foi proposto um procedimento para diagnóstico quanto à durabilidade das fachadas das EHIS estudados, com base no método GUT, adaptado nesta pesquisa. O método de análise se baseia na estimativa da gravidade, urgência e tendência de progressão dos fenômenos encontrados.
- iv) **Quarta etapa:** Destina-se à avaliação da aplicabilidade da metodologia proposta (que envolve a coleta de dados, elaboração de mapa de danos, quantificação de danos e diagnóstico quanto à durabilidade dos elementos de fachada) nas EHIS estudadas. Sendo assim, a metodologia proposta é testada nos quatro empreendimentos estudados, obtendo-se, para cada fachada avaliada e fotografada, seu mapa de danos, fator de dano, pontuação no método GUT e uma sugestão de tomada de ações, com base na gravidade, urgência e tendência de progressão dos problemas, que podem comprometer a durabilidade dos elementos estudados.

2 ESTANQUEIDADE EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo a ABNT NBR 13529:2013, um sistema de revestimento é o conjunto constituído por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto. Polisseni (1986) também apresenta definições semelhantes para revestimento, como sendo o recobrimento da parede, lisa ou áspera, em uma ou mais camadas com espessuras uniformes, tendo como objetivo promover acabamento ou dar embelezamento à superfície. Como visto na ABNT NBR 13529:2013, as argamassas de revestimento são, usualmente, constituídas de duas camadas: emboço (com função de regularização da base) e reboco (com função de acabamento). O revestimento pode, também, constituir-se de uma camada única, denominada massa única, que cumpra essas duas funções. Para que seja empregada, a massa única deve ter como principal propriedade a boa aderência à base. O revestimento argamassado conta, ainda, com um acabamento final – com pintura, no caso da tipologia de edificações estudadas nesta pesquisa.

Em ambos os casos, usualmente emprega-se uma camada anterior ao revestimento, denominada chapisco. De acordo com a ABNT NBR 13529:2013, as funções do chapisco são de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência entre base e revestimento. É amplamente utilizado em revestimentos externos de fachadas, uma vez que as condições de exposição destes elementos são bastante severas.

Maciel, Barros e Sabbatini (1998) e Grochot (2012) apontam que as argamassas de revestimento devem atender a uma série de propriedades envolvendo seu estado fresco e endurecido. No estado fresco, devem possuir boa trabalhabilidade, baixa retenção de água e boa aderência inicial. No estado endurecido, devem atender a propriedades de boa aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, durabilidade e estanqueidade.

Essa última propriedade tem importância significativa no que se refere aos revestimentos externos argamassados em fachadas, uma vez que os problemas relacionados à estanqueidade em fachadas de edificações são uns dos principais causadores de patologias nesses elementos, ao longo de sua vida útil, como visto em Figueiredo Junior (2017).

De acordo com Polisseni (1986), a estanqueidade é a propriedade de materiais, elementos e componentes da edificação de impedirem a penetração de água e pode ser definida para certas condições de exposição. A penetração de água pode se dar tanto em seu estado líquido, quanto no estado de vapor. A permeabilidade dos revestimentos, por sua vez, está vinculada à passagem de água pelo revestimento, já que este é um material poroso. Sendo um material poroso, naturalmente o revestimento externo de argamassa permite a penetração de água, que se movimenta através do próprio revestimento. A permeabilidade, para Maciel, Barros e Sabbatini (1998) e Grochot (2012), varia de acordo com as características da base e do revestimento – como sua dosagem, espessura, técnica de execução ou presença de fissuras. Para garantia de uma estanqueidade satisfatória de revestimentos externos e proteção contra chuvas, é ideal que os valores de permeabilidade de água no estado líquido não sejam elevados, ou poderia haver comprometimento de desempenho desses elementos.

2.2. FORMAS DE MANIFESTAÇÃO DA UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES

Segundo o *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (1982 apud Polisseni, 1986) e Verçosa (1983), a umidade pode estar presente nas construções por uma série de fatores. Assim, os autores os caracteriza como:

- Umidade ascensional do solo;
- Umidade de condensação;
- Umidade devido a higroscopicidade de materiais;
- Umidade incorporada durante a construção;
- Umidade acidental;
- Absorção e penetração de água de chuva.

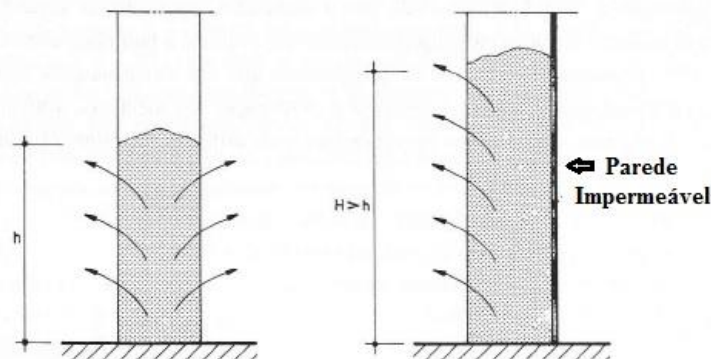
Observa-se que os sistemas de vedações verticais (SVV), tanto internas quanto externas, podem sofrer ações relacionadas à presença de umidade, que ocorre por diversos fatores, conforme descrito a seguir.

i) Umidade ascensional do solo

Uma vez que os materiais de construção civil são estruturas porosas, essa característica permite que ocorra a absorção de água por esses materiais. A umidade ascensional do solo está relacionada à absorção da água presente no terreno pelas fundações da edificação, e, conseqüentemente, sua migração para alvenarias e pisos. O nível de ascensão da água varia com diversos fatores, como: a quantidade de água no terreno, a porosidade dos materiais em contato com o solo e a velocidade de evaporação da água, como visto em Henriques (1995).

Henriques (1995) aponta que quanto menor o diâmetro dos poros, maior a altura de ascensão capilar. A ascensão de água em uma parede progredirá até o nível em que o quantitativo de água evaporada se equipare à água absorvida por capilaridade. O autor destaca que sempre que há redução nas condições de evaporação de uma parede, há uma tendência de que se aumente o nível de água atingido por ascensão capilar, como no caso de utilização de um revestimento impermeável (figura 2.1).

FIGURA 2.1: Altura capilar em função da evaporação



Fonte: adaptado de Henriques (1995).

Essa altura de ascensão capilar varia em função de diversos fatores, conforme o mesmo autor, como: espessura da parede, época da construção, condições de evaporação, orientação da parede, entre outros.

As manifestações patológicas mais recorrentes devido ao contato da edificação com a umidade ascensional são: o aparecimento de machas de umidade nas zonas das paredes junto ao solo, com comum aparecimento de zonas erodidas na parte superior dessas manchas; formação de eflorescência ou manchas de bolor; vegetação parasitária, especialmente em regiões de baixa ventilação.

ii) Umidade de condensação

Esse tipo de manifestação de umidade pode ocorrer de duas maneiras, de acordo com Polisseni (1986): por condensação superficial ou por condensação no interior das paredes.

- **Condensação superficial:**

Polisseni (1986) aponta que o ar sempre contém certa quantidade de vapor d'água e que a quantidade máxima que pode estar presente no ar varia com sua temperatura. O autor destaca que quanto mais quente o ar, mais umidade ele pode conter. Se o ar contiver sua quantidade máxima de vapor d'água, pode-se dizer que o ar está saturado. Porém, caso a quantidade de vapor d'água seja inferior à máxima, a umidade relativa do ar é inferior a 100%, de modo que o ar não se encontra na condição de saturação.

Ou seja, destacam-se, nesse aspecto, os seguintes conceitos: umidade relativa do ar (ϕ), teor máximo de vapor d'água (x), temperatura do ar (θ), pressão de saturação do vapor d'água (p') e pressão de vapor d'água (p).

Conforme visto em Hattge (2004), à medida que a temperatura do ar aumenta (θ), cresce a pressão de saturação do vapor d'água (p') e também o teor máximo de vapor d'água (x).

A umidade presente no ar, ocasionada pela presença de vapor d'água nesse meio, é extraída do ar do local, ocorrendo condensação superficial nas paredes, de modo que os materiais constituintes das paredes se tornam úmidos, como: tijolos, revestimentos, cal, entre outros. Nas regiões onde ocorre condensação superficial, pode haver a formação de bolores, capazes de deteriorar os materiais constituintes das paredes. Esse fenômeno ocorre quando a temperatura das paredes é inferior à temperatura de orvalho do ar ambiente (temperatura para a qual o vapor d'água começa a condensar-se).

De acordo com Hattge (2004), Polisseni (1986) e Henriques (1995), pode-se evitar a ocorrência de condensações superficiais através de:

- a) controle das condições de ocupação, que interfere na produção de vapor nas edificações;
- b) ventilação dos locais;
- c) aumento da temperatura superficial dos elementos de construção, que pode ser proporcionado por um adequado isolamento térmico das paredes em contato com

- espaços mais frios;
- d) controle da temperatura ambiente na edificação.

- **Condensação interna:**

De acordo com Hattge (2004) e Polisseni (1986), a pressão de vapor d'água (p) em cada situação pode ser obtida pelo produto da umidade relativa do ar (φ) pela pressão de saturação à temperatura considerada (p'):

$$p = p' \cdot \varphi \quad (2.1)$$

Onde:

p = pressão do vapor d'água (Pa);

p' = pressão de saturação do vapor d'água (Pa);

φ = umidade relativa, expressa em %.

Polisseni (1986) destaca que em determinados períodos, como no inverno, o ar exterior da edificação tem temperatura menor que o ar interior. Assim, tendo uma menor temperatura, o ar exterior possui uma pressão de vapor d'água (p) menor. Passa a existir, portanto, uma diferença de pressão de vapor entre interior (maior) e exterior (menor). Essa diferença gera o processo de difusão do vapor d'água do interior para o exterior. Começa a existir, então, uma resistência a esse processo, chamada de resistência à difusão do vapor d'água, estabelecendo-se, assim, um gradiente de pressões de vapor ao longo da espessura da parede. Hattge (2004) e Polisseni (1986) mostram que, nesses casos, se a pressão de vapor d'água atingida no interior da parede for superior à pressão de saturação d'água (que é função da temperatura local do material da própria parede), haverá condensação interna.

Os mesmos autores destacam que esse fenômeno é responsável por vários danos nas paredes, como: aumento do coeficiente de condutibilidade térmica do isolamento térmico; degradação dos materiais sensíveis à água; dilatação dos materiais devido à presença de umidade; formação de bolhas, devido à expansão do vapor; descolamentos e fissuração das impermeabilizações.

A condensação interna, conforme Polisseni (1986), pode ser evitada através de algumas medidas, como a disposição correta de materiais isolantes ou com o uso de

barreiras de vapor, que são constituídas por um filme (de material metálico, plástico ou betuminoso) colocado o mais próximo possível da face interna da parede.

iii) Umidade devido a higroscopicidade de materiais

Segundo Henriques (1995), um largo número de materiais de construção apresentam em sua constituição sais solúveis em água. Desse modo, as paredes são constituídas de uma série de materiais que conferem a presença desses sais em seu interior. Se as paredes forem umedecidas, os sais dissolvidos acompanharão as migrações da água até a superfície das paredes, onde os sais se cristalizarão, sob a forma de eflorescência.

O autor aponta que alguns destes sais são higroscópicos, ou seja, absorvem a umidade do ar e se dissolvem nesse processo, quando a umidade relativa do ar é superior a 65-70%. Após a dissolução, quando a umidade relativa do ar se torna mais baixa, volta a ocorrer a cristalização desses sais, com um considerável aumento de volume, formando-se, assim, ciclos de dissolução-cristalização. Esse aumento de volume provoca fenômenos de degradação, causando anomalias e manifestações patológicas nas paredes. Os sais solúveis que estão mais associados a esse fenômeno são os sulfatos, carbonatos, cloretos, nitritos e nitratos, porém os dois primeiros não são higroscópicos.

Nas regiões de maior concentração de sais na superfície das paredes, são recorrentes, também, a presença de manchas de umidade e a degradação dos revestimentos. O diagnóstico dessas manifestações nem sempre é simples, uma vez que as manifestações se assemelham muito às anomalias provocadas pelo fenômeno de condensação superficial, por exemplo.

Henriques (1995) aponta que o fenômeno não está diretamente associado a uma umidade relativa do ar elevada, uma vez que não é a umidade relativa baixa ou elevada que provoca esse fenômeno, mas a sequência de ciclos de variação dessa umidade relativa acima e abaixo de um valor crítico (da ordem de 65-70%), que provoca as destrutivas sequências de ciclos de dissolução-cristalização.

iv) Umidade incorporada durante a construção

De acordo com Henriques (1995), a grande maioria dos materiais empregados na construção de edifícios ou em sua reparação necessita de água para sua confecção ou para

sua colocação. É o caso do preparo de argamassas, assentamento de tijolos, umedecimento de componentes da construção, entre outros. Além desses casos, é comum a incorporação de água de chuva nas construções, durante sua etapa de execução, que aumenta ainda mais o teor de água nesses materiais.

Para Henriques (1995), parte desta água incorporada evapora rapidamente, mas uma parcela desta água pode levar um tempo considerável para atingir a evaporação. A secagem de materiais porosos, para o autor, acontece em três fases distintas: evaporação da água superficial, que acontece rapidamente; evaporação da água dos poros de maiores diâmetros e evaporação da água dos poros de menores diâmetros. Esta última etapa é bastante lenta, e pode ocorrer ao longo de muitos anos.

A umidade de construção pode dar origem à ocorrência de diversas manifestações patológicas nas edificações, generalizadas ou localizadas, seja pela evaporação da água existente, seja pelo teor de água nos materiais estar superior ao esperado. Para que sejam evitadas, Henriques (1995) aponta que é necessária a criação de condições ambientais favoráveis à secagem das paredes, com: aumento de ventilação dos ambientes, aumento da temperatura do ar ou redução da umidade relativa do ar. Além dessas condições, o *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (1984 *apud* Polisseni, 1986) destaca que para evitar essas ocorrências, é importante que não se execute acabamento de paredes por meio de demãos muito resistentes à difusão do vapor d'água antes que as paredes estejam secas – como execução de pintura ou uso de papel de parede plastificado.

v) Umidade acidental

Esse tipo de manifestação se caracteriza por sua natureza pontual e são decorrentes de falhas de equipamentos, de tubulações, defeitos de construções que podem originar acidentes, mal dimensionamento ou falta de manutenção. Polisseni (1986) afirma que essa manifestação de umidade provém, geralmente, de defeitos originados em materiais, em tubulações e em conexões do sistema de distribuição e coleta de água da edificação.

Hattge (2004) e Henriques (1995) destacam algumas características típicas desse tipo de ocorrência, além de sua natureza localizada, como:

- a) caráter permanente e de bastante gravidade em situações de ruptura de canalizações, que podem ser mais marcantes em estações chuvosas;

- b) associação com períodos chuvosos em situações relacionadas com infiltração de águas de chuva e maior gravidade dos fenômenos em relação dos que resultam normalmente daquelas infiltrações;
- c) migração da umidade para locais distantes da origem, em fenômenos em que haja atuação de mecanismos de capilaridade.

vi) Absorção e penetração de água de chuva

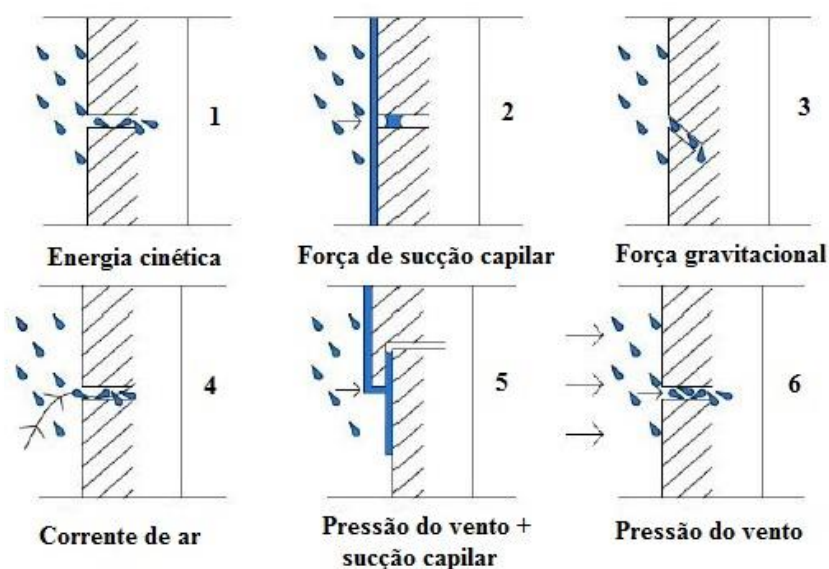
Henriques (1995) aponta que a chuva por si só não constituiria uma ação grave para as paredes da edificação, uma vez que a precipitação ocorre de forma vertical. Entretanto, a precipitação está acompanhada por uma intensidade de vento, de modo que a trajetória da chuva passa a ter uma componente horizontal, que se torna maior com a intensidade do vento.

Garden (1963), Bauer (1987) e Grochot (2012) afirmam que para que ocorra penetração da água de chuva para a edificação, é necessária a ocorrência de três fatores simultâneos:

- a) água sobre sua superfície;
- b) aberturas permitindo a penetração da água;
- c) forças empurrando a água pelas aberturas.

A primeira condição depende da exposição sofrida pela parede da edificação (chuva, vento e orientação), da absorção de água e da capacidade de armazenagem de água dos materiais da superfície e da taxa de precipitação de chuva. A segunda condição, de existência de aberturas que permitam a penetração de água, acontece devido à porosidade dos materiais, do aparecimento de fissuras, rachaduras e ocorrência de juntas mal executadas, por onde possa ocorrer a infiltração. Além dessas condições, a penetração de água só ocorrerá com a existência de uma força ou combinação de forças capazes de promover a penetração da água através das aberturas existentes (terceira condição). A figura 2.2 representa a ação dessas forças sobre a alvenaria.

FIGURA 2.2: Forças que produzem penetração da chuva



Fonte: adaptado de Garden (1963).

A ocorrência de patologias na edificação devido a esse fenômeno é bastante recorrente, devido a uma série de fatores. As manifestações patológicas mais comuns, conforme Henriques (1995), são relacionadas ao aparecimento de manchas de umidade de dimensões variáveis quando ocorre a precipitação. Essas manchas tendem a desaparecer quando cessa o período de chuvas e o clima se torna seco. Nas zonas de umedecimento são comuns as ocorrências de bolores e eflorescência.

Perez (1985) e Polisseni, (1986) destacam fatores a serem considerados nas envoltórias das edificações, a fim de se prevenir esse tipo de ocorrência de umidade nas edificações, como: as condições climáticas locais (direção e intensidade do vento, precipitações); detalhes construtivos da fachada das edificações (como a presença de pingadeiras e molduras, que protegem juntas, janelas, portas e o próprio revestimento de parede); verificação de desempenho de estanqueidade dos elementos de fachada e seus componentes; avaliação de desempenho ao longo do tempo; análise de durabilidade das soluções adotadas e programação de manutenções periódicas.

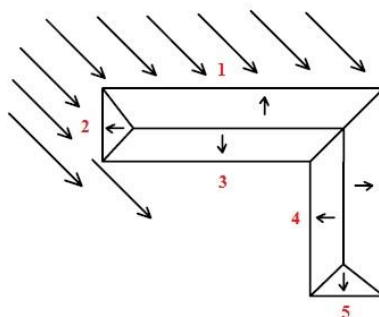
2.3 RECOMENDAÇÕES PARA PREVENIR A PENETRAÇÃO DE ÁGUA EM FACHADAS

Sabe-se que a penetração da água de chuva, mencionada no item 2.2, é um dos fatores de maior deterioração e causador de anomalias nas fachadas das edificações, especialmente naquelas de habitações de interesse social, com revestimento externo argamassado, foco desta pesquisa. Nesse sentido, algumas recomendações de projeto podem ser feitas, a fim de se prevenir os efeitos negativos dessa forma de manifestação de umidade nas edificações, conforme descrito a seguir:

i) Consideração de microclimas atuantes nas fachadas das edificações

De acordo com Perez (1985) e Souza (2008), é importante considerar na fase de projeto os microclimas nos quais as fachadas da edificação estão inseridas. A orientação de cada uma das fachadas da edificação e a intensidade que a chuva atua sobre cada uma delas são fatores determinantes na fase de projeto de fachadas. A figura 2.3 ilustra essa situação de microclimas em fachadas de uma edificação, em decorrência da direção e intensidade de chuvas no local de projeto, aliadas à orientação da edificação.

FIGURA 2.3: Microclimas atuantes nas fachadas de uma edificação



Fonte: adaptado de Perez (1985).

ii) Inclusão de detalhes construtivos e arquitetônicos nas fachadas

Perez (1985) e Souza (2008) apontam a importância da existência de detalhes construtivos nas fachadas, detalhes que tem sido deixados de lado nos projetos para melhoria estética. Esses detalhes construtivos devem ser implantados de modo que seja

considerado o modo com que a água escoar pela superfície das edificações. Suas principais funções são de:

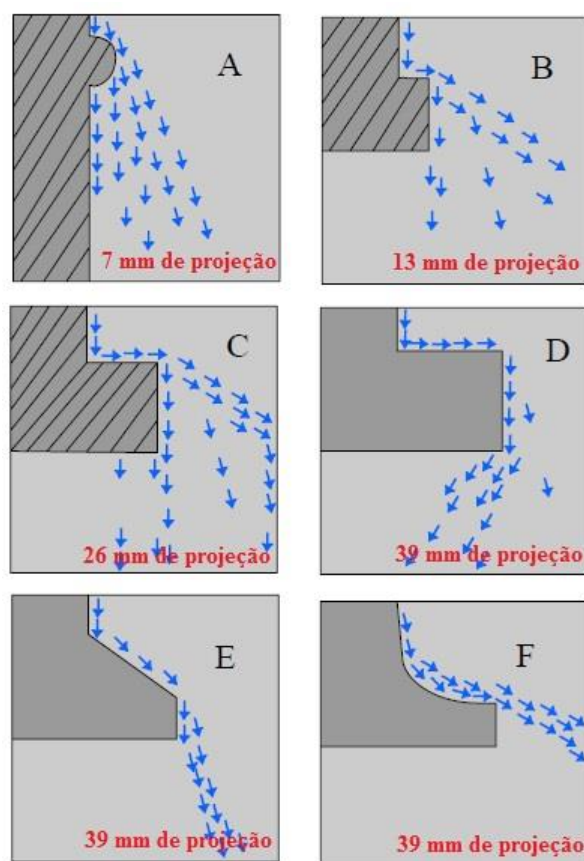
- a) acabar com as concentrações de fluxo de água de chuva;
- b) descolar lâminas d'água que se formam nas superfícies das paredes;
- c) proteger as partes vulneráveis da edificação;
- d) controlar os fluxos de água, para minimizar o volume que passa sobre uma junta.

Poyastro (2011) destaca que a inclusão de detalhes construtivos pode trazer benefícios em relação à estanqueidade dos elementos de fachada. Ele menciona, ainda, que o ponto negativo da implantação desses detalhes envolve o acúmulo de sujeira. Além disso, o incorreto detalhamento e execução desses detalhes podem direcionar concentrações ou canalizações de água sobre algumas regiões da parede, o que as torna vulneráveis à degradação.

Dentre os detalhes arquitetônicos que podem ser classificados como projeções horizontais estão as molduras horizontais ou plataformas, os peitoris e os coroamentos. Estes são detalhes construtivos já tradicionalmente empregados para proteção das paredes.

A figura 2.4 ilustra seis tipos de detalhes construtivos em situações de chuva, com suas respectivas projeções horizontais. As dimensões e geometria das saliências introduzidas vão determinar a maior ou menor dissipação do fluxo de água de chuva.

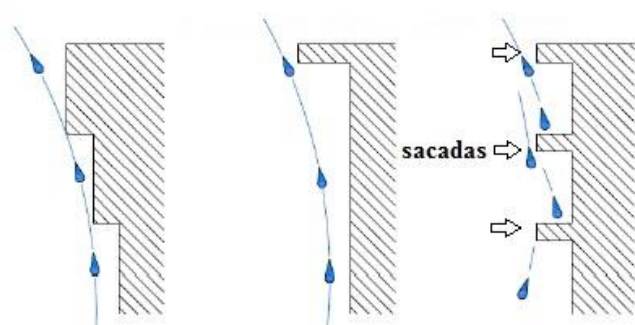
FIGURA 2.4: Detalhes construtivos em situações de chuva



Fonte: adaptado de Perez (1985).

Ainda em relação às molduras horizontais e plataformas, Huberty (1980) e Poyastro (2011) consideram a importância de coberturas com amplas projeções, sacadas e terraços na proteção contra a água de chuva e ganhos de estanqueidade, conforme figura 2.5.

FIGURA 2.5: Formas que protegem contra a água de chuva



Fonte: adaptado de Huberty (1980).

2.4 PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

Segundo Gripp (2008), para que um revestimento de fachada seja capaz de garantir habitabilidade ao usuário, ele deve desempenhar determinadas funções, como isolamento térmico, isolamento acústico, deve contribuir para a estética da edificação, além de garantir bom desempenho em relação à estanqueidade (tema desta pesquisa). Sendo assim, diferentes tipos de revestimentos existem, a fim de cumprir esses requisitos. Os mais usualmente utilizados são: rochas ornamentais, produtos cerâmicos e revestimentos argamassados aderidos ou não.

As rochas ornamentais são elementos extraídos da natureza. Eles são comercializados em forma de bloco ou placas, que podem ser cortados e beneficiados. São os casos dos revestimentos de granitos e os mármore. Segundo Figueiredo Junior (2017), para revestimento de fachadas, observa-se a preponderância do uso dos granitos em relação ao mármore, uma vez que o granito possui maior resistência ao desgaste abrasivo e à durabilidade.

Ainda de acordo com Figueiredo Junior (2017), o revestimento cerâmico, muito empregado nas edificações, apresenta vantagens como: fácil limpeza, reduzindo os custos de manutenção, boa resistência ao fogo, boa durabilidade, além de ser impermeável. Esse tipo de revestimento possui, ainda, boas características de isolamento térmico-acústico, dentre outras.

O revestimento argamassado, objeto desta pesquisa, é comumente utilizado nas EHIS, de acordo com Rodrigues e Ruschel (2002). Trata-se de uma superfície porosa, com uma ou mais camadas superpostas, de espessura uniforme e com a finalidade de receber uma decoração final, como visto no item 2.1. Conforme descrito pela ABNT NBR 13529:2013, a argamassa de revestimento é uma mistura de água, agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos (em geral, utilizado cimento Portland e cal hidratada). Essa mistura, por fim, adquire propriedades de aderência e endurecimento.

Szlak *et al.* (2002) aponta que um revestimento argamassado com espessura entre 30% a 40% da espessura da parede, pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e 100% da estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum. Portanto, um bom detalhamento e um projeto adequado às condições climáticas locais e às condições de exposição da edificação são condicionantes para que o revestimento externo cumpra suas funções e garanta desempenho satisfatório de estanqueidade ao SVVE.

Nas fachadas com revestimento argamassado, a decoração final é comumente realizada com tintas e sistemas de pintura que servem como instrumento de decoração e também como mecanismo de proteção contra agentes deletérios do meio como: água e poluição atmosférica. Assim, espera-se que o sistema de pintura apresente bom desempenho funcional, estético e econômico.

A durabilidade dos revestimentos argamassados está muito ligada a seu desempenho, que depende de alguns fatores, conforme Gripp (2008) e Figueiredo Junior (2017), como:

- a) proteção dos revestimentos com detalhes construtivos específicos;
- b) penetração da umidade de infiltração;
- c) fatores externos (intempéries, poluição atmosférica, entre outros);
- d) natureza da base do revestimento e movimentação de retração de secagem;
- e) tipo de revestimento e traço da argamassa (composição);
- f) qualidade dos materiais constituintes da argamassa;
- g) grau de umedecimento da base, que pode influenciar na aderência e surgimento de eflorescências;
- h) método de aplicação, de acordo com a natureza da base;
- i) danos causados por abrasão ou impactos;
- j) manutenção periódica.

Desse modo, conforme visto em Cruz *et al.* (2018), as ocorrências de manifestações patológicas nos revestimentos argamassados de fachadas podem ter causas distintas como: deficiência de projeto, desconhecimento das características dos materiais empregados, erros de execução (por deficiência de mão de obra, desconhecimento ou não observância de normas técnicas), carência de serviços de manutenção, dentre outros, conforme ilustrado na tabela 2.1.

Associado ao revestimento argamassado, é comum a aplicação de um sistema de pintura nas fachadas para acabamento final, sistema esse que também pode originar diversas manifestações patológicas, conforme visto em Figueiredo Junior (2017), como:

- a) Manchamento: ocorrência que se caracteriza por baixa resistência da tinta contra o acúmulo de sujeiras e manchas. Está relacionada à baixa qualidade das tintas ou à aplicação da tinta na superfície que não esteja devidamente selada.

- b) Calcinação: trata-se da formação de finas partículas, semelhantes a um pó esbranquiçado, sobre a superfície da tinta, causando seu desbotamento. Esse fenômeno é causado por tintas de baixa qualidade ou nos casos em que tintas indicadas para uso interno são utilizadas em ambientes externos.
- c) Descamação: caracteriza-se pelo rompimento da pintura, causando comprometimento total da superfície. É causada pelo desgaste natural do tempo, mas também quando se aplica tinta em superfícies pulverulentas ou que tiveram aplicação de cal, que dificulta a aderência com a base.
- d) Descolamento: é um fenômeno comum em repinturas de superfícies. Para promover a repintura, é necessário que a superfície esteja em boas condições de receber novas demãos de tinta.
- e) Desbotamento: trata-se do clareamento prematuro da cor original da tinta. É comum em superfícies excessivamente expostas ao sol.
- f) Saponificação: tem sua causa relacionada à alcalinidade do cimento e da cal que compõe o reboco. Ocorre quando é aplicado o revestimento de pintura sobre o reboco, sem que este esteja totalmente seco e curado.
- g) Bolhas: relacionam-se à perda localizada de adesão e descolamento do filme da superfície. Sua causa normalmente está associada à uma fonte de umidade, que deve ser eliminada.

Tabela 2.1: Principais manifestações patológicas em revestimentos externos argamassados

Principais manifestações patológicas em revestimentos externos argamassados			
Manifestação patológica		Caracterização	Causas
Descolamentos	Com pulverulência	Argamassa friável, esfarelada com pressão manual.	Excesso de materiais pulverulentos e/ou torrões de argila no agregado; traço pobre em aglomerantes ou com cal em excesso; tempo insuficiente para carbonatação da cal da argamassa, com pintura precoce.
	Em placas	Ocorre na ligação entre emboço e base. Argamassa apresenta som cavo ao ser percutida. Podem ficar endurecidas ou quebradiças.	Deficiência na aderência da base (ausência de chapisco); substrato liso, sujo ou contaminado; argamassa rica em aglomerante ou com resistência inadequada.
	Por empolamento	Ocorre em camadas com maior proporção de cal. Normalmente o reboco se destaca do emboço, formando bolhas.	Infiltração de umidade; existência de cal parcialmente hidratada na argamassa que, ao se extinguir após aplicação, aumenta de volume e se expande.
Eflorescência		Depósitos brancos cristalinos, pulverulentos, normalmente solúveis em água.	Teor de sais solúveis nos materiais ou componentes (tijolos, materiais cerâmicos, cimento Portland, água de amassamento, agregados e materiais provenientes de poluição).
Por umidade	Acidental	Infiltrações com manchamentos nas paredes	Falhas nas tubulações. Presente em paredes, telhados, pisos e terraços.
	Ascensional	Manchas de umidade na base das paredes do pavimento térreo com possível descolamento de revestimento e zonas erodidas, podendo ocorrer eflorescência e vegetação parasitária.	Água presente do solo, que ascende por capilaridade à base das construção.
	Por condensação	Manchas de umidade irregulares; dilatação de materiais, com possível formação de bolhas; descolamentos; fissuração das impermeabilizações.	Produzida pelos fenômenos de condensação superficial e condensação interna nas alvenarias.
	Por absorção e penetração de água de chuva	Desagregação com descolamento de revestimento.	Causada pela ação da chuva associada a ventos. Presentes em coberturas, lajes de terraço e paredes (fachadas).
Por processos biológicos		Fenômeno da bioterização. Conta com a presença de microrganismos, como algas, bactérias, fungos e cianobactérias, que formam um biofilme na superfície de materiais.	Os fatores que influenciam no crescimento e desenvolvimento de microrganismos nas construções são umidade, pouca ventilação e condições térmicas.
Trincas e fissuras	Por movimentação térmica	Regularmente distribuídas e com aberturas reduzidas (gretagem).	Ocorre devido a variações de temperatura sazonais diárias, podendo ocorrer dilatação e contração dos revestimentos. Para reduzir seus efeitos é sempre desejável que a capacidade de deformação do revestimento supere a capacidade de deformação da parede.
	Por movimentação higroscópica	Presentes em regiões de contato com umidade.	Ocorre pela movimentação de água ou umidade no interior dos materiais. O material, ao ter seus poros preenchidos com água, aumenta de volume, e diminui à medida que perde água por evaporação, causando fadiga do material e fissuras.
	Por atuação de sobrecargas	Podem ser horizontais ou verticais, dependendo dos esforços solicitantes.	Causadas por solicitações externas, previstas ou não em projeto, capazes de provocar fissuras em componentes estruturais ou de vedação.
	Por movimentos da fundação	São, normalmente, inclinadas e se direcionam ao ponto onde ocorreu maior recalque.	Ocorrem por movimentos de recalque nas fundações da edificação.
	Por retração de produtos cimentícios	Seu aspecto varia com o tipo de retração em questão.	Causadas pela retração de produtos cimentícios da argamassa podendo ser por secagem, química, ou por carbonatação. Em geral, quanto maior o fator água/cimento, maior será a retração.

Percebe-se que tanto as manifestações patológicas nos revestimentos argamassados de fachadas quanto aquelas que ocorrem no sistema de pintura estão muito relacionadas à deficiência de estanqueidade nos SVVE. Trincas, fissuras e rachaduras são aberturas que permitem a penetração de água de chuva na edificação, prejudicando seu desempenho em relação à estanqueidade. Além dessas, as ocorrências de anomalias pela própria presença de umidade são constantes e caracterizam a deficiência de estanqueidade nos SVVE.

Existem muitas formas de representar e mapear os danos nesses sistemas. A termografia se encaixa nesse conceito e pode fornecer resultados representativos satisfatórios, especialmente em EHIS do PMCMV (delimitação desta pesquisa). Esse assunto será abordado a seguir.

2.5 DANOS EM FACHADAS E SUAS FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

Tinoco (2009) define mapa de danos como a representação gráfico-fotográfica, objetivando ilustrar e discriminar, rigorosamente, todas as manifestações de deterioração da edificação, sintetizando, assim, o resultado das investigações sobre as alterações de todos os sistemas e componentes do edifício.

Barthel, Lins e Pestana (2009) definem este instrumento como a representação gráfica do levantamento dos danos identificados na edificação, relacionando-os com seus agentes e causas. Podem ser considerados danos as perdas materiais e estruturais, como: fissura, degradação por umidade, destacamentos de revestimento, corrosão e outros.

Tinoco (2009) anuncia que não se deve confundir os conceitos de mapa de danos e mapeamento de danos. O mapa de danos corresponde a um documento (gráfico e/ou fotográfico) que ilustra as realidades de uma edificação numa determinada data ou período. Já o mapeamento de danos refere-se aos processos de investigações levantamentos e produção de dados para elaboração do mapa de danos.

De acordo com o autor, as investigações para se conhecer o estado de conservação de edifícios podem ser de três tipos:

- a) **investigação direta:** são feitas explorações pelo contato e manipulação direta; normalmente são elaborados esboços e desenhos à mão livre; é comum a realização de ações destrutivas de partes dos elementos com manifestações de danos.
- b) **investigação indireta:** as investigações são realizadas de maneira analítica e feitas a partir da interpretação de documentos escritos, gráficos, iconográficos, testemunhos

orais, emprego de tecnologias, instrumentação e outros; configuram-se ações não destrutivas.

c) **investigação mista:** a investigação é realizada com o emprego de recursos e tecnologias não destrutivas, garantindo a menor invasão destrutiva possível dos elementos construtivos.

Costa (2010) aponta que a tipologia de mapas de danos se refere à linguagem gráfica utilizada para representar o dano encontrado, abrangendo várias formas de representação, dentre as quais têm-se as mais usuais: símbolos, linhas, manchas de cores, manchas de texturas, índices de letras ou números, fotografias, mapas com fichas técnicas, ortoimagens ou textos descritivos, além das representações mistas, em que pode-se associar mais de uma linguagem gráfica num mesmo mapa de dano.

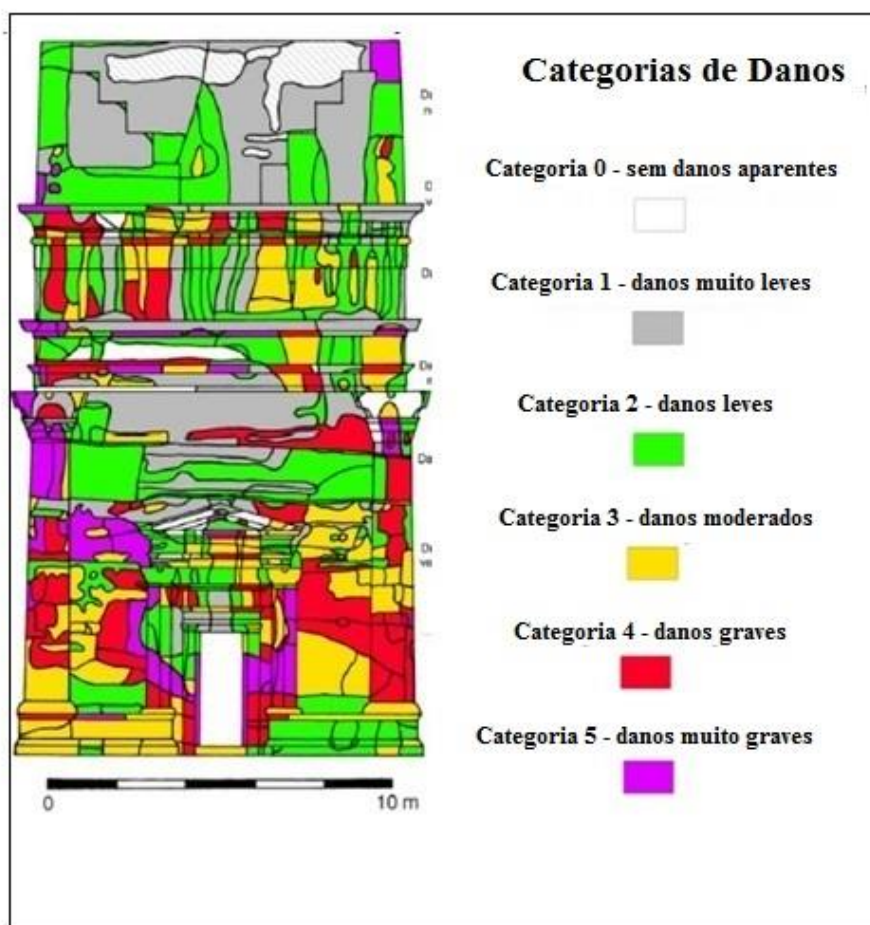
Melo Júnior (2016) destaca que a forma de representação do dano está muito relacionada à vários aspectos. Ou seja, a maneira de representá-lo no mapa após a inspeção e a detecção pode ser direcionada pelo tipo de manifestação patológica ou pela forma da representação da edificação (fotografia ou representação gráfica de fachada).

Zanoni e Carvalho (2018), em sua pesquisa, estudam e fazem uma revisão bibliográfica de diferentes tipos de mapas de danos. O foco dos mapas de danos apresentados é, usualmente, representar da melhor forma as manifestações patológicas existentes nas áreas estudadas, o dano e a degradação sofrida pelos elementos construtivos. Assim, em busca de avaliar as diferentes formas de representação, as autoras selecionam sete exemplares para análise, conforme apresentado a seguir.

i) Representação de Mapa de Danos tipo 1:

Esse exemplar foi desenvolvido por Fitzer (2016) para representar os danos presentes em um monumento de túmulo na cidade de Petra, na Jordânia. Esse modelo de representação utiliza um modelo gráfico para setorizar as regiões afetadas, além de utilizar manchas de cores na textura sólida para categorizar a gravidade dos danos (conforme figura 2.6). Assim, existe uma escala de cores consideradas e cada cor corresponde a uma gravidade de danos na escala considerada, que varia da categoria 0 (sem danos aparentes) até a categoria 5 (de danos muito graves). Assim, as regiões de mesma coloração estão associadas à mesma gravidade de danos.

FIGURA 2.6: Primeira amostra de mapa de danos

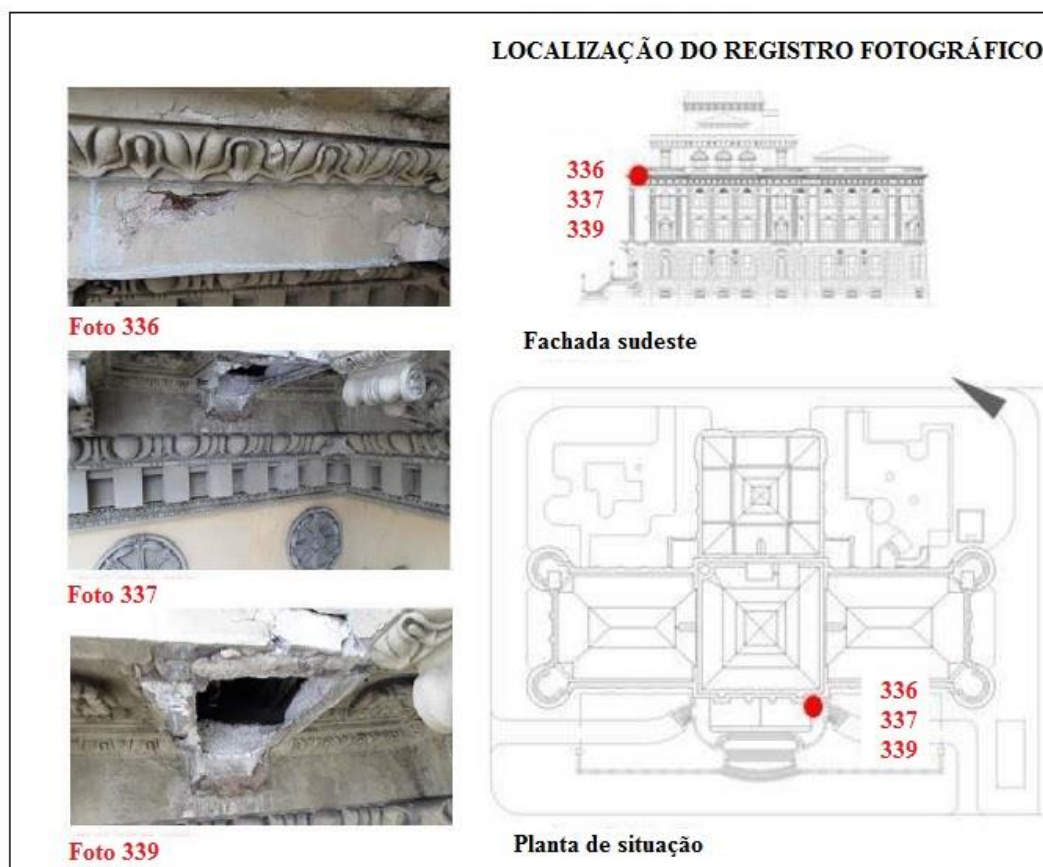


Fonte: adaptado de Fitzner (2016).

ii) Representação de Mapa de Danos tipo 2:

Esse exemplar foi produzido em 2014 pelo Núcleo de Arquitetura da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro (2014). Esse mapa de danos foi elaborado com base em fotografias pontuais dos danos e posterior localização nas plantas dos pontos de registro fotográfico. Para isso, foram utilizados índices numéricos para as fotografias, indicando sua localização em um desenho esquemático da construção. Zanoni e Carvalho (2018) destacam que esse registro dificultou uma comunicação imediata dos fenômenos observados. As autoras apontam que as imagens são muito específicas e pontuais, dificultando uma visão ampla e geral em relação à fachada e seu estado de conservação.

FIGURA 2.7: Segunda amostra de mapa de danos



Fonte: adaptado de Núcleo de Arquitetura da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro (2014).

iii) Representação de Mapa de Danos tipo 3:

A amostra 3 estudada foi desenvolvida por Guedes *et al.* (2002) num estudo sobre o estado de conservação da ponte medieval de Ázere, em Arcos de Valdevez, em Portugal.

Para registro da estrutura e de alguns danos pontuais, o mapa de danos utilizou o recurso gráfico na própria fotografia. São apresentados apenas alguns danos pontuais, com suas respectivas informações técnicas, como causa do dano, prevenção e, quando possível, algumas sugestões de reparo. Assim, a amostra conta com muitos recursos textuais e se assemelha a uma ficha técnica. Zanoni e Carvalho (2018) apontam que nesta amostra existe uma dificuldade de comunicação imediata e destacam que o foco desta representação é o dano propriamente dito e não sua progressão temporal.

FIGURA 2.8: Terceira amostra de mapa de danos

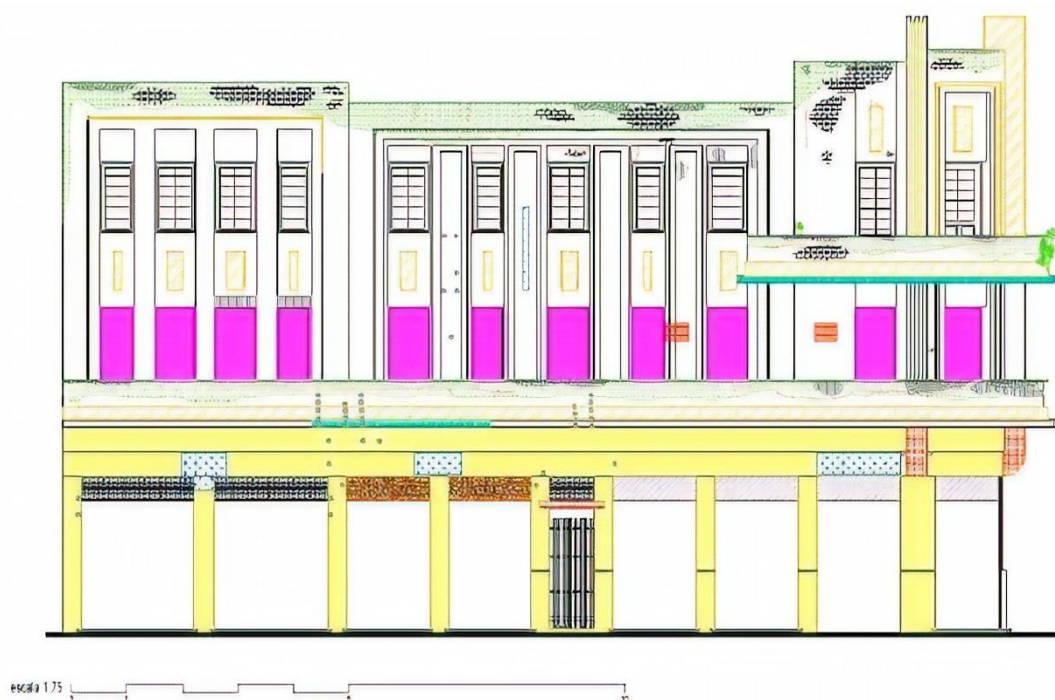
MAPA DE DANOS		TIPO:	D1
TIPO DE DANO: RUÍNA Localização dos danos:  Elementos Estruturais: E2 E3 E4 E6 Vista de montante- Esquematização dos elementos			
 FIG 1 - RUÍNA PARCIAL TABULEIRO  FIG 6 - RUÍNA PARCIAL A MONTANTE DO CONTRAFORTE  FIG 7 - PORMENOR DO CONTRAFORTE  FIG 8 - ARCO NORTE PARCIALMENTE DESTRUÍDO		Descrição: A ponte encontra-se em estado de ruína Causa: Sabe-se que, em setembro de 1999 uma enxurrada violenta provocou a destruição do contraforte e, consequentemente, perda de parte das aduelas dos arcos e do tabuleiro. Além disso a infiltração de água ao longo do tempo pode ter causado a lavagem de aglomerado, aumentando o índice de vazios e consequente redução das suas características resistentes. Prevenção: Importante manter o bom funcionamento estrutural do "enchimento". Evitar infiltrações de água realizando drenagens eficazes, fazer injeções para consolidação do interior do material.	

Fonte: adaptado de Guedes *et al.* (2002).

iv) Representação de Mapa de Danos tipo 4:

O mapa de danos da figura 2.9 foi desenvolvido pelo Observatório de Arquitetura e Urbanismo da UFMS e por Arruda (2016). Esse exemplar foi feito para representação de danos foi desenvolvida para representar a fachada do Hotel Americano, na cidade de Campo Grande. Foram utilizados recursos gráficos, como símbolos pontuais, manchas de textura e cor, linhas e demais recursos para representação do desenho gráfico da edificação. Zanoni e Carvalho (2018) mencionam que nesse exemplar é possível ter uma boa noção sobre o estado de conservação da fachada do edifício, embora não haja informação quanto à gravidade dos danos.

FIGURA 2.9: Quarta amostra de mapa de danos



Legenda Simplificada

 Substituição da esquadria original	 Lixiviação da argamassa
 Placas de publicidade	 Fissura superficial (revestimento)
 Crosta negra com fungos	 Desprendimento do reboco (por pulverulência da argamassa)
 Fechamento parcial de vãos	 Alteração do revestimento de argamassa original com aplicação de camadas pictóricas

Fonte: adaptado de Arruda (2016) e Observatório de Arquitetura e Urbanismo da UFMS.

v) Representação de Mapa de Danos tipo 5:

O mapa de danos representado na figura 2.10 foi produzido por Tirello e Correa (2012) para um estudo sobre sistemas normativos para mapas de danos de edifícios históricos. Nesse modelo, os autores tratam de uma classificação da gravidade dos danos com base no diagnóstico realizado no local. Para registro gráfico, foram utilizados símbolos pontuais, linhas, texturas sólidas e um esquema de codificação para cada dano.

Para Zanoni e Carvalho (2018), nesse exemplar os danos são diferenciados por hachuras e cores que contrastam umas com as outras. Elas observam que algumas representações gráficas de alguns danos tem maior realce visual que outras, uma vez que

os danos que oferecem maiores riscos à segurança dos usuários devem ter maior destaque. Na escala de cor, porém, as autoras apontam que os danos e suas representações gráficas estão em desarmonia com sua gravidade.

FIGURA 2.10: Quinta amostra de mapa de danos



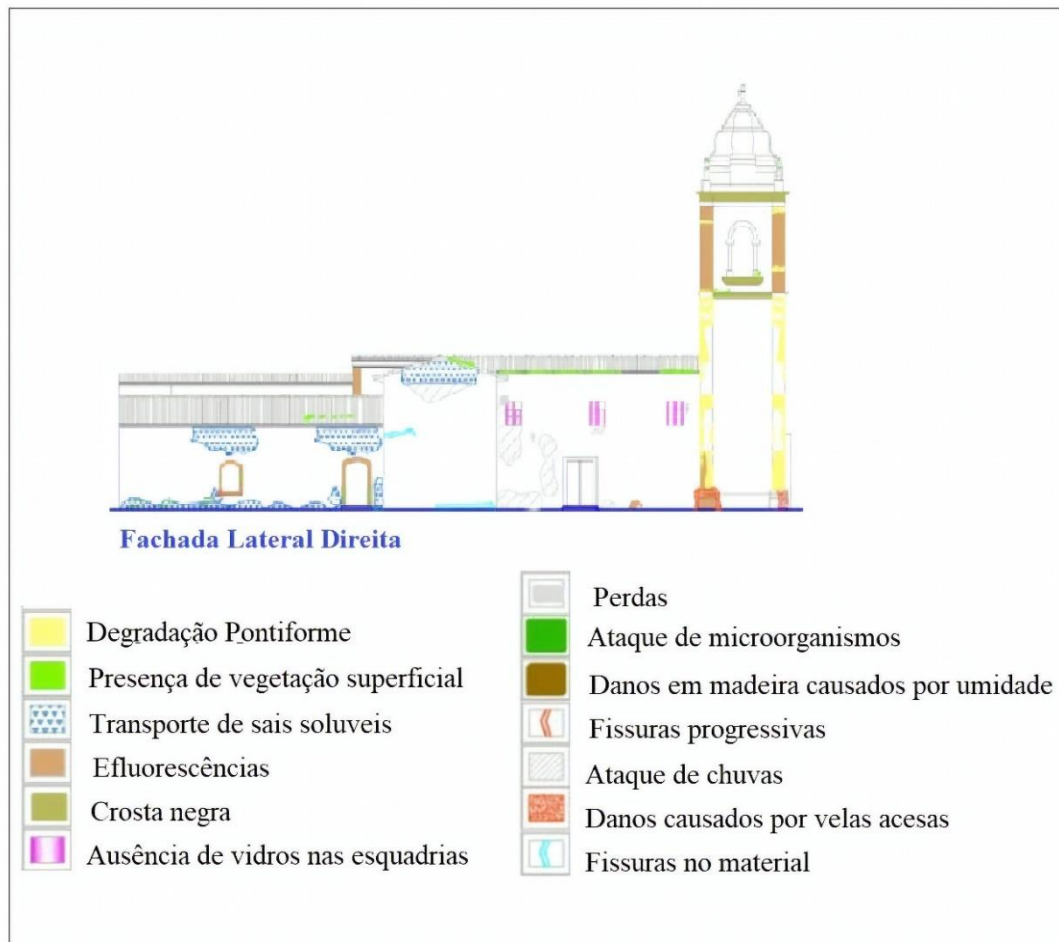
Fonte: adaptado de Tirello e Correa (2012).

vi) Representação de Mapa de Danos tipo 6:

A amostra 6 de mapa de danos foi produzida pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e modificada por Teles *et al.* (2016) e está apresentada na figura 2.11. Ela representa as fachadas da Igreja dos Santos Cosme e Damião, em Pernambuco. Neste mapa foram utilizados como registro gráfico: linhas, texturas formadas por símbolos, linhas e cores sólidas ou com gradiente. Alguns aspectos são muito semelhantes à amostra 5 (figura 2.10), desenvolvida por Tirello e Correa (2012). As duas amostras contam com auxílio do *software Autodesk Autocad* para representação, com identificação de danos por meio do efeito de contraste entre hachuras, manchas ou linhas. Do mesmo modo, em ambas as representações, a identificação dos

danos é feita por escolha do autor. Assim, comparando-se as duas amostras percebe-se diferentes formas de representação gráfica para o mesmo registro.

FIGURA 2.11: Sexta amostra de mapa de danos



Fonte: adaptado de Teles *et al.* (2016).

vii) Representação de Mapa de Danos tipo 7:

O exemplar 7 (figura 2.12) foi produzido por Tinoco (2009), para mapear os danos na edificação Sobrado do Imperador, em Pernambuco. O autor utiliza recursos gráficos e texturas, formadas por símbolos pontuais, linhas, textura sólido e efeito de cor. O autor apresenta um registro fotográfico geral e pontual da edificação. Os danos retratados são melhor detalhados na tabela localizada ao lado do registro gráfico e do registro fotográfico. Para esse detalhamento, o autor utiliza recurso textual e apresenta um parecer sobre a degradação dos elementos e indicação de intervenção para cada registro.

FIGURA 2.12: Sétima amostra de mapa de danos



Fonte: adaptado de Tinoco (2009).

Zanoni e Carvalho (2018), ao estudarem os sete exemplares apresentados, categorizam as formas de representação de danos em diferentes tipologias. As formas de representação dos danos pode ser feita, segundo os autores, por representação gráfica, por obtenção de fotos locais ou generalizadas dos fenômenos encontrados e também por meio textual. É possível, ainda, promover uma combinação desses métodos para a obtenção de um mapa de danos bastante representativo, o que foi visto também em Costa (2010). As tipologias apresentadas por Zanoni e Carvalho (2018) são descritas a seguir:

- a) **Tipologia 1** – Representação Gráfica: nessa tipologia, os danos são representados dentro de um desenho gráfico da fachada da edificação e os fenômenos são representados por símbolos pontuais, linhas e manchas com texturas.

- b) **Tipologia 2** – Representação Fotográfica: os danos são registrados por meio de fotografias gerais ou localizadas da fachada e de seus elementos.
- c) **Tipologia 3** – Representação Textual: os danos são informados por textos descritivos em fichas técnicas de inspeção do empreendimento.
- d) **Tipologia 4** – Representação Mista: os danos são registrados por meio de duas ou mais formas de representação mencionadas (gráfica, fotográfica e textual).

Para elaboração de um mapa de danos que atenda às necessidades particulares da edificação e dos usuários que venham a trabalhar com esse mapa, é importante usufruir das vantagens de cada tipologia para melhor representação. Zanoni e Carvalho (2018) destacam que a representação gráfica pode falhar na representação de danos que não são facilmente visualizados. Assim, na utilização dessa forma de representação, pode haver necessidade de complementação com elementos fotográficos e/ou textuais, caracterizando-se, assim, uma representação mista. A representação gráfica, para as autoras, possibilita uma leitura única, sem ambiguidades de interpretações e diagnósticos (o que pode acontecer na representação fotográfica). A representação fotográfica, por sua vez, é capaz de representar os fenômenos de forma fidedigna, enquanto a representação gráfica tem dificuldades de utilização de símbolos que traduzam e representem o fenômeno observado.

Desse modo, para melhor representatividade, devem ser utilizados levantamentos fotográficos como fonte complementar de informações fornecidas pelo mapa de danos obtido por meio gráfico. O recurso textual deve ser minimamente utilizado, sendo destinado a informações relevantes, como: registros de intervenções passadas; informações sobre orientação da fachada e condições de exposição (já que estes interferem na intensidade e ocorrência dos fenômenos). É importante destacar, também, a importância de se ter informações de escala do desenho e data dos levantamentos.

Salienta-se que o mapa de danos elaborado deve permitir a mensuração e quantificação dos danos nas fachadas dos empreendimentos estudados (foco desta pesquisa).

Não existe, porém, uma normatização ou padronização que determine o formato ou a configuração que o mapa de danos deva ter. No Brasil, as publicações com mapa de danos envolvem edificações do período colonial e do ecletismo, como visto em Zanoni e Carvalho (2018).

Desse modo, uma série de estudos tem sido desenvolvidos no país sobre elaboração de mapas de danos. A termografia, nesse contexto, configura-se como um instrumento de investigação indireto e não destrutivo, capaz de fornecer informações para o desenvolvimento de um mapa de danos em conformidade com a realidade encontrada nas edificações de estudo, conforme abordado no item 3.5.2.

3 NORMA DE DESEMPENHO E A ESTANQUEIDADE EM SVVIE

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo Sposto *et al.* (2014), durante décadas as prioridades de projetistas e construtores estavam vinculadas à estabilidade de edificações e seus custos. Não eram consideradas, na etapa de projeto, questões relacionadas à desempenho, durabilidade e vida útil das edificações. Esse cenário, porém, tem sofrido grandes mudanças decorrentes das exigências impostas pelos usuários e expressas por meio da norma de desempenho (NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho).

A norma busca atender às necessidades dos usuários de edificações habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. Seu objetivo é garantir o atendimento aos requisitos do usuário da edificação e de seus elementos e subsistemas quanto ao seu comportamento em uso, e não a prescrição de como eles serão construídos. Este é um dos pontos que distingue a norma de desempenho de normas prescritivas. Com sua implantação, essas exigências, antes subjetivas, passaram a se tornar requisitos técnicos, com parâmetros determinados. Muitas delas não são consideradas em normas prescritivas, como, por exemplo, a durabilidade dos elementos construtivos e a sua manutenibilidade.

A NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais, Desempenho, se divide em seis partes distintas:

- Parte 1 – Requisitos Básicos;
- Parte 2 – Sistemas Estruturais;
- Parte 3 – Sistemas de Piso;
- Parte 4 – Sistemas de Vedação Vertical;
- Parte 5 – Sistemas de Cobertura e
- Parte 6 – Sistemas Hidrossanitários.

Em cada uma de suas partes, a norma estabelece requisitos e critérios para avaliação de desempenho de cada um de seus subsistemas, a fim de garantir condições de conforto e habitabilidade ao usuário. Os requisitos e critérios estabelecidos pela norma estão vinculados à:

- Desempenho estrutural;
- Segurança contra incêndio;

- Segurança no uso e operação;
- Estanqueidade;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Desempenho lumínico;
- Durabilidade e manutenibilidade;
- Saúde, higiene e qualidade do ar;
- Funcionalidade e acessibilidade;
- Conforto tátil, visual e antropodinâmico e
- Adequabilidade ambiental.

A norma traz importantes conceitos, como o de vida útil (VU), que é o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, devendo-se considerar a periodicidade de atividades de manutenção especificadas no Manual de Uso, Operação e Manutenção. Este, também conhecido como manual do proprietário (quando destinado a unidades autônomas) ou manual do síndico (quando aplicado a áreas de uso comum), é o documento que reúne todas as informações necessárias para orientar atividades de operação, de uso e de manutenção de uma edificação.

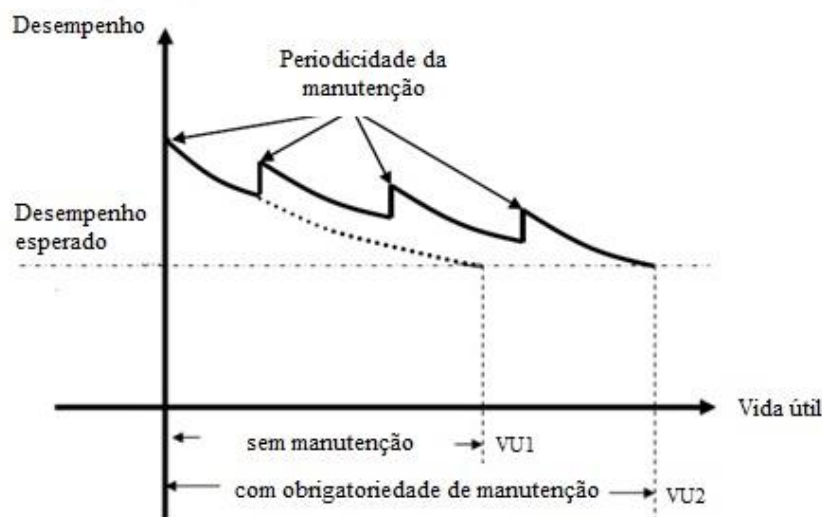
A norma define, ainda, que as edificações, seus elementos e subsistemas atinjam uma vida útil de projeto (VUP), que deve ser estimada pelos projetistas e pode ser definida como:

Período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a VUP não deve ser confundida com tempo de vida útil, durabilidade, prazo de garantia legal e certificada). (ABNT NBR 15.575:2013 – Parte 1, 2013, p.10).

Para que a VU da edificação atinja o valor estimado de VUP, é necessária a periodicidade e correta execução de serviços de manutenção ao longo do tempo, para garantia do desempenho esperado de uma edificação e seus sistemas e, assim, atendimento da vida útil para a qual aquele sistema foi projetado (figura 3.1). Para Leite (2009), quando não há manutenção adequada, a edificação passa por um processo de

envelhecimento precoce, comprometendo diversos fatores de caráter estético, social e econômico, além de desempenho e riscos aos usuários.

FIGURA 3.1: Efeito da periodicidade de manutenção na vida útil e desempenho



Fonte: adaptado de ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Além disso, são estabelecidos diferentes níveis de desempenho, conforme o padrão adotado para a construção, havendo três níveis: nível mínimo (M) - exigido, nível intermediário (I) e nível superior (S). A tabela 3.1 indica a VUP para cada sistema da edificação.

Tabela 3.1: VUP para os sistemas da edificação

Sistema	VUP (anos)		
	Mínimo	Intermediário	Máximo
Estruturas	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa (SVVE)	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna (SVVI)	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

Fonte: adaptado de ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Em cada sistema abordado na norma, são avaliados desempenho estrutural, de segurança contra incêndio, de segurança no uso e operação, de estanqueidade, de desempenho térmico, acústico, lumínico, de durabilidade e manutenibilidade, de saúde,

higiene e qualidade do ar, de funcionalidade e acessibilidade, de conforto tátil, visual e antropodinâmico, além de adequabilidade ambiental.

Para cada um deles, são definidos requisitos a serem atendidos, que são condições que expressam qualitativamente os atributos que a edificação e seus sistemas devem possuir, a fim de que sejam satisfeitas as exigências do usuário. Portanto, podem ser entendidos como exigências qualitativas por parte do usuário, que devem, portanto, ser quantificadas.

Os critérios de desempenho, por sua vez, são entendidos como as expressões quantitativas dos requisitos de desempenho. São expressos por meio de quantidades mensuráveis, para que possam ser objetivamente determinados.

Portanto, para que sejam obtidos e se tenha um dado comparativo para avaliação de um sistema, é necessário que cada critério tenha métodos de avaliação para simulação, normalmente definidos por ensaios laboratoriais ou de campo, para que o desempenho de um sistema possa ser, efetivamente, determinado. A norma estabelece para cada critério avaliado, métodos de avaliação, além de premissas de projeto e nível de desempenho requerido.

3.2 REQUISITOS DE DESEMPENHO PARA SVVIE EM RELAÇÃO À ESTANQUEIDADE

A parte da norma destinada aos SVVIE conta com avaliação de desempenho em relação à estanqueidade (foco desta pesquisa). Os elementos de fachadas das edificações, aqui estudados, estão inseridos nesses sistemas. Busca-se, então, apresentar os requisitos da norma de desempenho para verificação de estanqueidade em SVVIE.

Para garantia da estanqueidade nesses elementos, a norma dispõe de dois **requisitos** fundamentais (conforme figura 3.2), a saber:

a) Em relação à infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas):

O requisito é de que as vedações verticais externas sejam estanques à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes.

b) Em relação à umidade das vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel.

O requisito é de que não seja permitida a infiltração de água, através de suas faces, quando em contato com áreas molháveis e molhadas.

FIGURA 3.2: Requisitos relacionados à estanqueidade de SVVIE



Fonte: O autor (2018).

Para cada requisito, existem critérios a serem atingidos, com seus respectivos métodos de avaliação, premissas de projeto e nível de desempenho requerido.

3.3 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO PARA SVVIE EM RELAÇÃO À ESTANQUEIDADE

A seguir são apresentados os **critérios** de desempenho associados aos requisitos “a” e “b” mencionados no item 3.2.

a.1) Critério – estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistemas de vedações verticais externas (fachadas)

Os SVVE da edificação, incluindo a região entre a janela e a parede, devem se manter estanques e não apresentar infiltrações que possam causar borrifamentos, escorrimientos ou formação de gotas de água aderentes na face interna. No ensaio prescrito, podem ocorrer manchas de umidade pequenas, com áreas limitadas a valores máximos estabelecidos na norma (conforme tabela 3.2). Portanto, a norma descreve os procedimentos para realização de ensaio laboratorial, as condições de ensaio, de acordo

com a região do país em que a edificação se encontre, além de descrever o percentual máximo aceitável de áreas de manchas de umidade em relação à área total do corpo de prova utilizado.

- **Método de avaliação**

A norma propõe três métodos de avaliação para esse critério em SVVE. Um deles deve ser selecionado para avaliação. O primeiro envolve a realização de ensaio laboratorial para a verificação de estanqueidade à água de vedações verticais externas (este ensaio é prescrito pela própria ABNT NBR 15.575:2013 – Parte 4). O segundo método apresentado envolve, também, realização de ensaio em laboratório, de acordo com a ABNT NBR 10.821:2017 – Parte 3, para verificação da estanqueidade à água de esquadrias externas. Por fim, recomenda-se a análise de projetos como método de avaliação.

Este trabalho tem foco na avaliação de estanqueidade do SVVE proposto pela norma de desempenho, de modo que será abordado, assim, o primeiro método de avaliação. O método proposto pela norma está descrito em seu anexo C e é também conhecido como “método da CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia”. Ele consiste em construir uma câmara de estanqueidade, em que a face externa do corpo de prova é submetida à vazão de água e pressão. Por fim, mensuram-se as áreas de manchas de umidade para avaliação de desempenho. Mais detalhes desse método estão apresentados no item 3.4.

- **Nível de desempenho**

O nível mínimo de aceitação é o mínimo (M). Assim, atende ao projeto e às premissas de projeto. A tabela 3.2 indica o percentual máximo de área de manchas de umidade na face interna permitido para atendimento do nível mínimo (M), de acordo com a tipologia da edificação, ao final do ensaio.

A norma define, ainda, que os demais níveis de desempenho (intermediário e superior – I e S, respectivamente) somente serão atingidos no caso de não haver ocorrência de manchas de umidade na face interna do corpo de prova.

Tabela 3.2: Estanqueidade à água de SVVE

Tipologia da edificação	Percentual máximo da soma das áreas de manchas de umidade na face interna do corpo de prova, em relação à sua área total, ao final do ensaio (%)
Térrea (só a parede, seja com ou sem função estrutural)	10
Com mais de um pavimento (seja com ou sem função estrutural)	5

Fonte: adaptado de ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013).

- **Premissas de projeto**

Nas premissas de projeto, a norma destaca detalhes a serem cumpridos na elaboração dos projetos, a fim de garantir o cumprimento dos requisitos e critérios propostos (no caso, de garantia de estanqueidade).

Para garantir a estanqueidade à água de chuva em fachadas, o projeto deve indicar detalhes construtivos para interfaces e juntas entre componentes, de modo que evite a penetração de água no interior da edificação. Esses detalhes devem considerar as solicitações às quais os componentes do SVVE estão sujeitos durante sua vida útil. O projeto, também, deve estabelecer obras de proteção no entorno da edificação, a fim de proteger as bases da fachada da edificação contra o acúmulo de água.

b.1) Critério – estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água (áreas molhadas)

O critério adotado pela norma de desempenho é de que a quantidade de água penetrada no ensaio proposto seja de até 3 cm³, por um período de 24h, numa área ensaiada de 34 cm x 16 cm.

- **Método de avaliação**

A norma estabelece dois métodos de avaliação para SVVIE. O primeiro envolve a realização de ensaio prescrito pela própria ABNT NBR 15.575:2013 – Parte 4, em seu anexo D. Esse ensaio, segundo Hattge (2004) é denominado “método do IPT”, por ter sido desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT. O segundo método de avaliação apresentado envolve análise de projetos. Será abordado,

aqui, o ensaio prescrito pela norma, de verificação da permeabilidade à água. Este ensaio busca submeter um trecho de parede à presença de água, mantendo-se uma pressão constante, através de uma câmara acoplada à parede. Por fim, mensura-se a penetração de água para avaliação de desempenho. Detalhes desse ensaio estão disponíveis no item 3.4.

- **Premissas de projeto**

A norma destaca pontos que devem ser atingidos na elaboração dos projetos, no intuito de garantir o cumprimento dos requisitos e critérios propostos. Nesse critério, o projeto deve mencionar detalhes construtivos nas interfaces dos sistemas.

- **Nível de desempenho**

O nível mínimo para aceitação é o mínimo (M). Ou seja, para garantia de desempenho, de modo que as premissas de projeto sejam atingidas, quando realizada análise de projetos ou execução do ensaio, seja atingido o critério de que a quantidade de água penetrada não seja superior a 3 cm³, após 24h de ensaio, numa área ensaiada de 34 cm x 16 cm.

b.2) Critério – estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis

No caso de áreas molháveis, o critério de aceitação é de que não ocorra presença de umidade visível em ambiente contíguos, desde que sejam respeitadas as condições de uso, operação e manutenção, descritas no manual do proprietário.

- **Método de avaliação**

A norma, para esse critério, não estabelece ensaios de referência, de modo que os métodos de avaliação são: análise de projetos ou inspeção visual a 1m de distância.

- **Premissas de projeto**

Para o cumprimento de seus requisitos e critérios, a norma estabelece que o projeto contemple detalhes construtivos necessários.

- **Nível de desempenho**

A norma determina que o nível mínimo de aceitação é o mínimo (M), para que as premissas de projeto e o critério estabelecido sejam atendidos.

3.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO PRESCRITOS PELA NBR 15.575:2013

3.4.1 Verificação em laboratório da estanqueidade à água de SVVE – “método da CIENTEC” /anexo C

O ensaio proposto para verificação, em laboratório, da estanqueidade à água de SVVE consiste em submeter por tempo determinado a face externa de um corpo de prova do SVVE a uma vazão de água, a fim de criar uma película de água na superfície do SVVE, com a aplicação simultânea de uma pressão pneumática sobre essa face. Esse método de ensaio é também conhecido por “método da CINTEC”, uma vez que foi inicialmente empregado pela Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC, como visto em Hattge (2004).

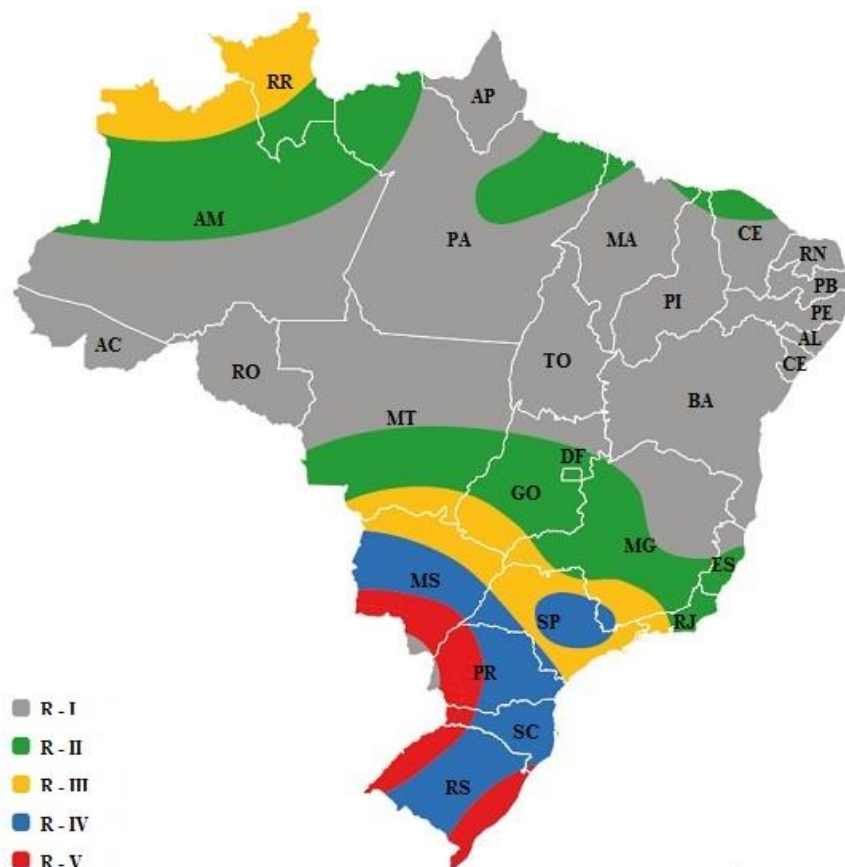
O corpo de prova deve ter dimensão mínima de largura e comprimento (105 cm x 135 cm) e deve ser constituído pela parede com ou sem pintura ou revestimento. No caso de sistemas leves, com câmaras de ar internas, ou no caso de SVVE constituído por várias camadas, deve-se verificar, ainda, se água penetra pela face externa e fica depositada no interior da parede. Nesses casos, é necessária a execução de janelas de inspeção na face interna do corpo de prova, para realização do ensaio.

Para realização do ensaio, é necessária aparelhagem adequada, constituída, basicamente, por: câmara prismática de dimensões compatíveis com o corpo de prova, com abertura em uma das faces, orifício de saída de água na base e orifício para ligação da alimentação de água, do sistema de aplicação de pressão, do manômetro e para saída de ar; sistema de ventoinha, tubulação e registros para regular pressão; equipamentos para medida de pressão; sistema de reservatório de água, tubulações e registros, para aplicação de vazão de água, constante e de valor igual a $3,0 \pm 0,3 \text{ dm}^3/\text{min}$; medidores de vazão, para seu controle; grampos para fixação do corpo de prova.

O ensaio deve ser executado em pelo menos dois corpos de prova, preparados de maneira idêntica. Ao serem ensaiados, eles devem reproduzir as especificações de projeto e características construtivas dos SVVE. Sua face externa deve ser voltada para o interior da câmara. Recomenda-se que as áreas de contato entre corpo de prova e câmara sejam

vedadas com guarnição esponjosa. A pressão pneumática aplicada é recomendada de acordo com a região de exposição no Brasil (figura 3.3) e deve ser interrompida, juntamente com a dispersão de água, ao final do ensaio, que tem duração de 7h. A tabela 3.3 indica a pressão pneumática recomendada para cada região de exposição no país.

FIGURA 3.3: Condições de exposição no Brasil



Fonte: adaptado de ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Tabela 3.3: Condições para ensaio de estanqueidade de água

Região do Brasil	Pressão pneumática recomendada (Pa)	Vazão de água (dm ³ /min)
I	10	3,0 ± 0,3
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

Fonte: adaptado de ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Ao final do ensaio, devem ser registrados os resultados de tempo de ensaio, quando ocorre o aparecimento da primeira mancha de umidade na face interna (ou da

penetração de água no interior da parede, no caso de sistemas com espaços internos ou múltiplas camadas). Além desses dados, registra-se, também, a porcentagem da área da mancha de umidade em relação à área total da face interna. Esse parâmetro de percentual de manchas de umidade em relação à área total é o que caracteriza a quantificação do critério para esse requisito de estanqueidade. É a partir dele que é verificado o cumprimento ou não do desempenho esperado. A figura 3.4 ilustra os equipamentos para realização desse ensaio, com destaque para a câmara prismática.

FIGURA 3.4: Equipamentos do ensaio de verificação de estanqueidade pela câmara prismática



Fonte: adaptado de Grochot (2012).

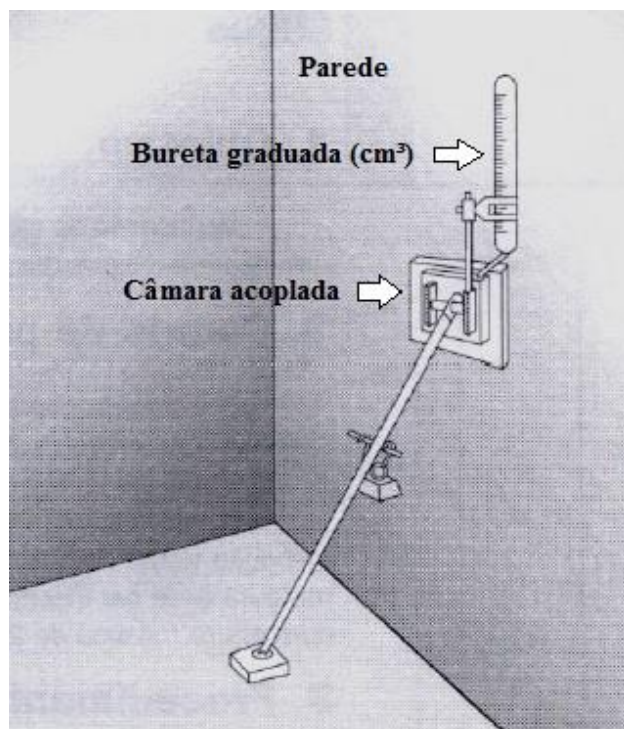
Mais detalhes sobre a realização do ensaio e aparelhagem empregada podem ser consultados na ABNT NBR 15.575:2013 – Parte 4, Anexo C.

3.4.2 Verificação da permeabilidade à água de SVVIE – “método do IPT” /anexo D

Este ensaio busca submeter um trecho de parede à presença de água, mantendo-se uma pressão constante, através de uma câmara acoplada à parede, de dimensões internas de 16 cm x 34 cm. Além da câmara acoplada, é necessária, também, uma bureta graduada em centímetros cúbicos. A bureta é utilizada para manutenção da pressão constante no interior da câmara e para medir o volume de água que venha a infiltrar na parede. É importante destacar que o nível de água no interior da câmara deve ser mantido constante. Portanto, caso haja infiltração de água na parede, o mesmo volume de água infiltrada deve ser reposto pela água contida na bureta.

Para execução do ensaio, a câmara deve ser selada com mastique ou outro material e a câmara e a bureta devem ser preenchidas por água, cujo nível inicial deve ser registrado. Dado o início do ensaio, o nível de água na bureta deve ser registrado após 30 min, 1h, 2h, 4h, 6h e 24h. Para cada um desses períodos, o volume de água infiltrado deve ser registrado. As figuras 3.5 e 3.6 ilustram o esquema de realização desse ensaio.

FIGURA 3.5: Ensaio de permeabilidade à água em SVVIE



Fonte: adaptado de ABNT NBR 15.575 (ABNT, 2013).

FIGURA 3.6: Execução do ensaio de permeabilidade à água



Fonte: adaptado de Grochot (2012).

Mais detalhes sobre a realização do ensaio e aparelhagem empregada podem ser consultados na ABNT NBR 15.575:2013 – Parte 4, Anexo D.

3.4.3 Resumo comparativo dos métodos de avaliação prescritos pela NBR 15.575:2013

De modo geral, a norma de desempenho estabelece dois ensaios para avaliação dos requisitos de estanqueidade: o método conhecido por “método da CIENTEC” e o “método do IPT”.

O primeiro deles envolve um ensaio laboratorial, com confecção de uma câmara de estanqueidade. Ensaio realizado em laboratório podem apresentar algumas desvantagens, se comparados aos ensaios de campo. Os corpos de prova devem reproduzir fielmente as prescrições de projeto. Porém, eventualmente, as condições e simulações realizadas em laboratório podem se diferenciar das condições encontradas em campo, principalmente no tocante a EHIS. Vários interferentes podem influenciar na diferenciação entre projeto e execução, tais como: aquisição de serviços e materiais de qualidade inferior à especificada em projeto; economia de materiais; rotatividade de mão

de obra, que pode afetar o método construtivo; erros de execução; condições de exposição adversas ao longo do tempo, entre outros. Esse método permite a obtenção de um resultado conclusivo em relação ao desempenho da alvenaria exposta às ações do meio ambiente e é capaz de simular as ações incidentes sobre a alvenaria, porém, pode haver dificuldade em reproduzir as condições exatas de exposição e fatores climáticos aos quais a alvenaria esteja exposta, uma vez que se trata de um ensaio laboratorial.

Nesse sentido, deve-se sempre buscar um método de avaliação simplificador para diagnóstico, que seja acessível à equipe técnica responsável pela avaliação de desempenho da edificação e que apresente resultados satisfatórios e coerentes com a realidade encontrada em campo.

O “método do IPT”, por sua vez, se trata de um método que pode ser empregado em campo e seu aparato instrumental é mais simples que o anterior, portanto, de menor custo de operação. Entretanto, é um método que pode apresentar algumas restrições para utilização em campo, como: necessidade de uma área adequada para montagem dos aparelhos; necessidade de selar a câmara na alvenaria, com boa fixação e vedação; necessidade de mão de obra específica para operar os equipamentos; disponibilidade de equipamentos, dentre outras. Além desses fatores, Hattge (2004) aponta algumas desvantagens desse método, como o fato de simular apenas ações da gravidade e capilaridade e avaliar apenas a permeabilidade superficial da alvenaria.

A tabela 3.4 apresenta uma abordagem comparativa dos dois ensaios prescritos pela norma de desempenho.

Tabela 3.4: Abordagem comparativa dos dois métodos

Condições	Método da CIENTEC	Método do IPT
Dimensões da câmara de ensaio	Compatíveis com o corpo de prova (de dimensões mínimas: 105 cm x 135 cm)	16 cm x 34 cm
Tempo de ensaio	7h	24h
Resultados são conclusivos?	Método conclusivo quanto ao desempenho da alvenaria exposta às ações do meio ambiente	Avalia apenas a permeabilidade superficial
Simula as ações incidentes sobre a alvenaria?	Sim. Simula ações de gravidade, capilaridade, energia cinética e pressão de vento	Simula apenas ações de gravidade e capilaridade
Custo	Elevado	Baixo
Pode ser utilizado em campo?	Não	Sim

Fonte: O autor (2018).

Além dos métodos apresentados, existem dois métodos de campo bastante empregados para verificação e diagnóstico de estanqueidade em SVVE: o “método do cachimbo” e o uso de termografia.

3.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO EMPREGADOS PARA VERIFICAÇÃO DA ESTANQUEIDADE À ÁGUA NOS SVVE EM CAMPO NÃO CONSIDERADOS PELA NORMA DE DESEMPENHO

3.5.1 Método do Cachimbo

Esse método de ensaio foi apresentado, inicialmente, por Polisseni (1986) e seu objetivo era desenvolver um método, que pudesse ser utilizado em laboratório ou em campo, de determinação da capacidade impermeabilizante ou de repelência à água de um revestimento de parede, medida através da absorção de água.

Nesse método, a absorção de água é medida sobre uma pressão de água inicial de 92 mm. Essa pressão de água corresponde à pressão estática de vento sobre a alvenaria, com velocidade de aproximadamente 140 km/h.

Esses valores foram obtidos a partir da velocidade do vento de referência (de 140 km/h), que resulta em uma pressão estática do vento de aproximadamente 92 kg/m²

(conforme equação 3.1). Essa pressão estática corresponde à altura da coluna d'água (10 Pa $\approx$ 1 kg/m², que corresponde a 1 mm de coluna d'água).

$$Q = \frac{v^2}{16} \quad (3.1)$$

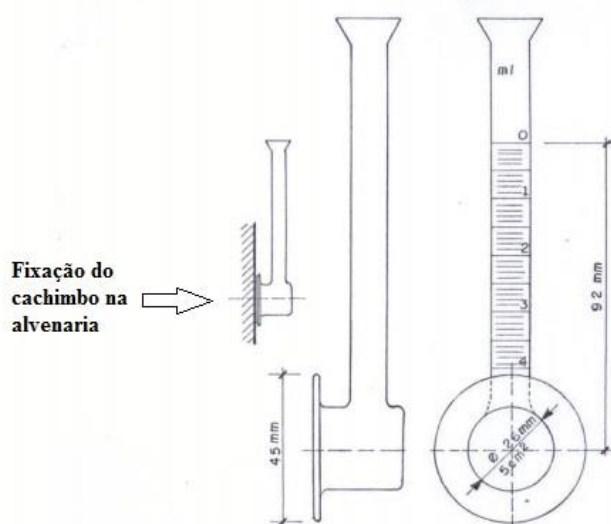
Onde:

Q = pressão estática do vento (kg/m²);

v = velocidade do vento (m/s).

A aparelhagem utilizada para realização desse ensaio constitui-se de um cachimbo de vidro, uma pisseta plástica com capacidade de 500 ml e um cronômetro. A fixação do cachimbo à alvenaria deve ser feita com mastique ou outro material. A figura 3.7 ilustra, detalhadamente, o cachimbo de vidro utilizado neste ensaio.

FIGURA 3.7: Cachimbo de vidro utilizado no método



Fonte: adaptado de Polisseni (1986).

Para execução deste ensaio, deve-se, primeiramente, modelar o mastique e envolver o bordo do cachimbo; fixar o cachimbo na alvenaria; com o auxílio da pisseta, encher o cachimbo de água até a marca do nível zero; realizar leituras (em cm³) da redução do nível d'água, após os tempos de 5, 10 e 15 min, com auxílio do cronômetro. Polisseni (1986) recomenda a realização de no mínimo 30 ensaios para boa análise estatística.

Hattge (2004) aponta inúmeras vantagens do uso desse método, como a fácil leitura, operação e transporte de equipamentos e baixo custo operacional. Além disso, deve-se considerar o tempo de ensaio inferior aos demais, o que pode ser apontado como

uma vantagem desse método. Porém, para Hattge (2004), o método apresenta algumas desvantagens semelhantes ao “método do IPT”, como o fato de não simular algumas ações incidentes sobre a alvenaria e de determinar apenas a permeabilidade superficial da alvenaria. Uma outra desvantagem é apontada, uma vez que esse método não é adequado para avaliar elementos com alta absorção de água.

3.5.2 Termografia

A termografia consiste na “escrita” do calor, avaliada através da emissão de radiação térmica pelos corpos. Portanto, ela permite a visualização das diferenças de calor numa determinada área de estudo, por meio de registros de imagens captadas por uma câmera termográfica. Para Cortizo (2007), a termografia trabalha com a percepção da temperatura superficial de um corpo, uma vez que todo corpo com temperatura acima de -237°C emite radiação térmica. Ele aponta que essa técnica, por trabalhar com diferenças de temperatura e contrastes, é, portanto, capaz de auxiliar no mapeamento da deficiência de estanqueidade da edificação e de seus elementos.

Alguns fatores são condicionantes no uso das câmeras termográficas, como a inclinação adotada para captura de imagens, distância do operador e o elemento em estudo, condições climáticas locais – como temperatura ambiente, velocidade do vento e umidade relativa do ar, além do horário do dia em que as imagens são registradas. A figura 3.8 ilustra o resultado obtido através da captura de imagem termográfica em uma fachada. Vale observar que a temperatura indicada de $34,4^{\circ}\text{C}$ corresponde à temperatura do ponto central da imagem. Observam-se, na imagem, áreas com maior radiação (tons mais avermelhados) e áreas com menor radiação (tons mais azuis). A diferença de contraste entre elas indica a existência de áreas afetadas com vícios ocultos e possíveis problemas de estanqueidade, que podem ocasionar no comprometimento futuro do revestimento externo e na ocorrência de manifestações patológicas nessas regiões. Além disso, a presença de algumas anomalias, como a existência de trincas e fissuras, compromete ainda mais a estanqueidade, de modo que caracteriza-se, assim, um ciclo de danos recorrentes: a presença de fenômenos patológicos, que comprometem a estanqueidade dos revestimentos, cujo comprometimento favorece ainda mais a ocorrência de novos danos e degradação.

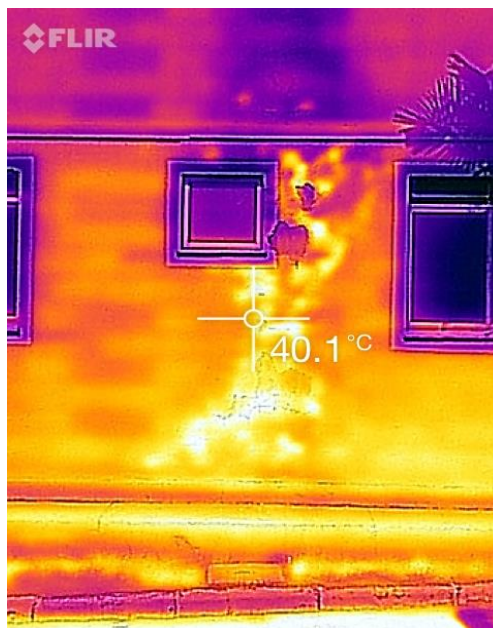
FIGURA 3.8: Imagem termográfica de uma fachada



Fonte: O autor (2018).

Conforme visto em Nunes *et al.* (2018), através da termografia é possível identificar a ocorrência de possíveis manifestações patológicas associadas a diversos fatores, como: umidade ascensional, umidade de infiltração, umidade accidental, fissuração e descolamento. Ou seja, a presença de umidade nos elementos de fachadas pode ser percebida com o uso dessa técnica, de modo que ela proporciona mecanismos para que seja feito um mapeamento da área de estudo em relação à deficiência de estanqueidade e demais anomalias presentes nas fachadas. A figura 3.9 representa um exemplo de dano verificado na fachada de uma edificação estudada, em que havia presença de umidade accidental por vazamento de tubulação no banheiro.

FIGURA 3.9: Umidade acidental em uma edificação



Fonte: O autor (2018).

Desse modo, a termografia constitui-se de um método de avaliação da estanqueidade em SVV, que permite, também, uma investigação indireta para elaboração de um mapa de danos dos empreendimentos estudados. A confecção de mapas de danos a partir da termografia apresenta, ainda, como vantagem o fato de tratar-se de um método não destrutivo para avaliação. A partir do mapa de danos obtido, pode-se avaliar o grau de degradação dos elementos de fachada, por meio da mensuração dos danos mapeados. Este mapeamento de danos e sua respectiva mensuração são assuntos tratados no programa experimental desta pesquisa (capítulo 4).

- **Vantagens de utilização da termografia como método de avaliação frente aos demais métodos apresentados**

Foram apresentados, nessa pesquisa, três métodos muito empregados no Brasil para avaliação da estanqueidade em alvenarias – o método conhecido por “método da CIENTEC”, o “método do IPT” e o “método do cachimbo”. Os dois primeiros recomendados, inclusive, pela norma de desempenho, e o último desenvolvido por Polisseni (1986) e muito empregado para avaliação em campo da capacidade impermeabilizante de alvenarias. Embora os três métodos sejam recomendados tecnicamente e apresentem inúmeras vantagens de aplicação, algumas desvantagens são,

também, percebidas. Um condicionante comum aos três métodos e que deve ser considerado como decisivo na escolha do método empregado é o fato de as dimensões e o número de corpos de prova ou elementos avaliados serem, ainda, insuficientes para representar fielmente as condições reais encontradas na alvenaria ou na fachada como um todo. Para que sejam obtidos resultados mais satisfatórios, em alguns casos deve-se realizar uma quantidade significativa de ensaios – conforme recomendado por Polisseni (1986) no método do cachimbo. Essa necessidade pode ser bastante prejudicial quando o objetivo da realização dos ensaios é avaliar o desempenho da alvenaria ou da fachada em relação à estanqueidade para verificação do cumprimento das exigências do usuário.

Nesse contexto, a termografia como método de avaliação da estanqueidade em fachadas tem tido destaque, uma vez que esse método permite avaliar a fachada como um todo e ampliar as investigações, além de captar as condições reais encontradas e campo. Ela possui, ainda, aparelhagem simples e, portanto, de baixo custo e facilidade de operação por parte das equipes responsáveis pela avaliação de desempenho.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL: COLETA DE DADOS, MAPEAMENTO E ANÁLISE DE DANOS

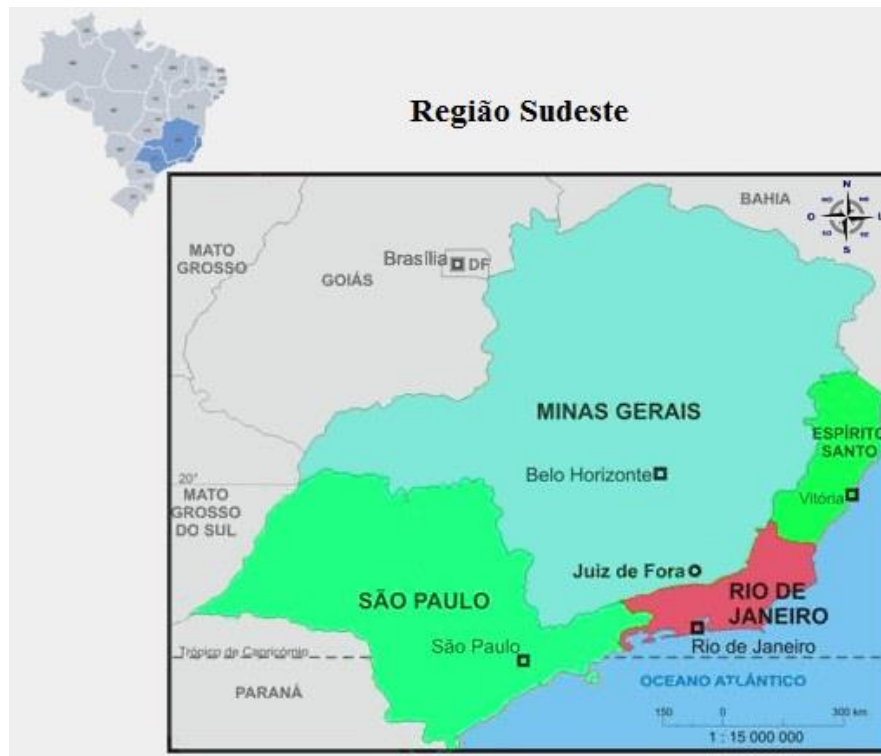
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo é voltado para a elaboração de uma metodologia de mapeamento de danos e quantificação desses danos associados à presença de umidade em fachadas de EHIS. Para que a metodologia proposta seja aplicada, a pesquisa conta com um estudo de caso em quatro diferentes empreendimentos pertencentes ao PMCMV localizados na cidade de Juiz de Fora (MG) de duas diferentes empresas construtoras que serão denominadas por: empresa A e empresa B.

Salienta-se que a cidade de Juiz de Fora está localizada na Zona da Mata Mineira, na região Sudeste brasileira, distante aproximadamente 180 km do Rio de Janeiro e 270 km da capital mineira, Belo Horizonte. A figura 4.1 ilustra a localização de Juiz de Fora na região Sudeste. A cidade possui clima tropical de altitude, segundo classificação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ou seja, verão com elevados índices de calor e umidade; a temperatura média anual é de 20,1°C e uma pluviosidade média de 1504 mm.

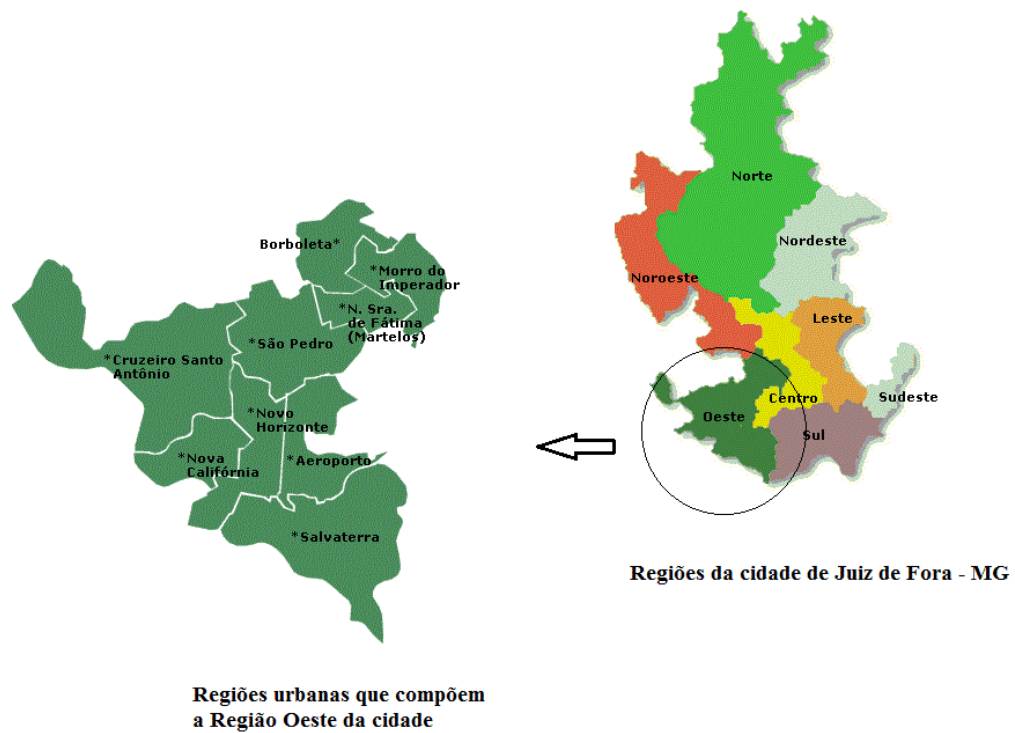
Nesse contexto, foram avaliados quatro empreendimentos, sendo dois construídos pela empresa A (A1 e A2) e dois construídos pela empresa B (B1 e B2). Buscou-se priorizar empreendimentos localizados em uma mesma região de estudo, a fim de que fossem delimitadas condições climáticas semelhantes. A figura 4.2 ilustra o mapa da cidade de Juiz de Fora – MG, com suas respectivas regiões (norte, nordeste, noroeste, leste, centro, sul, sudeste e oeste). A região de estudo escolhida para delimitar os empreendimentos foi a região oeste, conforme figura 4.2, sendo que os empreendimentos A1, A2 e B2 estão localizados na região urbana do bairro São Pedro e o empreendimento B1, por sua vez, localiza-se na região urbana do bairro Borboleta.

FIGURA 4.1: Localização de Juiz de Fora - MG



Fonte: adaptado de JF Minas (2019).

FIGURA 4.2: Regiões da cidade de Juiz de Fora e regiões urbanas da região oeste



Fonte: adaptado de ACESSA (2019).

As condições climáticas na região oeste são bastante semelhantes e, na coleta de dados de cada um dos empreendimentos, foram registradas as condições climáticas locais do dia da coleta, como data, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, conforme tabela 4.1.

Tabela 4.1: Dados climáticos dos dias de coleta de dados

Empreendimento	Data	Temperatura (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (km/h)
A1	08/06/2018	22	48	14
A2	08/06/2018	22	48	14
B1	31/03/2018	23	63	12
B2	21/04/2018	24	62	10

Fonte: O autor (2019).

Para caracterização dos empreendimentos, foi elaborado um croqui, com descrição da disposição dos blocos desses empreendimentos. Nesses empreendimentos, foi feita uma análise de campo para avaliação dos SVVE quanto às manifestações patológicas presentes, especialmente àquelas relacionadas à deficiência de estanqueidade desses elementos. Para isso, realizou-se a visualização direta, para posterior análise mais criteriosa, com o emprego de uma câmera termográfica. Em cada empreendimento, foram observados e avaliados aproximadamente 20% do número total de blocos. Essa quantidade foi escolhida por motivos de simplificação dos resultados, uma vez que se fossem levantados os blocos em sua totalidade, haveria muitos blocos a serem trabalhados. Assim, foi escolhido o percentual de 20%, que atende ao objetivo da pesquisa, de aplicação da metodologia proposta de mapeamento de danos, e configura uma boa base amostral.

Desse modo, ficaram definidos em cada empreendimento o número total de blocos avaliados, conforme tabela 4.2.

Tabela 4.2: Número de blocos avaliados em cada empreendimento

Empreendimento	Número total de blocos	20% do número total de blocos	Número de blocos avaliados
A1	7	1,4	2
A2	16	3,2	4
B1	4	0,8	1
B2	6	1,2	2

Ainda em relação aos empreendimentos descritos, nos blocos avaliados (conforme tabela 4.2) foram escolhidas duas fachadas representativas para análise visual e com a câmera termográfica. A escolha dessas duas fachadas se deu em função da disponibilidade de espaço no empreendimento para visualização e posicionamento da câmera nas condições ideais (como será apresentado no item 4.1.2). Desse modo, alguns empreendimentos tiveram as duas fachadas laterais estudadas, outros tiveram uma fachada lateral e outra frontal ou posterior estudada, em função dos espaços disponíveis.

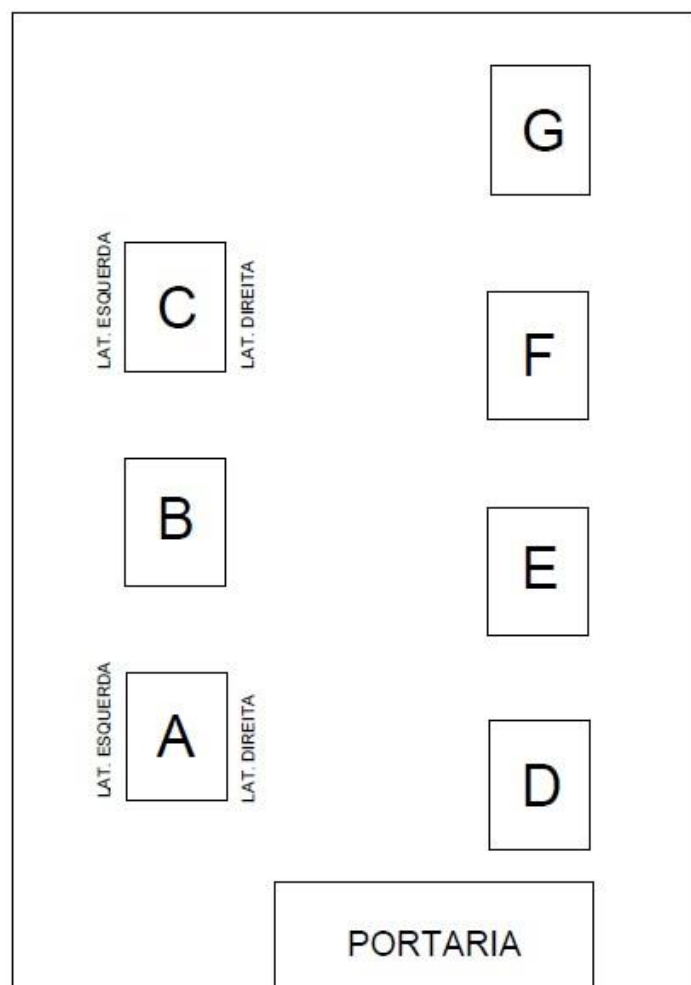
4.1.1 Descrição dos empreendimentos

- EMPREENDIMENTO A1

O empreendimento A1 foi entregue aos condôminos pela empresa A no ano de 2013 e caracteriza-se pela existência de 14 torres, sendo duas por bloco, configurando, assim, um total de 7 blocos (conforme figura 4.3). O empreendimento possui, em cada bloco, 5 pavimentos e um total de 4 apartamentos por pavimento. São apartamentos-tipo de dois quartos com uma vaga de garagem descoberta por apartamento. Não existem torres com elevador e o condomínio possui área de lazer.

Os dados coletados envolvem os blocos A e C, em suas fachadas laterais esquerda e direita (figura 4.3), configurando-se, assim, uma aproximação de 20% do total de blocos existentes no empreendimento, como visto na tabela 4.2. Vale destacar que foi utilizada a referência da posição da portaria do condomínio para as posições frontais, laterais e posteriores das fachadas de cada bloco. Essa referência também foi utilizada para os demais empreendimentos.

FIGURA 4.3: Croqui da disposição dos blocos do empreendimento A1



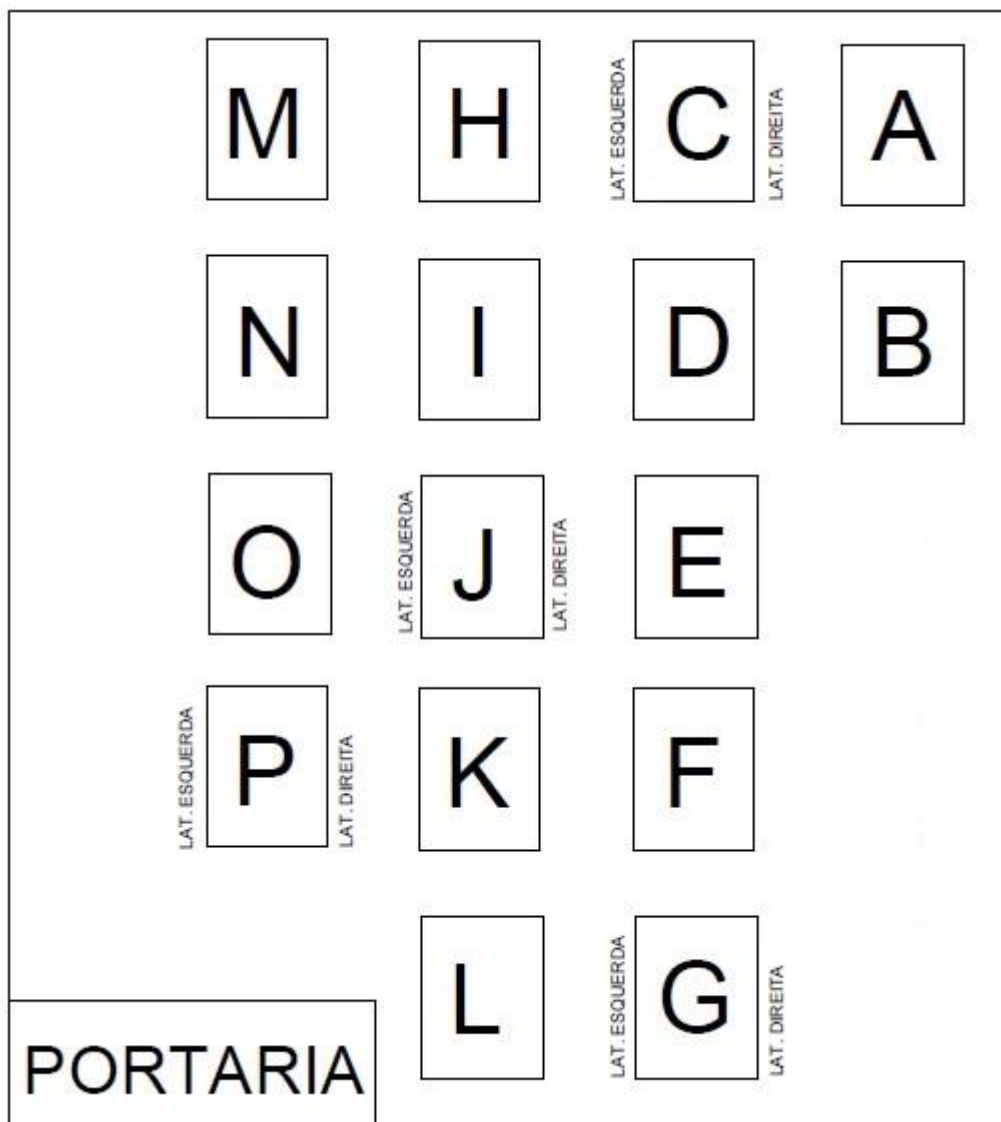
Fonte: O autor (2019).

- EMPREENDIMENTO A2

O empreendimento A2 possui 30 torres e um total de 16 blocos (figura 4.4). Sua entrega ocorreu no ano de 2014. As edificações possuem 5 pavimentos e 4 apartamentos por pavimento. Tratam-se de apartamentos-tipo de dois quartos com uma vaga de garagem descoberta por apartamento. Não há elevador em nenhuma torre e o condomínio possui área de lazer completa, com salão de festas, piscina, espaço gourmet e fitness e playground.

Aproximadamente 20% dos blocos do empreendimento foram avaliados nas coletas de dados (vide tabela 4.2), tendo sido escolhidos os blocos P, J, C e G, conforme figura 4.4. Foram utilizadas as fachadas laterais (esquerda e direita) desses blocos para levantamento de dados.

FIGURA 4.4: Croqui da disposição dos blocos do empreendimento A2



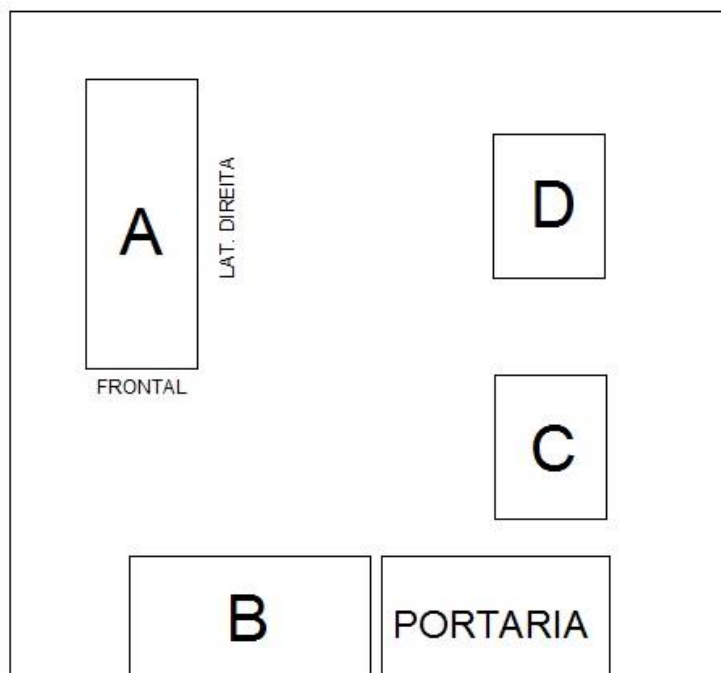
Fonte: O autor (2019).

- EMPREENDIMENTO B1

O empreendimento B1 conta com cinco torres. Duas delas são conjugadas em um único bloco, totalizando, assim, 4 blocos (como visto na figura 4.5). A entrega do empreendimento foi feita em 2015. Os blocos possuem 5 pavimentos e 4 apartamentos por pavimento. São apartamentos-tipo de dois quartos e não há vagas de garagem para os apartamentos. O condomínio não possui área de lazer nem torres com elevador.

Aproximadamente 20% dos blocos do empreendimento foram avaliados nas coletas de dados, totalizando um bloco (conforme tabela 4.2). O bloco escolhido para análise foi o bloco A, em que foram fotografadas suas fachadas frontal e lateral direita.

FIGURA 4.5: Croqui da disposição dos blocos do empreendimento B1



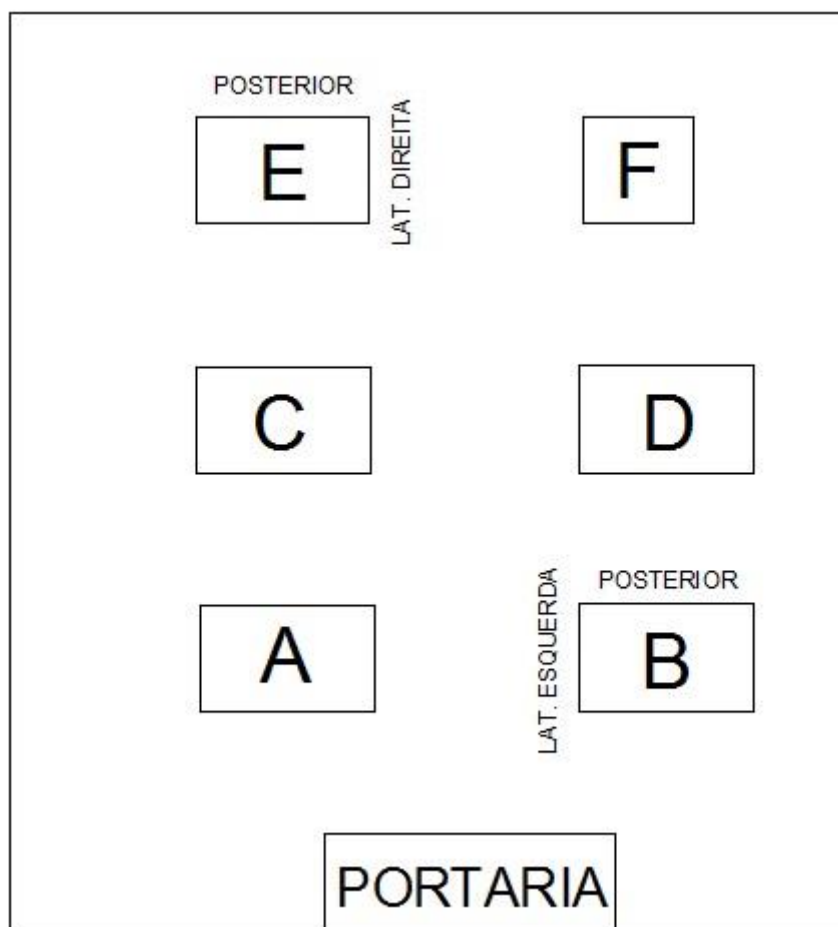
Fonte: O autor (2019).

- **EMPREENDIMENTO B2**

O empreendimento B2 é constituído por 6 blocos, sendo 5 deles com torres conjugadas e um bloco com uma única torre. Assim, totalizam-se 11 torres. Os 6 blocos foram representados na figura 4.6. O empreendimento foi entregue no ano de 2016 e possui 5 pavimentos por bloco. Em cada pavimento, existem 4 apartamentos. Os apartamentos-tipo variam entre apartamentos de dois e três quartos, além dos apartamentos de cobertura. Os blocos possuem 5 pavimentos e 4 apartamentos por pavimento. Não existem vagas de garagem para os apartamentos. Esse empreendimento possui área de lazer e torres com elevador de acesso.

Em torno de 20% dos blocos do empreendimento foram avaliados nas coletas de dados, configurando-se dois blocos de análise (tabela 4.2), que foram selecionados como sendo: bloco B e bloco E, que tiveram uma de suas fachadas laterais avaliadas e suas fachadas posteriores.

FIGURA 4.6: Croqui da disposição dos blocos do empreendimento B2



Fonte: O autor (2019).

4.1.2 Metodologia adotada para coleta de dados com a câmera termográfica nos empreendimentos estudados

Para investigação mais criteriosa dos danos presentes nas fachadas dos empreendimentos estudados, foi utilizada além da análise visual uma câmera termográfica da marca *FLIR ONE: Thermal Imaging Camera for Apple*, que oferece uma série de variações de filtros de contraste. Salienta-se que as imagens em cada empreendimento foram capturadas sequencialmente. Portanto, as variações das condições climáticas descritas na tabela 4.1 para os dias de coleta de dados foram desprezadas ao longo da coleta de dados, já que a coleta foi feita de forma sequencial. Cruz, Rosse e Barbosa (2018) apontam que para utilização desse modelo de câmera termográfica, para obtenção de resultados satisfatórios, é importante observar alguns critérios. Esses critérios foram levados em consideração nessa pesquisa e, para coleta de dados, empregaram-se

algumas considerações, como:

- a) levantamento de aproximadamente 20% do número total de blocos de cada empreendimento, configurando-se, assim, o espaço amostral da pesquisa, pelos motivos descritos no item 4.1.1.
- b) utilização da câmera inclinada de 0° a até aproximadamente 20°. Essa escolha foi feita por serem imagens de melhor qualidade e nas quais não ocorrem distorções significativas, que possam prejudicar a quantificação de áreas.

Como exemplo, tem-se a figura 4.7, que ilustra termogramas obtidos pelo modelo de câmera utilizado na fachada lateral direita do bloco A do empreendimento A1. Observa-se que na posição 0° (figura 4.7 (a)), a câmera consegue captar apenas os primeiros pavimentos. Na posição de 20° (figura 4.7 (b)) tem-se uma imagem de melhor qualidade, em que só estão presentes elementos da própria fachada. Somente com a câmera inclinada a mais de 20° (figura 4.7 (c)), é possível captar os últimos pavimentos. Entretanto, as imagens aparecem de modo distorcido e com qualidade inferior, uma vez que captam o céu, que emite elevada radiação térmica e altera os contrastes na imagem termográfica. Desse modo, optou-se por coletar dados segundo essa metodologia, em que o ângulo de inclinação da câmera não fosse superior a 20°, para obtenção de melhores resultados com o modelo de câmera utilizado.

- c) distância da câmera para o piso de aproximadamente 1,45 m, que configura a posição relativa à altura dos ombros do observador;
- d) necessidade de parcelamento da área total da fachada em regiões de estudo, uma vez que o modelo empregado não permite uma boa representação de resultados a longas distâncias da fachada, de modo que não é possível obter imagens que captem toda a área da fachada;
- e) distância entre observador e elemento de fachada de aproximadamente 10 m, pelo que foi explicado no item (d) acima.

FIGURA 4.7: Imagens capturadas de regiões de estudo da fachada lateral de direita do bloco A do empreendimento A1, com diferentes angulações



a) Termograma a 0°

b) Termograma a 20°

c) Termograma a $> 20^\circ$

Fonte: O autor (2018).

4.2 SISTEMATIZAÇÃO PROPOSTA DE ANÁLISE DE DADOS

4.2.1 Elaboração dos Mapas de Danos

A partir das imagens obtidas em forma de termogramas e da visualização direta dos empreendimentos e suas manifestações patológicas, a pesquisa se propõe à elaboração de mapas de danos, que utilizem como método de investigação a termografia. O modelo de mapa de danos elaborado nesta pesquisa conta com um desenho gráfico da fachada da edificação e os fenômenos associados à presença de umidade são simbolizados por linhas preenchidas por cor sólida, na forma de hachura (conforme figura 4.9 (b)). Nesse modelo proposto, as áreas hachuradas indicam os locais de presença de umidade na região e, portanto, áreas de degradação da fachada, com ocorrência de danos já existentes ou futuros. Por ser elaborado através de recursos fotográficos e contar com uma representação gráfica, considera-se esse modelo como um tipo de representação mista.

A sequência de fotos nas figura 4.8 e 4.9 ilustram um exemplo de aplicação com a metodologia adotada nesta pesquisa para confecção de mapa de danos das fachadas dos empreendimentos estudados.

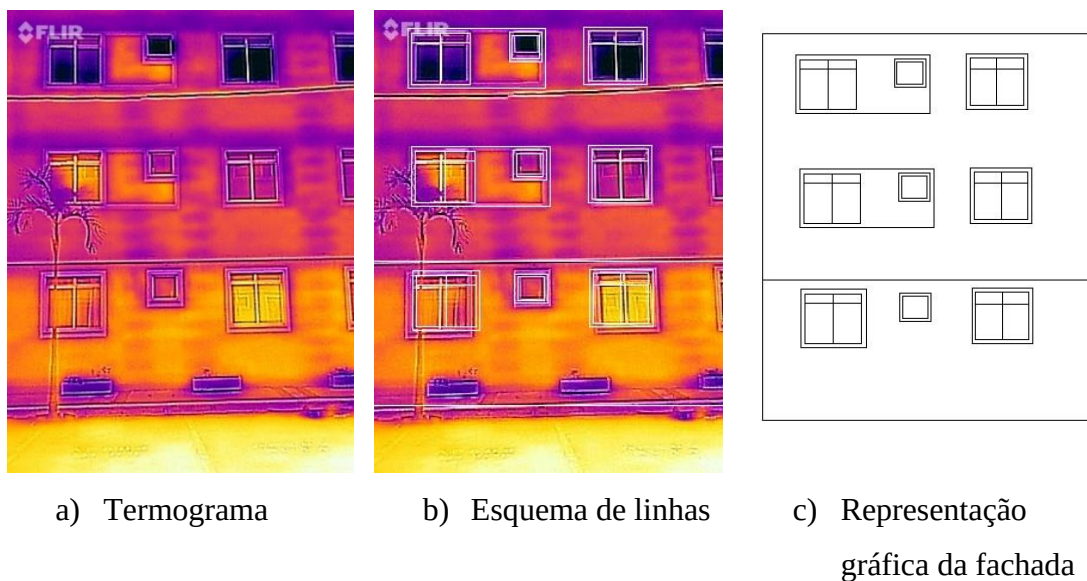
Para elaboração dos mapas de danos (figura 4.9 (b)), contou-se com o recurso do software *Autodesk Autocad 2016*. No software, o termograma (figura 4.8 (a)) foi inserido e, a partir dele, foi traçado um esquema de linhas representativo da fachada (figura 4.8

(b)). Assim, foi possível confeccionar um esquema gráfico da fachada em estudo (conforme figura 4.8 (c)).

Feito isso, passa-se à delimitação das regiões com presença de umidade (figura 4.9 (a)), que, posteriormente, foram hachuradas no mesmo software, permitindo, assim, a obtenção dos mapas de dano, conforme figura 4.9 (b). Essa metodologia se baseia na metodologia de Santos *et al.* (2018), que consiste na sobreposição do desenho esquemático da região de estudo sobre a imagem do edifício e, posteriormente, no destaque das manifestações patológicas observadas através de desenhos. Entretanto, a metodologia foi adaptada para esta pesquisa, uma vez que a metodologia dos autores não abordava o uso de imagens termográficas e também não era direcionada à detecção de falhas relacionadas à presença de umidade. Os autores, em sua pesquisa, utilizam o método de gradeamento para sobreposição da imagem e do modelo esquemático e, assim, fazer a quantificação da área. Já nesta pesquisa, a sobreposição foi feita diretamente no software *Autodesk Autocad 2016*, que fornece as áreas hachuradas em cada análise realizada.

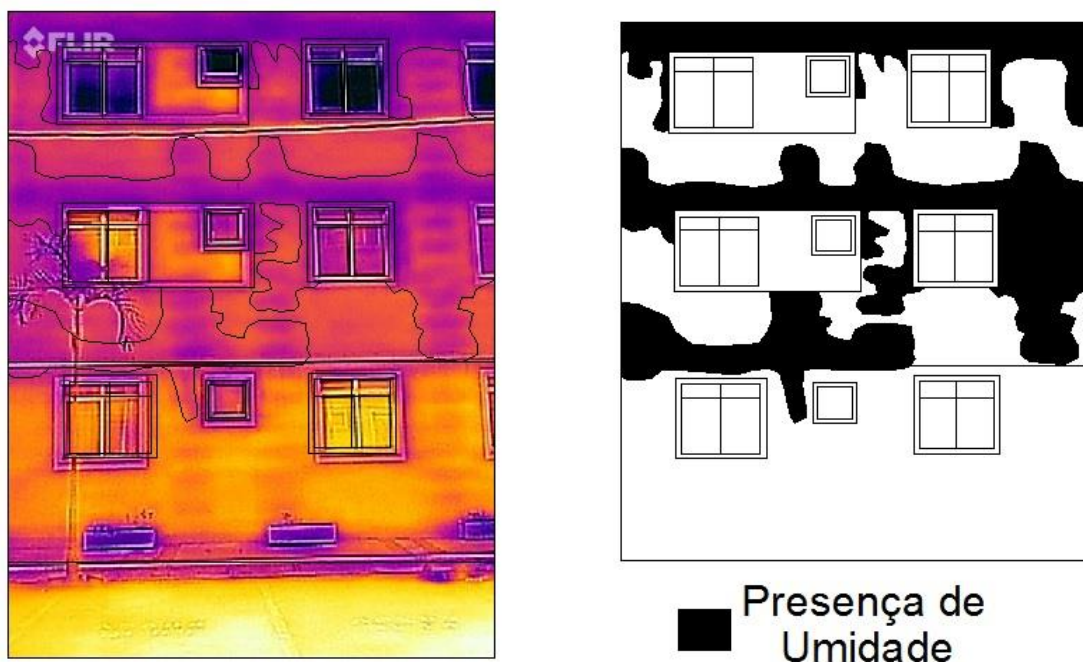
Com o mapa de danos já elaborado, pode-se calcular a área degradada e a área total da região de estudo diretamente no *software Autodesk Autocad 2016*, para, assim, ser possível obter o fator de dano, que quantifica o grau de degradação da área estudada. O cálculo do FD (%) será descrito no item 4.2.2.

FIGURA 4.8: Representação gráfica da fachada através do termograma



Fonte: O autor (2019).

FIGURA 4.9: Delimitação das áreas afetadas e confecção de mapa de danos



a) Delimitação das regiões com presença de umidade

b) Mapa de Danos

Fonte: O autor (2019).

4.2.2 Quantificação de Danos

A partir do mapa de danos, buscou-se propor uma metodologia para quantificação desses danos, obtendo-se, assim, o fator de dano (FD), que representa o percentual de área comprometida, ou seja, com deficiência de estanqueidade.

Para quantificar a incidência de danos, Santos *et al.* (2018) utilizam o Método de Mensuração de Danos (MMD) por eles desenvolvido, que busca obter um parâmetro para análise da degradação. Eles propõem uma formulação para calcular o fator de dano da amostra analisada, que foi adaptada para esta pesquisa, conforme equação 4.1.

$$FD (\%) = \frac{\Sigma AD}{AT} \times 100 \quad (4.1)$$

Onde:

FD (%) = fator de dano, em valor percentual;

ΣAD = somatório das áreas degradadas, simbolizadas pelas áreas hachuradas no mapa de danos;

AT = área total da região de estudo abrangida no termograma em análise.

O FD (%) descrito na equação 4.1 se configura como um parâmetro para avaliação do grau de degradação da região estudada, obtido através de mapas de danos desenvolvidos por meio de imagens termográficas. Para os mapas de danos desenvolvidos nesta pesquisa, pode-se quantificar as áreas degradadas com auxílio do software *Autocad Autodesk 2016* e quantificar também a área total das regiões de estudo trabalhadas. A relação entre área áreas degradadas e área total das regiões de estudo pode ser feita com auxílio do *software Microsoft Excel 2013*, para que seja obtido, assim, o FD (%). Ele permite um acompanhamento quantitativo da área degradada pela presença de umidade nas fachadas dos empreendimentos. Esse parâmetro, portanto, pode ser utilizado como um critério de desempenho passível de inserção na NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho. Assim, ele pode ser utilizado para avaliação de desempenho dos SVVE, além de se destacar como um parâmetro que possibilita a proposição de intervenções preventivas e/ou corretivas como medidas de manutenção nas EHIS estudadas.

4.2.3 Utilização do método GUT para diagnóstico quanto à durabilidade dos elementos estudados

A pesquisa buscou, também, a proposição de parâmetros para análise de desempenho com base nos dados obtidos e diretrizes que possam auxiliar no diagnóstico quanto à durabilidade dos elementos de vedação argamassados comumente empregados nas habitações estudadas.

Existem inúmeras ferramentas para diagnóstico dos elementos de fachada quanto à sua durabilidade e para direcionamento de ações. Nesta pesquisa foi abordado o Método da Gravidade, Urgência e Tendência (GUT). Segundo Sotille (2014), este método é usado para definir as ações com maior prioridade. O método considera a gravidade do fenômeno, a urgência de intervenção e a tendência de progressão do problema.

Para Martins, Pessoa e Nascimento (2017), o método GUT baseia-se numa análise das manifestações patológicas, as quais são atribuídas pontuações de 1 a 5 em cada uma das características: gravidade, urgência e tendência. A Tabela 4.3 indica a adaptação feita deste método para a origem das manifestações patológicas decorrentes da presença de umidade.

Tabela 4.3: Pontuação do GUT e adaptação para origem da manifestação patológica por presença de umidade

Pontuação	Gravidade	Urgência	Tendência	Origem da manifestação patológica por presença de umidade
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de ações	Progressão do problema	
5	Gravíssima	Ação imediata	Considerável	Umidade ascensional
4	Muito grave	Urgente	Rápida	Umidade oriunda de chuvas
3	Grave	Rápida	Média	Umidade accidental
2	Pouco grave	Programada	Lenta	Umidade de construção
1	Sem gravidade	Sem pressa	Irrelevante	Umidade relativa ao ar

Fonte: adaptado de Oliveira (1995); Nascimento, Santos e Almeida (2018) e Martins, Pessoa e Nascimento (2017).

Nos mapas de danos desenvolvidos nessa pesquisa, após o cálculo do fator de dano, procede-se ao diagnóstico dos elementos estudados quanto à durabilidade, baseado no método GUT (tabela 4.3).

Para cada termograma analisado, foi obtido um mapa de danos e um FD (%) a ele associado. Posterior a isso, em cada mapa de danos foi observada a origem principal da presença de umidade, para, assim, ser feito o diagnóstico de cada fachada estudada pelo método GUT.

Vale destacar que alguns mapas de danos desenvolvidos nesta pesquisa indicam a presença de umidade nas regiões de estudo oriunda de diferentes causas, como, por exemplo: umidade ascensional, umidade oriunda de chuvas e umidade accidental. Essas três manifestações foram as mais recorrentes em todos os empreendimentos estudados. Para o cálculo do FD (%), foi quantificada toda a área afetada pela presença de umidade, independente da origem da ocorrência de umidade. Entretanto, na análise das regiões estudadas quanto à durabilidade, utilizou-se o método GUT adaptado (tabela 4.3) e, para atribuir uma pontuação referente ao método, foi considerada em cada região de estudo a **origem principal** de presença de umidade. Assim, foi feita uma análise visual de cada mapa de danos elaborado e foi definida, a partir daí, qual ocorrência de umidade é mais presente.

Para o mapa de danos da figura 4.9 (b), por exemplo, a origem principal de umidade é a umidade proveniente de chuvas. Portanto, a esse mapa de danos foi atribuída a nota 4 no método GUT, com:

- Gravidade (consequência se nada for feito) – Muito grave;
- Urgência de intervenção/tomada de ações – Urgente;
- Tendência de progressão do problema – Rápida.

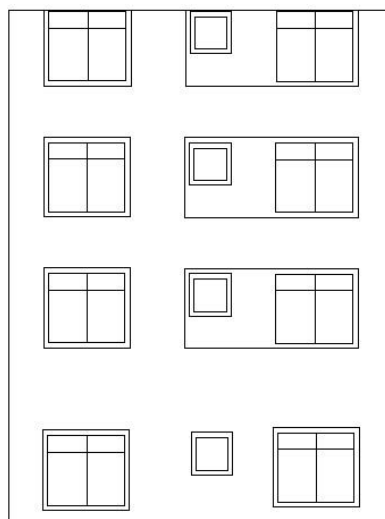
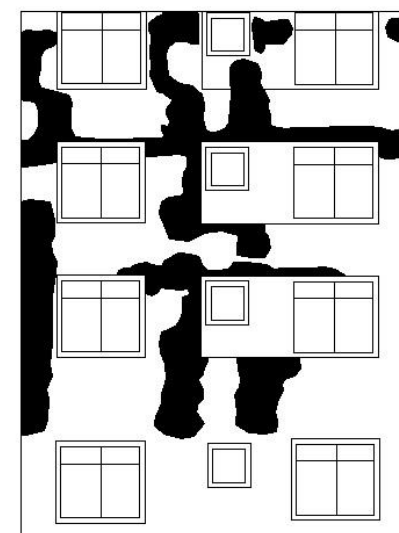
5 APLICABILIDADE DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA ANÁLISE DE DANOS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES

Este capítulo é destinado à aplicação da metodologia proposta no capítulo 4 (referente à coleta de dados, mapeamento de danos, quantificação de danos e diagnóstico quanto à durabilidade) nos empreendimentos estudados. Para cada empreendimento (A1, A2, B1 e B2), foram efetuadas análises de alguns termogramas representativos de suas fachadas. Esses termogramas, com a representação gráfica da fachada e seus mapas de danos, estão disponíveis a seguir, nas tabelas 5.1 a 5.4, juntamente com o valor mensurado de FD (%).

Tabela 5.1: Análises do empreendimento A1

**Localização
da região de
estudo**

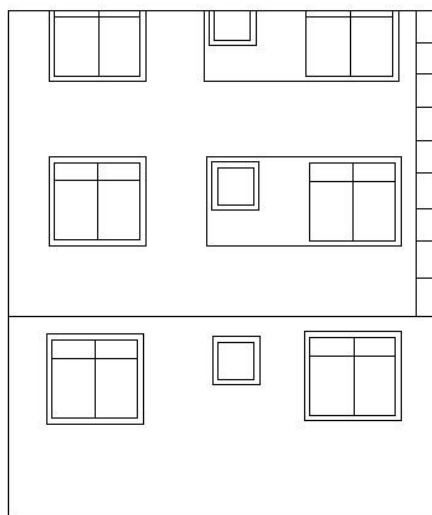
Bloco A,
fachada
lateral direita

Termograma**Representação da fachada****Mapa de danos**

■ Presença de
Umidade

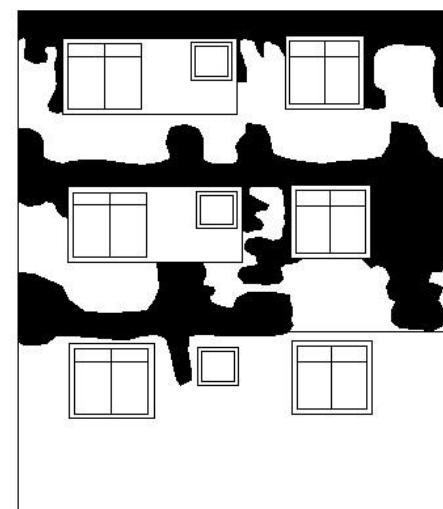
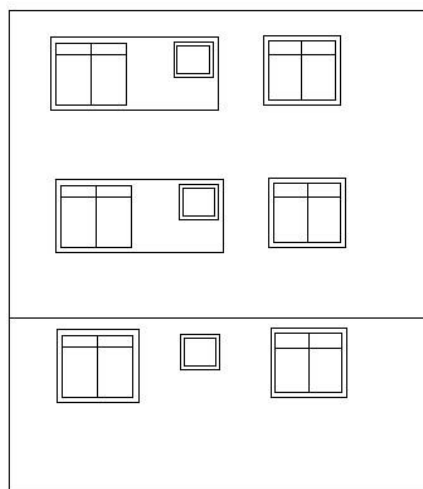
**Fator de
Dano (%)**
19,15

Bloco A,
fachada
lateral
esquerda



**Fator de
Dano (%)**
24,96

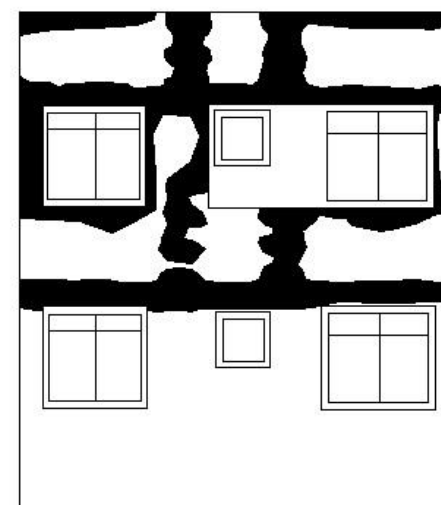
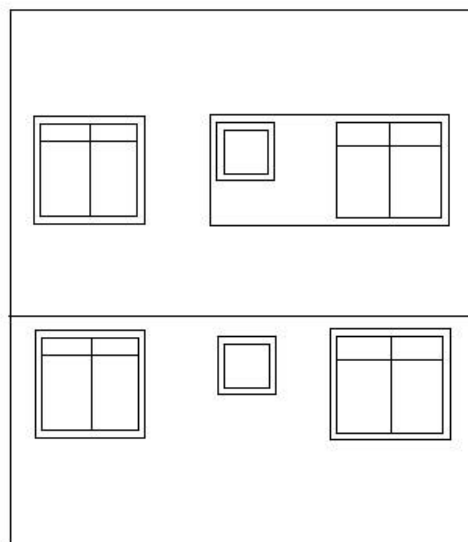
Bloco C,
fachada
lateral direita



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
26,66

Bloco C,
fachada
lateral
esquerda



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
21,25

Fonte: O autor (2019).

Tabela 5.2: Análises do empreendimento A2

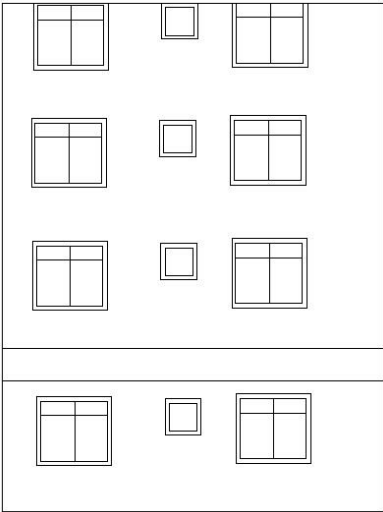
**Localização
da região de
estudo**

Bloco P,
fachada
lateral direita

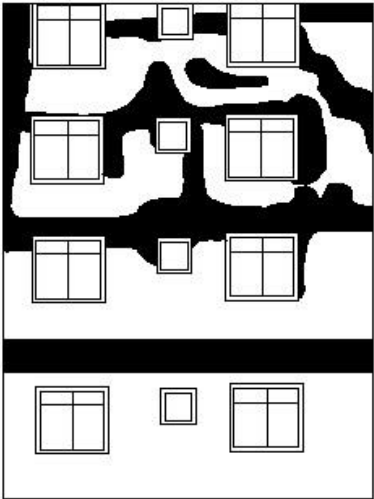


Termograma

Representação da fachada



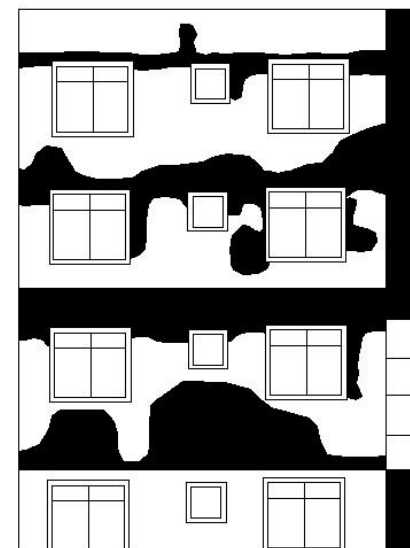
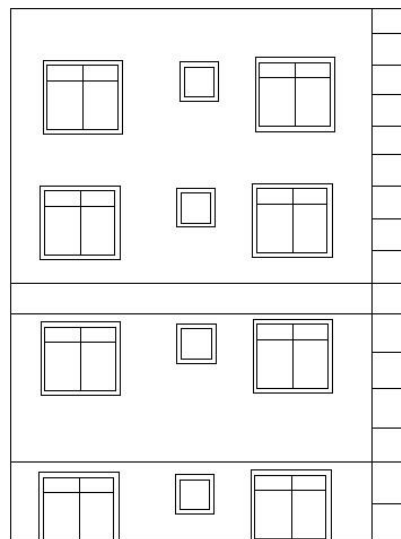
Mapa de danos



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
24,30

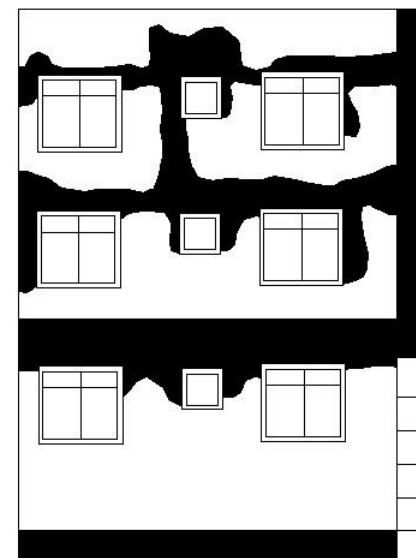
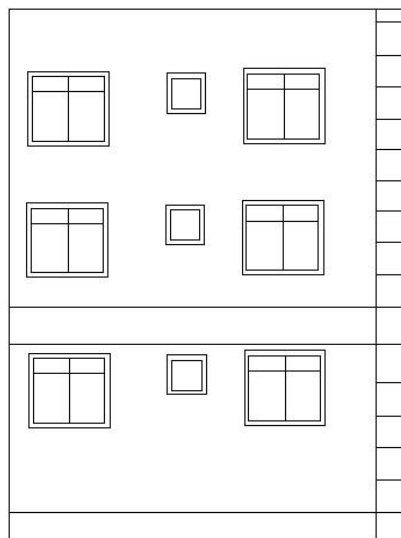
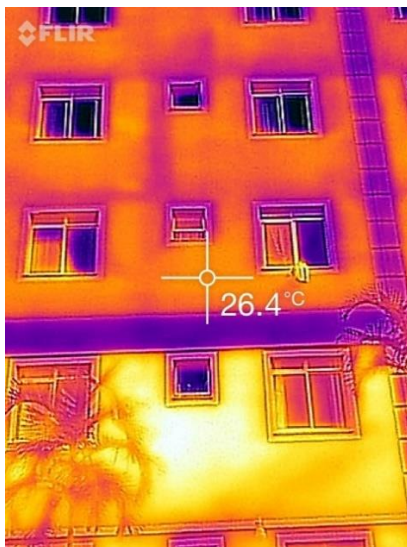
Bloco P,
fachada
lateral
esquerda



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
32,08

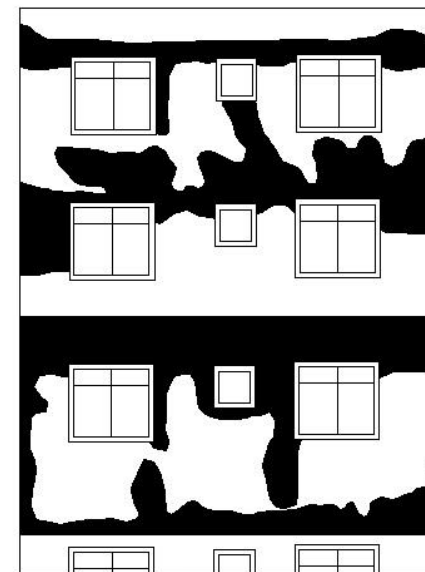
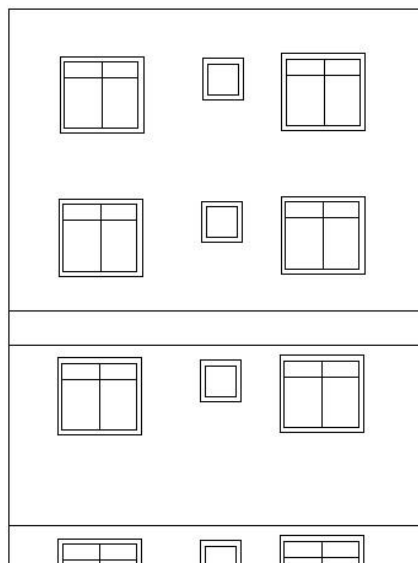
Bloco J,
fachada
lateral direita



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
31,59

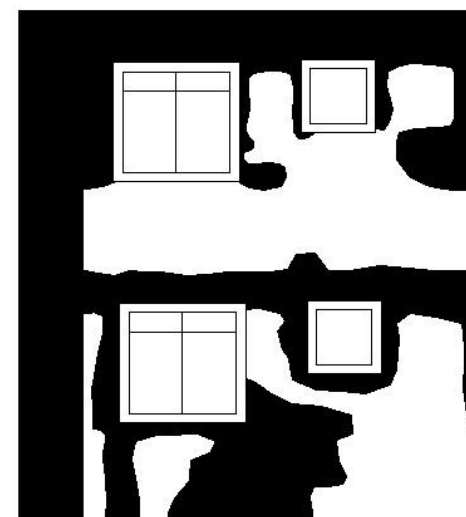
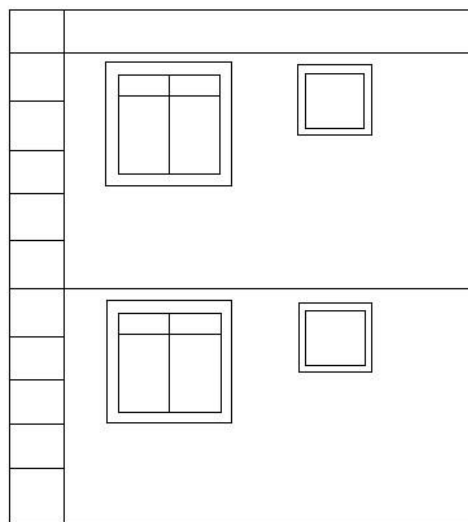
Bloco J,
fachada
lateral
esquerda



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
33,34

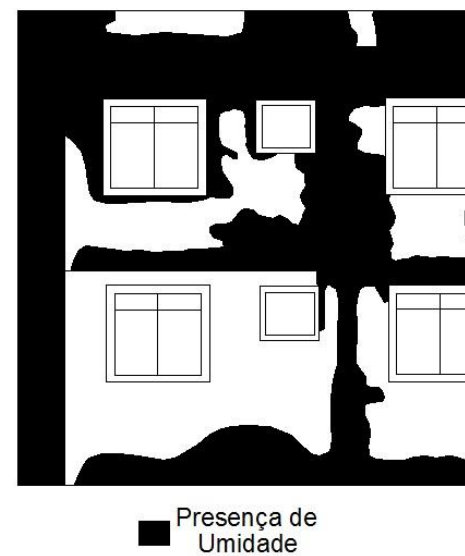
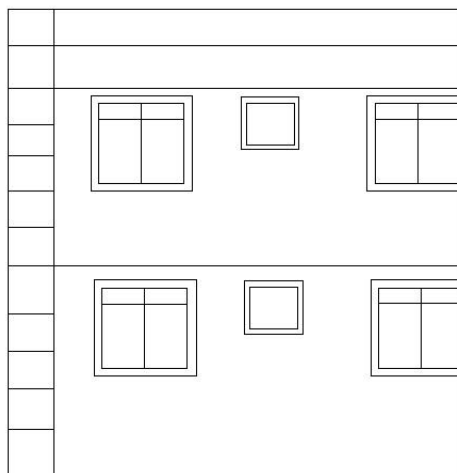
Bloco C,
fachada
lateral direita



■ Presença de
Umidade

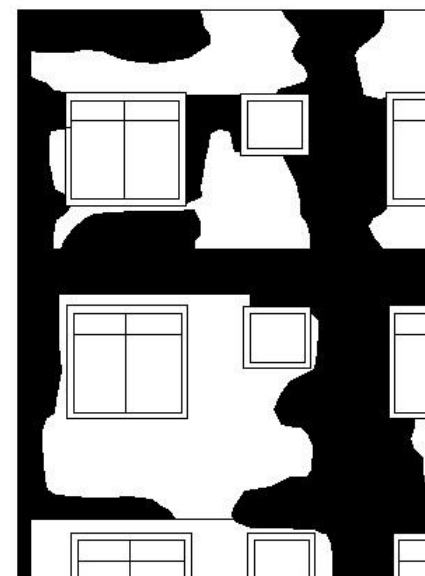
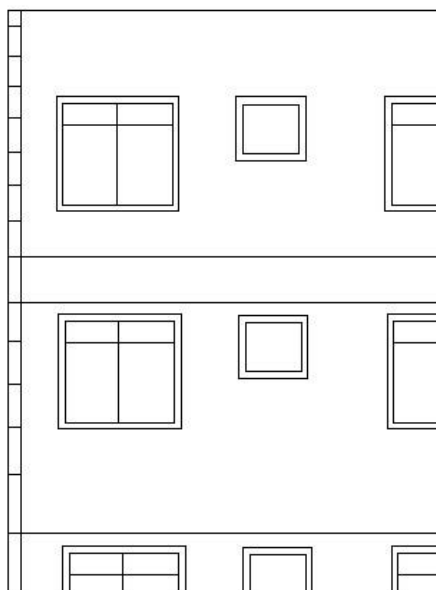
**Fator de
Dano (%)**
47,32

Blaco C,
fachada
lateral
esquerda



**Fator de
Dano (%)**
47,79

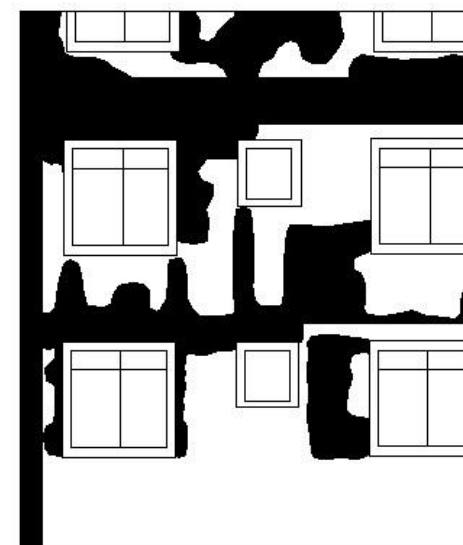
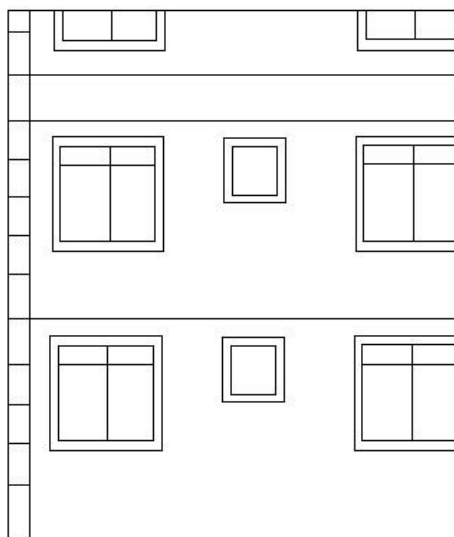
Bloco G,
fachada
lateral direita



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
42,76

Bloco G,
fachada
lateral
esquerda



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
34,04

Fonte: O autor (2019).

Tabela 5.3: Análises do empreendimento B1

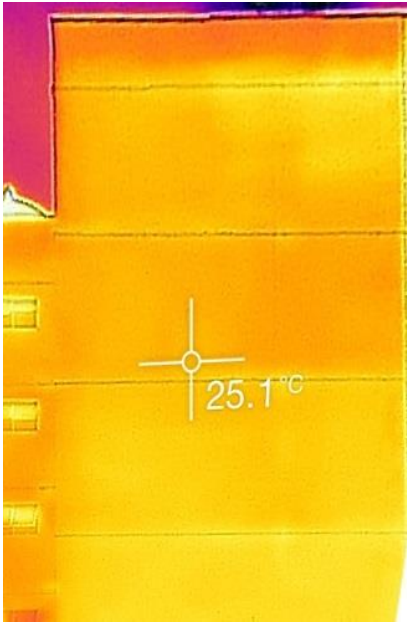
**Localização
da região de
estudo**

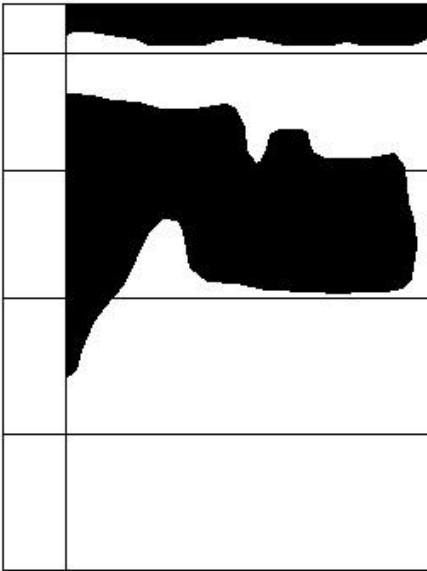
Termograma

Representação da fachada

Mapa de danos

Bloco A,
fachada
frontal

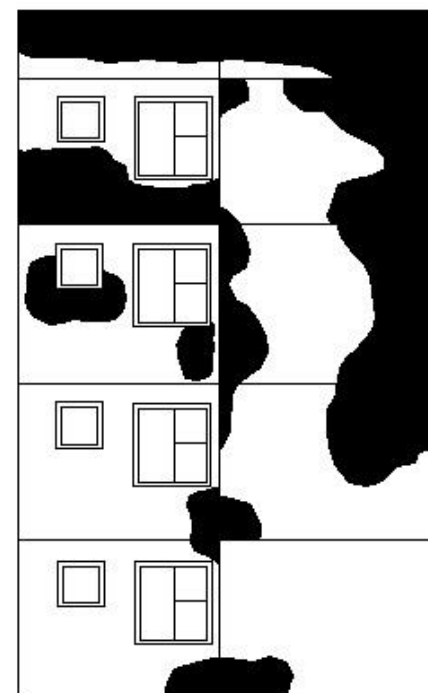
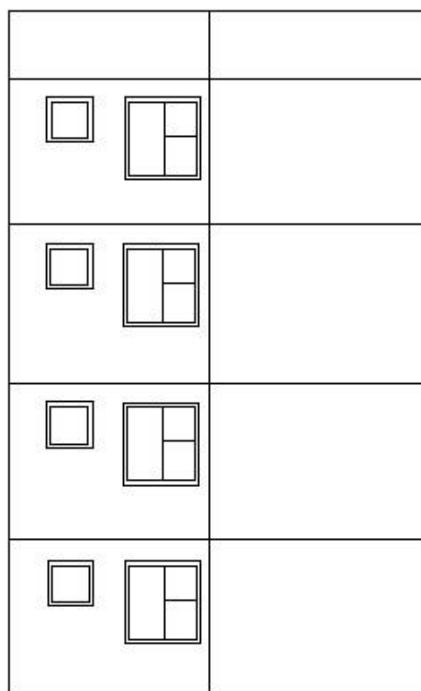
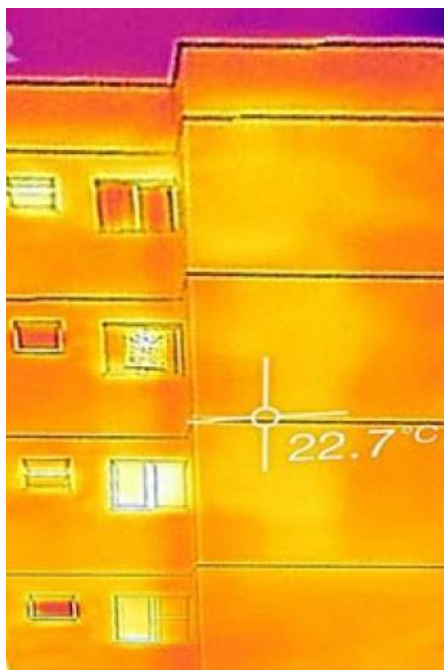




■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
33,18

Bloco A,
fachada
lateral direita



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
31,96

Fonte: O autor (2019).

Tabela 5.4: Análises do empreendimento B2

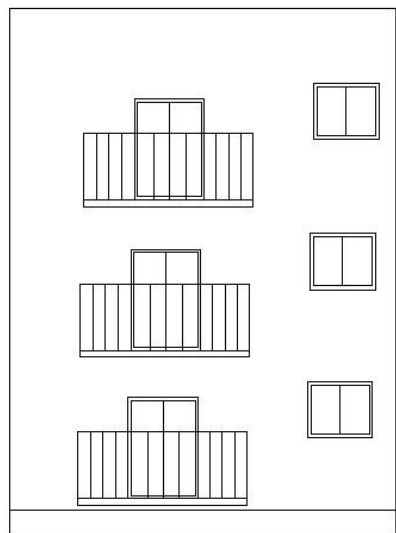
**Localização
da região de
estudo**

Bloco B,
fachada
posterior

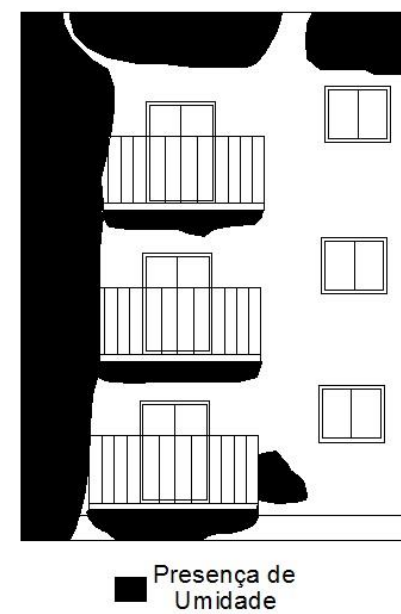
Termograma



Representação da fachada

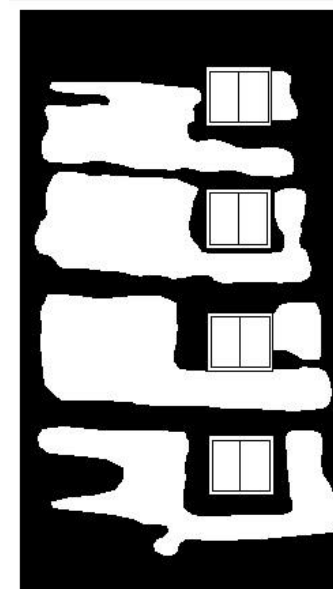
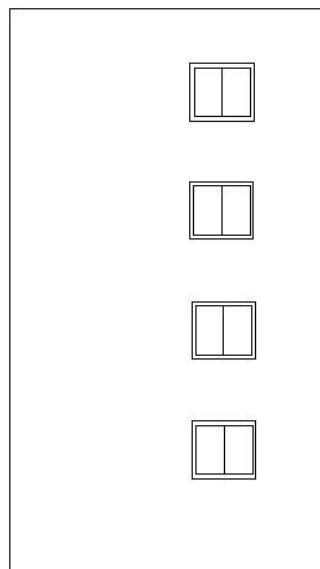


Mapa de danos



**Fator de
Dano (%)**
32,21

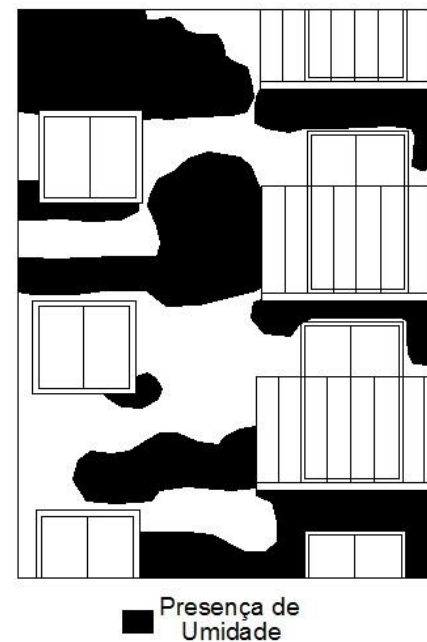
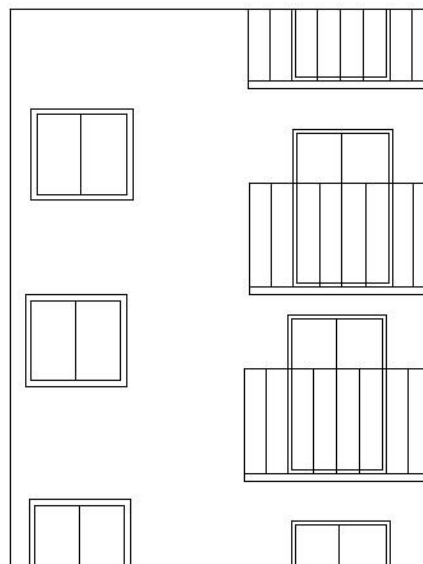
Bloco B,
fachada
lateral
esquerda



■ Presença de
Umidade

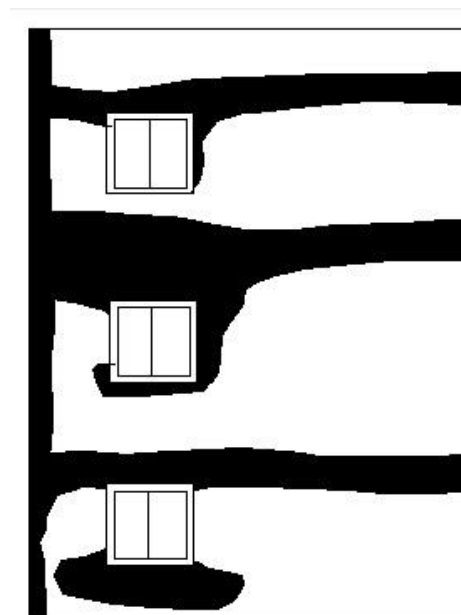
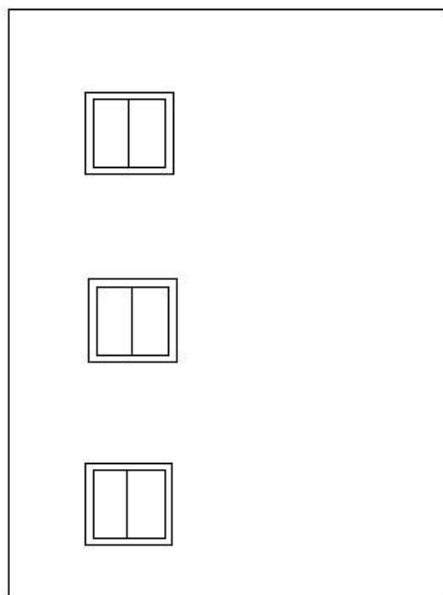
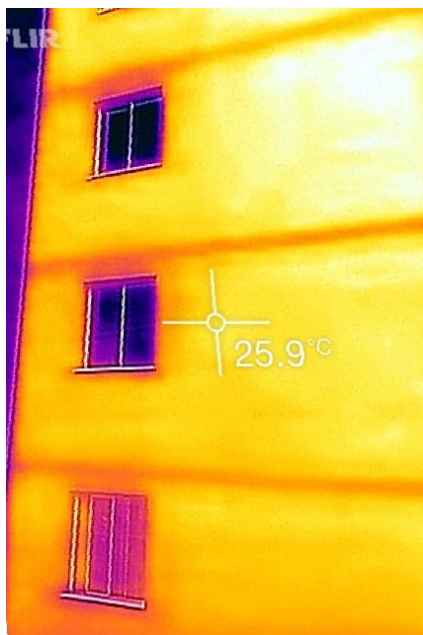
**Fator de
Dano (%)**
52,34

Bloco E,
fachada
posterior



**Fator de
Dano (%)**
34,28

Bloco E,
fachada
lateral direita



■ Presença de
Umidade

**Fator de
Dano (%)**
37,70

Fonte: O autor (2019).

Com base nos resultados apresentados nas tabelas 5.1 a 5.4, observa-se que o FD (%) entre as fachadas estudadas nos 4 empreendimentos variou entre valores de 19,15% e 52,34%.

As tabelas 5.5 e 5.6 apresentam, ainda, um resultado geral de cada fachada levantada dos blocos avaliados em cada empreendimento. A média do FD (%) encontrada para cada empreendimento pode ser vista na tabela 5.7. A tabela 5.7 também resume o diagnóstico quanto à durabilidade para cada empreendimento, dado pela pontuação no método GUT adaptado nesta pesquisa. Vale destacar que em todas as fachadas estudadas a principal ocorrência de presença de umidade foi oriunda de chuvas. Como as construções já foram entregues há alguns anos, não existe a presença de umidade de construção. Em alguns empreendimentos, percebe-se a ocorrência de umidade acidental, mas são muito pontuais, se comparadas às demais ocorrências. Foi verificada também a presença de umidade ascensional, que, pelo método GUT apresentado (tabela 4.3), é a manifestação mais prejudicial à vida útil e à durabilidade dos elementos de fachada das edificações. Entretanto, essas ocorrências ainda são muito reduzidas, quando comparadas às ocorrências de umidade decorrentes de chuva. Portanto, em todas as fachadas analisadas a pontuação atribuída do método GUT foi referente à presença de umidade oriunda de chuvas (pontuação 4 da tabela 4.3). Assim, o conjunto de empreendimentos requer uma tomada de ações urgente, visto que a presença de umidade encontrada tem consequências muito graves para a vida útil dos elementos de fachada avaliados, a tendência de progressão dos problemas é rápida.

Tabela 5.5: Resultados encontrados para os empreendimentos A1 e A2, da empresa A

EHIS	Bloco A		Bloco A		Bloco C		Bloco C	
	Fachada lateral direita		Fachada lateral esquerda		Fachada lateral direita		Fachada lateral esquerda	
A1	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas
	19,15	Nota GUT: 4	24,96	Nota GUT: 4	26,66	Nota GUT: 4	21,25	Nota GUT: 4
		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave
		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente
		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida
A2	Bloco P		Bloco P		Bloco J		Bloco J	
	Fachada lateral direita		Fachada lateral esquerda		Fachada lateral direita		Fachada lateral esquerda	
	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas
	24,30	Nota GUT: 4	32,08	Nota GUT: 4	31,59	Nota GUT: 4	33,34	Nota GUT: 4
		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave
		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente
		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida
	Bloco C		Bloco C		Bloco G		Bloco G	
	Fachada lateral direita		Fachada lateral esquerda		Fachada lateral direita		Fachada lateral esquerda	
	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas
	47,32	Nota GUT: 4	47,79	Nota GUT: 4	42,76	Nota GUT: 4	34,04	Nota GUT: 4
		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave
		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente
		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida

Fonte: O autor (2019).

Tabela 5.6: Resultados encontrados para os empreendimentos B1 e B2, da empresa B

EHIS	Bloco A		Bloco A	
	Fachada frontal		Fachada lateral direita	
B1	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas
	33,18	Nota GUT: 4	31,96	Nota GUT: 4
		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave
		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente
		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida
B2	Bloco B		Bloco B	
	Fachada posterior		Fachada lateral esquerda	
	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas
	32,21	Nota GUT: 4	52,34	Nota GUT: 4
		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave
		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente
		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida
	Bloco E		Bloco E	
	Fachada posterior		Fachada lateral direita	
	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas	FD (%)	Origem principal da umidade: oriunda de chuvas
	34,28	Nota GUT: 4	37,70	Nota GUT: 4
		Gravidade: Muito grave		Gravidade: Muito grave
		Urgência: Urgente		Urgência: Urgente
		Tendência: Rápida		Tendência: Rápida

Fonte: O autor (2019).

Tabela 5.7: Resumo dos resultados encontrados

Empresa	Empreendimento	Média FD (%)	Origem principal da umidade	Método GUT	
				Nota	G.U.T.
A	A1	23	Oriunda de chuvas	4	Gravidade: Muito grave; Urgência: Urgente; Tendência: Rápida.
	A2	36,65		4	
B	B1	32,57		4	
	B2	39,13		4	

Fonte: O autor (2019).

6 CONCLUSÕES

A partir da implantação da NBR 15575:2013 - Edificações Habitacionais: Desempenho (norma de desempenho), é fundamental considerar e atender as exigências dos usuários das edificações, não sendo mais possível negligenciar questões relacionadas a desempenho, durabilidade e vida útil das edificações e de seus sistemas. A norma estabelece três níveis de desempenho para avaliação: o nível mínimo (exigido para todas as novas edificações), nível intermediário e nível superior.

Para cada uma de suas partes relacionadas a seus sistemas (estruturais, de piso, de vedação vertical, de cobertura e hidrossanitários), a norma avalia o desempenho vinculado a diversos fatores, através do estabelecimento de requisitos e critérios requeridos. Dentro dos critérios, é fundamental o estabelecimento de métodos de avaliação, que sejam eficazes, economicamente viáveis, tecnicamente satisfatórios e que simulem e/ou representem fielmente as condições encontradas em campo.

No que se refere aos SVVIE, em relação ao desempenho quanto a estanqueidade, a norma apresenta dois métodos de avaliação: o método de seu anexo C (“método da CIENTEC”) e o método disponível em seu anexo D (“método do IPT”). Além desses dois métodos, o “método do cachimbo”, desenvolvido por Polisseni (1986) é comumente empregado em campo. Esta pesquisa buscou apresentar um método alternativo àqueles propostos pela norma e ao “método do cachimbo”, especialmente aplicado, nesta pesquisa, nas fachadas (SVVE) em revestimento argamassado de EHIS. A termografia, método proposto neste trabalho, apresenta uma série de vantagens em relação aos demais métodos. A principal delas está relacionada ao fato de ser um ensaio de campo, econômico, e que permite captar as condições reais encontradas em campo.

Desse modo, essa pesquisa concluiu que a termografia é um método eficaz para avaliação de estanqueidade em SVVE e é um método passível de ser implantado na norma de desempenho, uma vez que, para sua aplicação, é necessária uma investigação da fachada em estudo através de fotografias obtidas por meio de uma câmera termográfica. Pela diferença de contrastes e com o auxílio de *software* computacional, é possível mapear os danos (aparentes e/ou ocultos) relacionados a presença de umidade e deficiência de estanqueidade, que já tenham gerado ou venham ocasionar manifestações patológicas e comprometimento da durabilidade e vida útil dos elementos de fachada das edificações.

O mapeamento de danos permitiu avaliar os danos qualitativamente através do

mapa de danos desenvolvido nessa pesquisa e, ainda, quantificar os danos e, consequentemente, as áreas degradadas/afetadas pela presença de umidade, através do cálculo do FD (%) definido no capítulo 4. Essa metodologia proposta de quantificação de danos pode ser utilizada, em pesquisas futuras, como base para elaboração de um critério de desempenho passível de ser implantado na norma de desempenho, juntamente com seu método de avaliação (a termografia).

Além do fator de dano, através do mapeamento de áreas degradadas, foi possível definir a gravidade, a urgência de intervenção e a tendência de progressão dos problemas encontrados gerados por deficiência de estanqueidade. Isso foi feito pelo método GUT, configurando-se como um diagnóstico quanto à durabilidade dos elementos de fachada.

No que se refere aos estudos de caso apresentados na pesquisa para avaliação da aplicabilidade da metodologia proposta, foram avaliadas quatro EHIS (A1, A2, B1 e B2) de duas empresas construtoras (A e B) atuantes na cidade de Juiz de Fora (MG). Optou-se por fazer um levantamento de 20% dos blocos desses empreendimentos (conforme tabela 4.2). Como resultados, foram obtidos os mapas de danos das fachadas estudadas, com suas respectivas quantificações. A média de FD (%) encontrada para cada empreendimento foi: A1 (23,00 %); A2 (36,65%); B1 (32,57%) e B2 (39,13%). Em relação à durabilidade das fachadas desses empreendimentos, foi feito um diagnóstico baseado no método GUT. De modo geral, foi visto que se não forem tomadas medidas corretivas, haverá progressão das manifestações patológicas. Logo, constatou-se a necessidade de intervenções urgentes nesses empreendimentos.

Portanto, conclui-se que a termografia apresenta-se como um método eficaz, econômico e tecnicamente viável para avaliação de estanqueidade em fachadas de revestimento argamassado. Esse método proposto pode ser implantado na norma de desempenho (NBR 15575:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho), uma vez que permite obter a quantificação de danos encontrados (aparentes e/ou ocultos) em áreas degradadas (que serviria como critério de avaliação), possibilita a avaliação da durabilidade dos SVV (como visto no método GUT) e é capaz de direcionar ações e intervenções, sendo, portanto, um método qualitativo e quantitativo de diagnóstico dos danos e manifestações patológicas relacionadas à presença de umidade.

A termografia possui, ainda, uma série de vantagens frente aos demais métodos disponíveis na literatura e na norma de desempenho, como: baixo custo, possibilidade de ampliar as investigações das fachadas como um todo (dependendo do modelo de câmera utilizado), detecção das condições reais encontradas em campo e facilidade de operação

da câmera por equipe técnica responsável pela avaliação de desempenho dos SVV em relação à estanqueidade.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como contribuições futuras para este trabalho, recomenda-se que sejam feitas análises e estudos de caso em SVVE de edificações habitacionais com outros modelos de câmera termográfica disponíveis no mercado, que permitam a obtenção de imagens da fachada como um todo, sem necessidade de parcelamento das áreas em regiões de estudo.

Recomenda-se, também, o estudo de técnicas e *softwares* computacionais mais precisos para determinação da áreas degradada. Poderia, também, ser feito o uso da câmera termográfica para análise de outros tipos de manifestações patológicas (como vazamento hidráulico, corrosão de armadura, entre outros) e análise de outros sistemas das edificações, além dos SVV.

Por fim, recomenda-se a elaboração mais consistente de um critério de desempenho passível de ser implantado na norma de desempenho, que tenha como base para sua elaboração a metodologia de quantificação de danos apresentada nesta pesquisa. Assim, podem ser determinados em pesquisas futuras os parâmetros para avaliação de desempenho que classifiquem o FD (%) obtido em cada fachada estudada de acordo com os níveis de desempenho mínimo, intermediário e superior.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Introdução a Gestão Habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1995.

ACESSA MAIS COMUNICAÇÃO. **Regiões de Juiz de Fora**. Disponível em: <<https://www.acesa.com/jfmapas/regioes.php>>. Acesso em: 07 Mar 2019.

ARRUDA, A. M. V.; Observatório de Arquitetura e Urbanismo da UFMS. **Relatório de Extensão do Projeto Edifício José Abrão: Plano de Restauro e Conservação**. 2016. Disponível em: <<http://observatorio.sites.ufms.br/edificio-jose-abrao-plano-de-restauro-e-conservacao/>>. Acesso em: 30 Out 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 2: Estruturas**. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 3: Pisos**. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Fechamentos Verticais**. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 5: Impermeabilização**. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 6: Hidrossanitários**. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13529:2013 - Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2013.

BARTHEL, C.; LINS, M.; PESTANA, F. **O papel do mapa de danos na conservação do patrimônio arquitetônico**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO Y JORNADA TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN E CONSERVACIÓN DEL PATRIMÔNIO, VIII 2009, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Anais... La Plata, 2009. 20 p.

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

BAUER, E. **Resistência à penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos – uma análise de desempenho**. 1987. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 30 Set 2018.

CEF – CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Demanda Habitacional no Brasil**. Caixa Econômica Federal – Brasília, 2018.

CEF – CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. 2018. **Números do Programa Minha Casa Minha Vida**. <<http://mcmv.caixa.gov.br/numeros/>> Acesso em 20 Jun 2018.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. CSTC – **Problèmes d’humidité dans les bâtiments: causes des dégradations, ponts thermiques, clima intérieurs**. Note d’Information Technique, (153), 1984.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. CSTC – **Transport de l’humidité dans les matériaux poreux. Bases theoriques**. CSTC Revue, (1): 7-12, mars 1982.

COSTA, L. G. G. **Cronidas: Elaboração da base de dados para auxílio em representação de mapa de danos**. 2010, 264 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2010.

CORDOVIL, L. A. B. L. **Estudo da ABNT NBR 15575 - "Edificações habitacionais - Desempenho" e possíveis impactos no setor da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. 2013. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CORTIZO, E. C. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: ênfase em edificações do patrimônio histórico**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CRUZ, A.; ROSSE, V.; BARBOSA, M. **A importância da termografia na avaliação da vida útil de fachadas**. In SIMPÓSIO INTERINSTITUCIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (SINTAC), 2018, Juiz de Fora, 2018.

CRUZ, *et al.* **AMBIENTE CONSTRUÍDO e estratégias sustentáveis**. Juiz de Fora, Universidade Federal de Juiz de Fora. 2018.

FIGUEIREDO JUNIOR, G. J. **Patologias em revestimentos de fachadas – diagnóstico, prevenção e causas**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2017.

FITZNER, B. J. **Investigation of weathering damage on stone monuments**. Geonomos, Belo Horizonte, v.24, n. 2, 2016. p.1-15.

GARDEN, G. K. **Rain penetration and its control**. Ottawa, Canadian Building Digest. 1963.

GUEDES, J., ARÊDE, J. C. D., COSTA, A., PAUPÉRIO, E. **Reabilitação e Reforço de Estruturas Patrimônio Nacional: Experiência da FEUP**. In: FORUM UNESCO, 2002, Lisboa. Seminário Euro-Mediterrânico. Lisboa, **Anais...** 2002. p. 1 - 11.

GRIPP, R. S. **A importância do projeto de revestimento de fachada para redução de patologias**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

GROCHOT, B. M. **Avaliação dos métodos de ensaio preconizados na NBR 15.575-4/2010 quanto à estanqueidade à água aplicados em revestimentos de argamassa**. 2012. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

HATTGE, A. F. **Estudo comparativo sobre a permeabilidade das alvenarias em blocos cerâmicos e alvenarias em blocos de concreto**. 2004. 136 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes**. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995. 168 p.

HUBERTY, J. M. **Durabilité d’aspect des bétons apparents: le vieillissement des façades**. Centre Scientifique et Technique de la Construction, Fédération de l’Industrie du Béton, Fédération de l’Industrie Cimentière. Bruxelles, 1980.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Juiz de Fora – MG**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php>. Acesso em: 13 Mar 2019.

JF MINAS. **Localização de Juiz de Fora**. Disponível em: <https://www.jfminas.com.br/portal/informacao/localizacao>. Acesso em: 07 Mar 2019.

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. **O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013)**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89-101, Junho, 2014.

LEITE, C. L. A. **Estrutura de um plano de manutenção de edifícios habitacionais**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B; SABBATINI, F. H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. São Paulo: EPUSP, 1998. Notas de aula da disciplina de Tecnologia das Construções de Edifícios II. Disponível em: <http://pcc2436.pcc.usp.br>. Acesso em: 19 Maio 2018.

MARTINS, N.; PESSOA, R.; NASCIMENTO, R. **Priorização na resolução de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: Método GUT.** Revista de Engenharia e pesquisa aplicada, Recife, v.2, n.3, p.139-148, ago. 2017. Disponível em: <<http://revista.poli.br/index.php/rep/issue/view/issue/12/12>>. Acesso em: 08 Mar 2019.

MELO JÚNIOR, C. M. **Metodologia para geração de mapas de danos de fachadas a partir de fotografias obtidas por veículo aéreo não tripulado e processamento digital de imagens.** Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 376 p, 2016.

NASCIMENTO, C.; SANTOS, M.; ALMEIDA, M. **Método GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) e método dos fatores para priorização na resolução de manifestações patológicas e estimativa da vida útil de elementos em edifícios na cidade do Recife.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES (CBPAT), 2018, Campo Grande. **Anais...** 2018, p.1-9

NÚCLEO DE ARQUITETURA DA BIBLIOTECA NACIONAL. **Mapeamento de danos da fachada SE do Edifício Sede da Biblioteca Nacional.** 2014. Disponível em: <<https://www.bn.gov.br/acontece/noticias/2015/01/fbn-finaliza-etapa-mapeamento-danos-fachada>>. Acesso em: 25 Out 2018.

NUNES, G.; SILVESTRO, L.; SANTOS, I.; MASUERO, A. **Análise termográfica para identificação de manifestações patológicas. Estudo de caso: Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES (CBPAT), 2018, Campo Grande, Brasil. **Anais...** Campo Grande, 2018. 12 p.

OLIVEIRA, S.T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade.** Série Qualidade Brasil. 1995.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas.** Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1985. p.571-78.

POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede: método do cachimbo.** 1986. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

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.** 2011. 180f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 30 Set 2018.

RODRIGUES, A.; RUSCHEL, R. **Sistemas construtivos e materiais nos empreendimentos de interesse social desenvolvidos pelas COHABS e órgãos assemelhados.** In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** 2002, p.1-8.

SANTOS, D. G.; MACÊDO, M. S. P. H.; SOUZA, J. S.; BAUER, E. **Aplicação do método de mensuração da degradação (MMD) na distribuição de ocorrências de danos de um edifício em Brasília**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES (CBPAT), 2018, Campo Grande. **Anais...** 2018, p.1-9.

SANTOS, M. M. **Norma de desempenho: panorama atual e desafios futuros**. Centro de Tecnologia de Edificações, São Paulo, 2016.

SOTILLE, M. T., **A ferramenta GUT – Gravidade, urgência e tendência**. Disponível em: <<http://www.pmttech.com.br/PMB - Matriz GUT.pdf>>. Acesso em: 08 Mar 2019.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SPOSTO, R. M.; FILHO, V. M. S.; MELO, J. S. **Ferramenta para projetos de vedações verticais externas com base nas exigências da norma de desempenho**. Revista eletrônica de engenharia civil, v. 8, n. 3, p. 51-62. 2014.

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

TELES, V. Y. F. da R., da ROCHA TELES, H. H. F., ESPOSITO, D. F., SOUSA, N. R., de OLIVEIRA, R. A. **Inspeção e diagnóstico das fachadas da Igreja dos Santos Cosme e Damião (Igarassu-PE)**. In: SEMIPAR 2016, 1, 2016, Recife. **Anais...** Recife: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2016. p. 1 - 12.

TINOCO, J. E. L. **Mapa de danos – Recomendações básicas**. Centro de estudos avançados da conservação integrada – CECI. Vol. 43. Olinda, Pernambuco, 2009.

TIRELLO, R. A.; CORREA, R. H. **Sistema normativo para mapa de danos de edifícios históricos aplicado à Lidgerwood Manufacturing Company de Campinas**. UNICAMP, Campinas, 2011. p.1-20.

VERÇOSA, E. J. **Impermeabilização na construção**. Porto Alegre: Sagra, 1983. 151 p.

ZANONI, V.; CARVALHO, G. **Análise de tipologias de representação de danos identificados em fachadas de edificações patrimoniais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES (CBPAT), 2018, Campo Grande, Brasil. **Anais...** Campo Grande, 2018. 12 p.