



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**HÉRICA BRASIL ISRAEL**

**MICHELE NAZÁRIO FIGUEIREDO**

**AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MANIFESTADOS EM  
FACHADAS COM USO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS**

**Tubarão**

**2020**

**HÉRICA BRASIL ISRAEL  
MICHELE NAZÁRIO FIGUEIREDO**

**AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS MANIFESTADOS EM  
FACHADAS COM USO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial  
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Rennan Medeiros

Tubarão  
2020

**HÉRICA BRASIL ISRAEL  
MICHELE NAZÁRIO FIGUEIREDO**

**AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS PATOLOGICOS MANIFESTADOS EM  
FACHADAS COMN USO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 27 de novembro de 2020.

---

Professor e orientador Rennan Medeiros  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Professora Beatriz Anselmo Pereira, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Professora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Ao Curso de Engenharia Civil da Unisul – Universidade Sul de Santa Catarina, e às pessoas que caminharam conosco nesta trajetória ao longo desses anos. A experiência compartilhada entre amigos, colegas e professores, que contribuíram positivamente em nossa formação acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer a todas as pessoas e instituições que contribuíram direta ou indiretamente na pesquisa e na abordagem dos dados obtidos. Aos nossos pais, que de uma forma ou outra, sempre nos apoiaram e que sempre dão o seu melhor por nós.

Aos nossos companheiros, Renan Olimpio de Bem Vigarani e Leandro Rezende Alves que nos aguentaram em dias ruins e não nos deixaram desistir, mesmo em tempo de quarentena COVID 19, onde tudo ficou muito mais difícil e a coleta de dados muito mais escassa.

Ao nosso querido professor, amigo e orientador, Rennan Medeiros, por todo apoio, incentivo e por nunca ter desistido de nós.

Aos professores da instituição que sempre estão conosco na busca incessante por conhecimento ao longo dos últimos anos e que, de uma forma ou outra, nos ajudam a crescer e ser melhor a cada dia. A todos os escritores e pensadores que proporcionam o prazer de poder ler sobre o assunto e, assim, adquirir mais conhecimento sobre este tema.

Agradecemos, também, ao Engenheiro Matheus Martins Speck por ter nos ajudado a coletar os dados juntamente com seu equipamento drone no auxílio de coleta de dados. A disponibilidade do síndico, Sr. Adriano Demoliner, que nos recebeu muito bem, para que fizéssemos as fotos no edifício de pesquisa do conjunto habitacional São João Residence, no bairro São João na cidade de Tubarão/SC.

E a todos que no momento citado não lembramos, mas que nos ajudaram direto e indiretamente e nos apoiaram da melhor forma possível.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

## RESUMO

Os revestimentos de fachada têm a finalidade de preservar e proteger a edificação dos agentes externos. A relação entre a deterioração em fachadas das edificações e as causas e origens das manifestações patológicas estão diretamente associadas com a qualidade na execução, manutenibilidade e efeitos climáticos. A falta de controle e compreensão no processo construtivo relacionados a estes fatores são diversos, comprometendo a qualidade e ocasionando inúmeros problemas de degradação na edificação. Uma ação conjunta de variáveis, que definem a prevenção de anomalias, é imprescindível para garantir a durabilidade dos elementos construtivos. O presente trabalho, apresenta uma investigação das principais manifestações patológicas nos revestimentos de fachada encontradas no conjunto habitacional São João Residence, com idade de utilização de aproximadamente cinco anos, na cidade de Tubarão/SC. O estudo propôs a realização de uma vistoria com a finalidade de identificar e determinar mecanismos de ocorrência de anomalias em fachadas das edificações, abordando os tipos de fissuras, suas características e as formas mais frequentes de ocorrência das manifestações patológicas, utilizando instrumentos não destrutivos. Neste caso, o Drone, com câmera termográfica, para constatação de anomalias encontradas visualmente, relacionando os danos encontrados com os fatores macro climáticos da região em estudo. Os resultados apresentam a identificação das anomalias existentes, relacionando a incidência da chuva dirigida durante o período climático úmido, tendo variações de temperatura superficial principalmente para as orientações Sul – Norte. Entretanto, conclui-se que a ferramenta Drone com câmera termográfica, auxiliam diretamente no levantamento das manifestações patológicas superficiais através da associação de cores quentes e frias, relacionado com os agentes causadores de degradação.

Palavras-chave: Fachadas. Manifestações patológicas. Inspeção.

## **ABSTRACT**

The facade coatings have a purpose to preserve and protecting the building from external agents. The relation between facade building deterioration and the causes of pathological manifestations are directly associated with quality in construction, maintainability and climatic effects. The lack of control and understanding in the construction process related to these factors are diverse, implicating on the quality and causing numerous degradation problems in the building. A joint action of variables, which define the prevention of anomalies, is essential to ensure the durability of the construction elements. This search presents an investigation of the main pathological manifestations in the facade coatings found in the São João Residence housing complex, with thereabout five years of use in the Tubarão city. The study proposed realizing a visit to identify and determine mechanisms of the occurrence of anomalies on building facades, addressing the types of cracks, their characteristics and the most frequent forms of occurrence of pathological manifestations, using non-destructive instruments. In this case, the Drone with thermographic camera, for the verification of anomalies found visually, relating the damage found to macro climatic factors of the region under study. The results show the identification of existing anomalies, relating incidence of rain during the moist climatic period, with superficial temperature variations mainly for the South – North orientation. However, it's possible to conclude that the use of Drone with thermographic camera, helps to survey the superficial pathological manifestations thought the association of warm and cool colors related to the agents that causes degradation.

**Keywords:** Facades of building. Pathological manifestations. Inspection.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Percentual de manifestações patológicas em edifícios com idade até 10 anos (a) e acima de 10 anos (b).....	16
Figura 2 - Representação esquemática das regiões de análise na fachada .....	23
Figura 3 - Esquema da base para receber revestimento cerâmico .....	25
Figura 4 - Relação de durabilidade e desempenho .....	27
Figura 5 - Posicionamento de tela para atenuação de fissura .....	32
Figura 6 - Junta de movimentação.....	36
Figura 7 - Avaliação de capilaridade .....	41
Figura 8 - Identificação de destacamento em fachada com aplicação de cerâmica obtido através da termografia.....	41
Figura 9 - Previsão Climática de Santa Catarina.....	43
Figura 10 - Evolução mensal e sazonal de chuvas referente a 2019 .....	44
Figura 11 - Evolução mensal e sazonal de chuvas referente a 2020 .....	44
Figura 12 - Localização da edificação em estudo.....	47
Figura 13 - Imagem de identificação do edifício.....	47
Figura 14 - Organograma do método de pesquisa.....	48
Figura 15 - Imagem panorâmica horizontal .....	56
Figura 16 - Média climática da cidade de Tubarão/SC .....	56
Figura 17 - Localização dos blocos A e B.....	57
Figura 18 - Fissura mapeada de origem térmica.....	58
Figura 19 - Fachada Norte - Bloco A .....	59
Figura 20 - Captação termográfica .....	59
Figura 21 - Fachada Norte Bloco A .....	60
Figura 22 - Imagem termográfica fachada Norte - Bloco A.....	61
Figura 23 - Fissuras localizadas e manchas.....	62
Figura 24 - Imagem com comprovação termográfica de anomalias .....	63
Figura 25 - Fachada sul do Bloco B .....	64
Figura 26 - Fissura e degradação dos materiais.....	65
Figura 27 - Análise termográfica Bloco A, fachada Sul/Leste.....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP).....	24
Tabela 2 - Estudo Climático .....	45

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de avaliação da anomalia dos elementos funcionais .....	20
Quadro 2 - Propriedades e anomalias dos materiais.....	30
Quadro 3 - Composição química e fonte provável de efluorescência. ....	34
Quadro 4 - Ficha técnica de avaliação dos elementos de inspeção .....	49
Quadro 5 - Metodologia de verificação do ensaio térmico .....	51
Quadro 6 - Ficha técnica de avaliação dos elementos de inspeção bloco A .....	53
Quadro 7 - Ficha técnica de avaliação dos elementos de inspeção bloco B.....	54
Quadro 8 - Inspeção no Bloco A .....	55
Quadro 9 - Inspeção no Bloco B .....	55

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

VUP – Vida Útil de Projeto

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

SDR – Secretaria de Estado e Desenvolvimento Regional

UR – Umidade Relativa

RPAS - Remotely Piloted Aircraft System

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Fluxo na superfície de um corpo negro .....	39
Equação 2 – Taxa de emissão de energia radiante .....	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	17
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
2.1 FACHADAS DE EDIFÍCIOS .....	22
<b>2.1.1 Vida útil.....</b>	<b>23</b>
2.2 MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO DE FACHADAS.....	28
2.3 PROBLEMAS PATOLÓGICOS MANIFESTADOS EM FACHADAS .....	30
<b>2.3.1 Fissuras e trincas .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.2 Eflorescência .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.3 Deslocamento .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.4 Métodos de avaliação .....</b>	<b>36</b>
2.3.4.1 Ensaio usuais.....	37
2.3.4.2 Prognóstico.....	38
2.4 TÉCNICA DE TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO .....	38
2.5 ESTUDOS CLIMÁTICOS .....	42
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>46</b>
3.1 IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO.....	46
3.2 PROCEDIMENTO DE PESQUISA .....	48
<b>3.2.1 Vistoria preliminar.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.2 Levantamento de campo.....</b>	<b>50</b>
3.2.2.1 Técnica utilizada - Ensaio Termográfico .....	50
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>52</b>
4.1 VISTORIA PRELIMINAR .....	52
<b>4.1.1 Levantamento das manifestações patológicas com maior incidência.....</b>	<b>52</b>
4.2 APRESENTAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS COM O AUXÍLIO DE IMAGENS TERMOGRÁFICAS .....	57
<b>4.2.1 Análise das manifestações patológicas no Bloco A.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.2 Análise das manifestações patológicas no Bloco B .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.3 Métodos de inspeção e prevenção das manifestações patológicas em fachadas ....</b>	<b>66</b>

<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é considerado um dos mais importantes seguimentos econômicos existentes do país, onde sua constante evolução está relacionada diretamente ao desenvolvimento e aprimoramento de técnicas construtivas e de materiais. No entanto, um agravante no surgimento das manifestações patológicas nas edificações é a intensa busca pela minimização de custos no decorrer da etapa de construção, a fim de oferecer ao consumidor final o menor preço e manter o empreendimento competitivo no mercado atual (SANTOS, 2013).

Bauer *et al.* (2010), destacam que a ocorrência de manifestações patológicas de modo geral não é associada especificadamente a um único fator, sendo proveniente de uma sobreposição de anomalias que acumulam, causando um dano proporcionalmente maior.

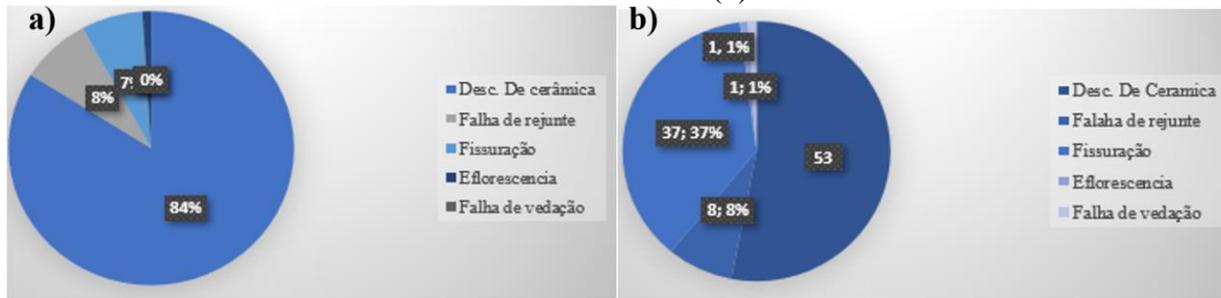
Segundo França *et al.* (2011), o surgimento de manifestações patológicas está, também, correlacionado à execução através do uso de produtos inferiores ou inadequado, sendo os principais fatores que contribuem para o declínio da qualidade na construção civil ou, até mesmo, quando são adquiridas ao longo de sua vida. Outro fator é a incompatibilidade de projeto no que se refere à deficiência nos elementos estruturais, resultando na ruína da edificação e ocasionando perdas irreparáveis. Sobretudo, o tempo de vida útil desta edificação pode ser estendido quando anomalias existentes são tratadas de maneira adequada.

Para que seja possível averiguar, inspecionar e realizar a manutenção adequada na anomalia existente, é necessário a realização de um mapeamento de danos. Isto tem como objetivo certificar a autenticidade das degradações, para que se possa realizar às intervenções de conservação e restauro (TINOCO, 2009).

Neste sentido, Bauer *et al.* (2010), enfatizam a importância das rotinas de inspeção, considerando os mecanismos no surgimento das manifestações patológicas resultante de uma combinação de fatores. O levantamento superficial pouco contribui para um diagnóstico preciso. Por esta razão, levantamentos sistemáticos são realizados para uma melhor avaliação no mecanismo de deterioração.

Através de estudo em edifícios, em uma determinada região em superfícies com revestimentos cerâmicos, Bauer *et al.* (2015), relatam que o critério de avaliação foi identificar, entender e sistematizar os fenômenos que promovem as manifestações patológicas em fachadas e onde há maior ocorrência de anomalias, identificando percentualmente em edifícios com idades até 10 anos e acima de 10 anos (Figura 1).

Figura 1 - Percentual de manifestações patológicas em edifícios com idade até 10 anos (a) e acima de 10 anos (b)



Fonte: Adaptado Bauer *et al.* (2015).

Em edifícios que estão sendo habitados, quando há evidência de deterioração de fachadas em seu estado inicial ou avançado, os responsáveis por esta edificação percebem a necessidade de que sejam realizadas providências cabíveis para tal reparo. Em busca de técnicas não destrutivas, a utilização de aparelhos específicos em termografia aliada ao auxílio de RPAS (Drones) vem se tornando eficaz para o diagnóstico destas anomalias, a fim de que seja realizado a manutenção adequada, consequentemente garantindo maior vida útil à edificação.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Devido à complexibilidade dos elementos construtivos e dos mecanismos de execução, é imprescindível a avaliação de desempenho dos sistemas, que é diretamente influenciado pela execução dos serviços realizados durante a fase de construção do empreendimento. Estas avaliações têm como definição, obter soluções construtivas que visam estabelecer regras qualitativas e quantitativas proporcionando ao usuário durabilidade, conforto e segurança.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), define como Vida Útil de Projeto (VUP) o comportamento e uso de uma edificação e dos sistemas que a compõe, verificando por meio de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos) e métodos de avaliação tecnicamente estabelecidas.

Ainda, a Norma NBR 13755 (ABNT, 2017) Revestimento de paredes e fachadas, vincula os critérios específicos para a execução das superfícies externas de paredes e fachadas argamassada e revestida com assentamento cerâmico, os quais devem ser minuciosamente cumpridos na construção civil.

Um dos motivos que influenciam as manifestações patológicas em fachadas são as intempéries de tempo. Chuva, insolação e ventos são exemplos de agressividade direta que

colocam a edificação em situação desfavorável, alterando as características dos materiais expostos e reduzindo a vida útil da superfície (FREITAS *et al.*, 2014). Segundo Bauer (2010), diante das principais manifestações patológicas direcionadas aos sistemas de revestimento de fachadas, apresenta-se o descolamento e o deslocamento de placas cerâmicas, as falhas de vedação nos rejunte, as fissuras provenientes no aumento de tensões e a oscilação de temperatura e deterioração das juntas de movimentação.

Nesse sentido, a realização de ensaios não destrutivos se tornou o processo mais adequado para a inspeção periódica e avaliação das fachadas de modo geral. Entre as técnicas disponíveis no mercado atual, a utilização da termografia infravermelha tem se tornado uma grande aliada na identificação de anomalias relacionadas à diferença de temperatura, tornando-se eficaz na identificação de danos não visíveis a olho nu.

Segundo Cunha (2016), os registros obtidos através desta análise do equipamento termográfico, tem a função de captar o fluxo de calor interna e externamente, relacionando cores quentes e frias para identificação e associação da radiação térmica transmitido dentro da faixa de infravermelho. Deste modo, Correia (2017), elenca que corpos distintos acima do zero absoluto transmitem radiação infravermelha. Por sua vez, essa radiação não é perceptível ao ser humano, e seu comprimento, que está situado nesta zona de infravermelho, é estimado em 0.7 a 1000  $\mu\text{m}$ . Através das câmeras de infravermelhos, que são mecanismos que alteram as imagens obtidas na faixa de radiação, a energia é irradiada para que se tornem visíveis através de um sistema ótico, processando a imagem. Possibilitando a variação de temperatura através da emissividade característica do material comparada com um elemento negro.

Diante desta informação, torna-se possível à obtenção de informações e ações para realização de manutenções, com a finalidade de estabelecer critérios de conservação da edificação sem que haja métodos destrutíveis.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Identificar determinadas manifestações patológicas em fachadas, estabelecendo critérios de avaliação baseados em Ensaio Não Destrutivo (END), utilizando técnicas de inspeção termográfica através do uso de RPAS em edifícios em utilização localizados na cidade de Tubarão/SC.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Diante do objetivo geral apresentado e para que possa ser desempenhado com êxito, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as manifestações patológicas existentes nas fachadas dos edifícios da região determinada;
- Analisar as possíveis causas relacionadas às manifestações patológicas aparentes com o emprego de inspeções visuais;
- Investigar a relação entre os danos identificados e os fatores macro climáticos;
- Comparar método tradicional (fotos de celular) com a inspeção de câmera térmica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os processos de análise das estruturas identificam, avaliam e classificam os tipos de danos que cada edifício possui. Assim, com o propósito de determinar cada patologia encontrada, estes processos podem definir ações de recuperação e manutenção corretiva, visando solucionar as anomalias existentes ou prever o seu aparecimento.

Bauer *et al.* (2015), definem o levantamento de dados observados nas fachadas e sua incorporação com o meio externo, vinculando diretamente as causas das manifestações patológicas encontradas, com as deteriorações observada na vistoria. Diante disto, todo levantamento de informações que antecede o estudo até a análise dos dados obtidos em decorrência das manifestações patológicas é identificado, posicionado e quantificado.

As anomalias encontradas nas fachadas das edificações passam por um processo avaliativo desde a estrutura da edificação, até as condições ambientais no qual estão expostas. A fim de que seja possível executar uma inspeção frente as manifestações patológicas encontradas visualmente, são imprescindíveis estabelecer um planejamento, detalhar e definir os processos de investigação e realizar minuciosamente as ações de manutenção.

Segundo Pedro *et al.* (2011), alguns critérios de avaliação são indispensáveis conforme o nível da anomalia existente. Uma escala de periculosidade é estimada, podendo incluir fatores de funcionalidade, no qual são verificados e definidos sequencialmente como: gravidade (ligeira, média, graves), extensão (localizada, média, extensa ou total) e complexidade (simples, média ou difícil). Conforme demonstra o Quadro 1, pode-se determinar o índice de necessidade na reabilitação do edifício.

Neste contexto, uma ação de manutenção deverá ajustar a especificidade de cada edificação. O resultado da avaliação do edifício é expresso pelo nível de necessidade de reabilitação.

Quadro 1 - Quadro de avaliação da anomalia dos elementos funcionais

<b>Gravidade</b>			
<b>Anomalias sem significado</b>	<b>Anomalias ligeiras</b>	<b>Anomalias médias</b>	<b>Anomalias graves</b>
Ausência de anomalias	Anomalias que prejudicam o aspecto	Anomalias que prejudicam o uso e/ou o conforto	Anomalias que colocam em risco a saúde e/ou a segurança
<b>Extensão</b>			
<b>Localizada</b>	<b>Média</b>	<b>Extensa</b>	<b>Total</b>
Anomalias que afetam pontualmente o elemento funcional, sendo a sua extensão não superior a 25%	Anomalias que afetam áreas limitadas do elemento funcional, estando a sua extensão compreendida entre 26% e 50%	Anomalias que afetam grandes áreas do elemento funcional, estando a sua extensão compreendida entre 51% e 75%	Anomalias que afetam a quase totalidade do elemento funcional, sendo a sua extensão superior a 75%
<b>Complexidade</b>			
<b>Simples</b>	<b>Média</b>	<b>Difícil</b>	
Trabalhos realizados numa única operação e com a intervenção de apenas uma especialidade Trabalhos de limpeza, pintura ou reabilitação superficial dos elementos construtivos Trabalhos em que seja necessária a demolição ou remoção do elemento funcional, sem a sua posterior reconstrução	Trabalhos realizados em várias operações e que carecem da intervenção de várias especialidades Trabalhos que obrigam à demolição ou remoção de revestimentos para proceder à intervenção e sua posterior reconstrução	Trabalhos realizados em várias operações e que carecem da intervenção de várias especialidades Trabalhos que obrigam à demolição ou remoção de revestimentos para proceder à intervenção e sua posterior reconstrução	

Fonte: Adaptado Pedro et al, (2011).

Pedro *et al.* (2011), destacam que mesmo diante da realização de reabilitação nas edificações, é possível executar os reparos necessários mantendo o tipo e a capacidade de uso dos espaços, garantindo que as correções das anomalias tenham capacidade de uso idêntica de um novo edifício. Através destes critérios, é possível determinar a necessidade de reabilitação no qual compete a cada edificação.

Diante do conceito que engloba todos os sistemas construtivos, as edificações estão sujeitas a movimentações diferenciadas, provocadas por diversas tensões, sejam elas mecânicas, térmicas, por fadiga, infiltrações, esforços decorrentes a variação de humidade e temperatura, dentre outros. Vale ressaltar que a NBR 13755 (ABNT, 2017), estabelece para o

sistema de revestimento, requisitos exigíveis para projeto, execução, inspeção e aceitação de revestimento de fachadas e paredes externas, onde visa definir métodos construtivos adequados para cada situação.

Diante das condições ambientais onde a edificação está inserida, a exposição no processo construtivo, a maneira de como é utilizada, a frequência de manutenção, entre outros, favorecem o surgimento de mecanismos que ocasionam anomalias e degradação. De tal modo que, dificilmente são encontradas manifestações patológicas exatamente iguais, podendo ocorrer casos similares com distinções de tipologias, no qual é possível identificar cada uma destas associando fatores comuns, que caracterizam como sendo causadores de determinadas manifestações, onde acarretam o surgimento de patologias em fachadas (SANTOS, 2017).

No entanto, é possível estabelecer estratégias de intervenção que permitam definir pontualmente critérios de prioridades, reabilitar os edifícios e oferecer condições adequadas para uso e habitação.

Através da aprovação da norma brasileira de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), o surgimento de ensaios com técnicas de avaliação não destrutivas se tornou algo crescente no mercado atual. Diante dos requisitos de desempenho que a norma determina para a aplicação em diferentes elementos da edificação, tem-se como objetivo, identificar e diagnosticar elementos causadores que potencializam os problemas. No Brasil, estes ensaios ainda são pouco padronizados e precisam de novas técnicas para complementar as metodologias já existentes, correspondentes ao mapeamento e a quantificação de danos. Com o surgimento da termografia, espera-se, quando comparada com outras técnicas, que se obtenha vantagens e precisão no resultado.

Normalmente, as pesquisas onde são avaliadas as manifestações patológicas em fachadas com a utilização de instrumentos não destrutíveis, neste caso a termografia, são realizados como estudo de caso, onde depende diretamente da interpretação dos dados e análises das manifestações. Diante disto, para que seja realizado um diagnóstico preciso, as condições que a fachada em análise está exposta no momento da avaliação, influenciam diretamente na obtenção dos resultados. Sendo assim, o surgimento de dúvidas em relação à avaliação das anomalias na fachada em análise com termografia de infravermelho, está diretamente ligada com o momento adequado de realizar a inspeção, a detecção das patologias e a influência das condições, onde está sujeita à intempéries, resultando, como de fato, se deve analisar o termograma (LA FÉ, 2017).

Diante das manifestações patológicas onde a averiguação visual não é suficiente, Sena *et al.* (2020), definem como auxílio em uma investigação mais detalhada o uso da

termografia por infravermelho. Porém, em situações no qual a anomalia apresentada está relacionada com a umidade, nem sempre o ponto de origem está evidenciado no mesmo local no qual foram apresentadas manifestações visíveis como: manchas, mofo, bolor, fissuras, entre outros.

La Fé (2017), destaca em sua pesquisa aspectos relacionados a originalidade de outras áreas da engenharia que podem ser importantes para o emprego e entendimento do comportamento térmico das principais patologias encontradas nas edificações. Uma analogia relacionada ao fluxo de calor e parâmetros termográficos, define o melhor momento para que sejam realizadas as inspeções nas fachadas. Ensaios de simulação higratérmica são ferramentas para a realização da inspeção da termografia, obtendo movimentações específicas para identificação de descolamentos pontuais.

## 2.1 FACHADAS DE EDIFÍCIOS

No Brasil, as edificações – sejam residenciais, comerciais ou industriais – são compostas, em sua grande maioria, por sistemas de revestimento externo em pintura ou placas cerâmicas. As fachadas das edificações estão a todo momento expostas aos fenômenos climáticos conforme a região em que estão localizadas. Sua degradação está relacionada a falta de interação do meio climático com os materiais expostos de maneira inadequada. Os elementos que compõe a edificação, devem corresponder as exigências de habitação e funcionalidade conforme às suas necessidades de utilização (BAUER *et al.*, 2015).

Os revestimentos de fachadas se tornaram uma preocupação nos envolventes na execução e administração de uma edificação diante do quadro de manifestações patológicas e sua incidência, gerando prejuízos e riscos a vida. Diante disto, tomada de ações são indispensáveis. Assim, estima-se minimizar os problemas através de capacitação e a implantação de técnicas construtivas e materiais adequados, para que não se constituam numa nova fonte de problemas (RIBEIRO; BARROS, 2010).

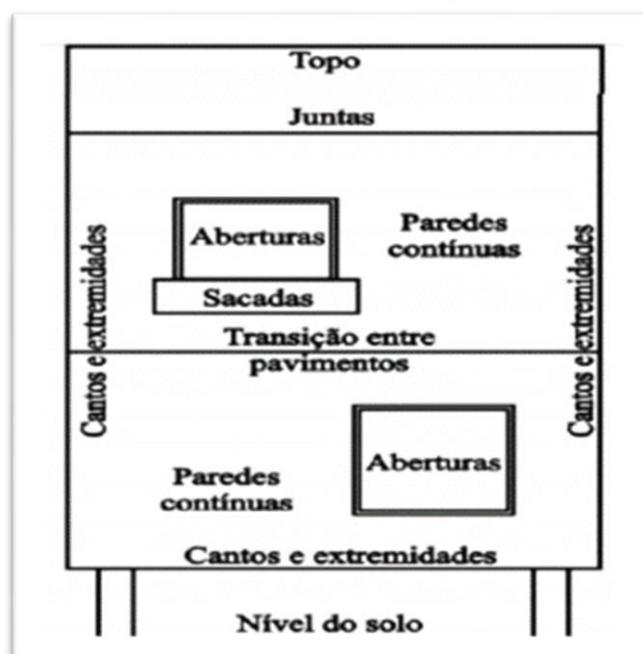
A Norma Brasileira (NBR) 15575-2013: Edificações Habitacionais – Desempenho, da Associação Brasileiro de Normas Técnicas (ABNT), representa um avanço significativo diante do cenário nacional, onde apresenta parâmetros que visa minimizar a incidência de manifestações patológicas com o objetivo de conceder aos usuários conforto, estabilidade, vida útil da edificação, segurança estrutural e contra incêndios.

Neste sentido, a NBR 15575 (ABNT, 2013) requer atender as necessidades exigidas pelos seus usuários, proporcionando habitabilidade e duração da qualidade da edificação. A

norma aborda o desempenho da edificação para o usuário, onde deve ser criteriosamente implantada no decorrer da sua construção. De forma integral, existem três grupos de requisitos: segurança, sustentabilidade e habitabilidade. No primeiro, o usuário exige segurança estrutural, contra incêndios e no uso e operação da construção. Quanto à sustentabilidade, a norma abrange a durabilidade, a manutenibilidade e os impactos ambientais da obra. Para a habitabilidade, são exigências habitacionais como: estanqueidade a água, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico.

Através do estudo de manifestações patológicas em fachada, pode-se observar a incidência de danos relacionando as causas e efeitos da degradação, onde todo entendimento obtido mediante ao levantamento de dados preliminares até as definições, necessitam de uma conferência estruturada (BAUER *et al.*, 2015).

Figura 2 - Representação esquemática das regiões de análise na fachada



Fonte: Bauer *et al.* (2015).

Conforme figura 2, observa-se as regiões definidas na fachada e quantificadas, onde é possível identificar as manifestações patológicas.

### 2.1.1 Vida útil

A norma de desempenho NBR 15575:1 (ABNT, 2013), define vida útil basicamente como o período estimado em tempo onde uma edificação e todo seu sistema desempenham os

serviços, no qual foram projetados e construídos, mantendo os critérios de periodicidade e mantendo os padrões de execução adequados de manutenibilidade.

Para que a edificação possa atingir uma eficiência desejável, é essencial que o conjunto construtivo apresente sempre um nível de desempenho previsto no sistema. A realização de manutenções corretivas e preventivas, são opções indispensáveis que possam influenciar na vida útil dos materiais.

A norma NBR 15575:1 ( ABNT, 2013, p. 12), estabelece como vida útil um detalhamento minucioso onde visa definir uma avaliação de desempenho, conforme descrito a seguir.

Para atingir esta finalidade, na avaliação do desempenho é realizada uma investigação sistemática baseada em métodos consistentes, capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do sistema nas condições de uso definidas. Em função disso, a avaliação do desempenho exige o domínio de uma ampla base de conhecimentos científicos sobre cada aspecto funcional de uma edificação, sobre materiais e técnicas de construção, bem como sobre as diferentes exigências dos usuários nas mais diversas condições de uso. (NBR 15575, ABNT, 2013, p.12).

Deve-se compreender que a elaboração de uma construção com uma durabilidade previamente definida, implica na utilização de um conjunto de decisões que visam garantir à estrutura e aos materiais um desempenho no mínimo satisfatório ao longo da vida útil da edificação (SOUZA; RIPPER, 1998).

O projeto deve especificar um valor estimado de Vida Útil de Projeto (VUP) para cada elemento componentes da edificação, onde devem ter uma durabilidade compatível considerando a periodicidade especificados em um manual de uso e operação entregue ao usuário.

Tabela 1 - Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP)

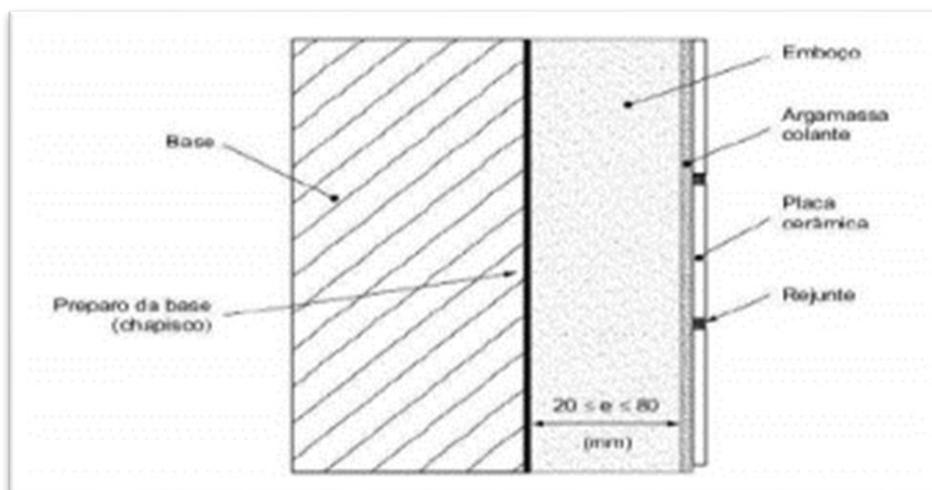
SISTEMA	VUP – anos	
	Mínimo	Superior
<b>Estrutura</b>	≥ 50	≥ 75
<b>Pisos internos</b>	≥ 13	≥ 20
<b>Vedação externa</b>	≥ 40	≥ 60
<b>Vedação interna</b>	≥ 20	≥ 30
<b>Cobertura</b>	≥ 20	≥ 30
<b>Hidrossanitário</b>	≥ 20	≥ 30

Fonte: Adaptado NBR 15575-1 (ABNT, 2013, p.46).

Considerando os critérios que definem uma estimativa para o desempenho mínimo de cada sistema, a norma ainda destaca que, conforme valores adotados na Tabela 1, a devida importância dos componentes seja criteriosamente especificada, considerando o nível e os fatores de degradação de cada elemento.

Inicialmente, frente a necessidade de uma normativa onde os critérios de regulamentação de revestimento de paredes externas e fachadas aplicáveis à execução com dimensões definidas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas desenvolveu a NBR 13755:1996, no qual, através da necessidade que envolve todo o processo construtivo, alguns aprimoramentos foram inseridos e atualizados com NBR 13755:2017. Com o objetivo de estabelecer detalhamentos e requisitos para a execução, fiscalização e recebimento de revestimento de paredes externas com assentamento cerâmico, a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 13755:2017, define através de um detalhamento no processo construtivo (Figura 3).

Figura 3 - Esquema da base para receber revestimento cerâmico



Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017, p.9).

O reboco é um revestimento constituído por uma fina camada lisa com a finalidade de cobrir o emboço, permitindo que esta superfície possa receber como acabamento, revestimento cerâmico ou massas niveladoras.

Segundo Fiorito (2009), os critérios de especificação estão presentes nas seguintes camadas:

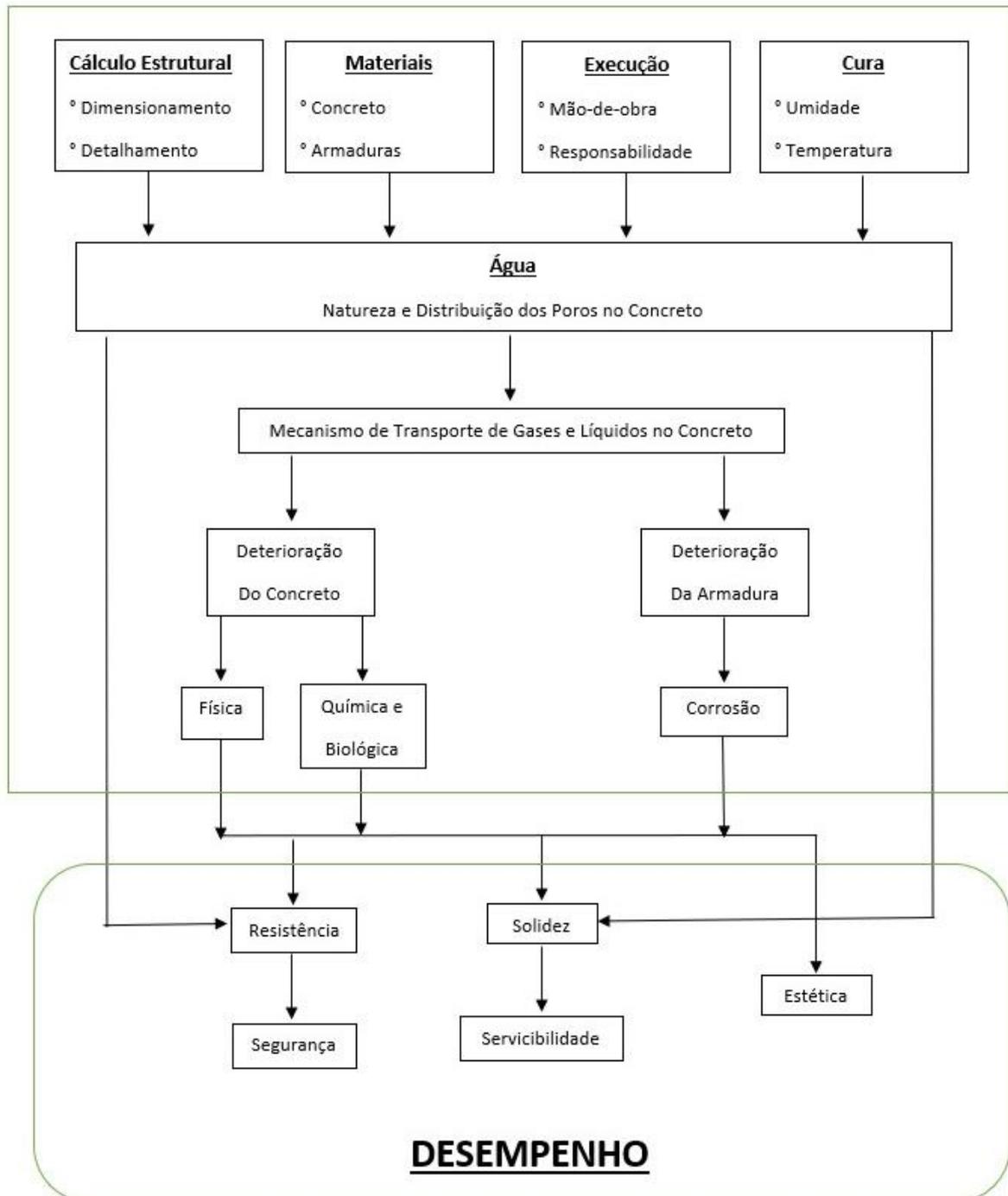
- Estrutura de vedação: alvenaria em tijolos cerâmicos, blocos de concreto, blocos sílico-calcários;
- Camada de aderência denominada de chapisco: camada no qual visa interligar a camada argamassada com a alvenaria de vedação, composta normalmente através do seguinte traço: 1:3 (cimento e areia grossa);
- Camada de argamassa de regularização da superfície – emboço e reboco através do seguinte traço: 1:1:7 composta por cimento, cal hidratada, areia média úmida.

- Camada de argamassa de assentamento (quando a superfície seja revestida de placas cerâmicas, as placas devem estar limpas levemente imersas em água limpa no momento de aplicação do assentamento);
- Rejuntamento.

Conforme na Figura 4, a observação deste quadro, percebe-se claramente que a interação dos agentes ambientais (temperatura, umidade, vento, salinidade e agressividade química ou biológica) conduzidos para a massa de concreto, constituem os principais elementos do processo de caracterização da durabilidade, sendo a umidade o elemento notável de toda a problemática, considerados adequados os métodos de resistência (SOUZA; RIPPER, 1998).

De acordo com Fiorito (2009), a ocorrência de colapso de revestimento cerâmico é ocasionada, por sua vez, com maior frequência, devido à queda ou elevação de temperatura. Onde os revestimentos e suas camadas, sejam elas de alvenarias ou de concreto, sofrem deformações devido a variação térmica, aumentando o volume de um corpo através dos diferentes coeficientes de dilatação que constituem cada material.

Figura 4 - Relação de durabilidade e desempenho



Fonte: Adaptado (SOUZA; RIPPER, 1998).

Através de uma necessidade, visando estabelecer critérios na realização de inspeção das edificações, surge a NBR 16747 (ABNT, 2020). Cujas finalidades são definir diretrizes, conceitos, terminologia e procedimentos relacionados à inspeção predial, diante da necessidade de tornar a metodologia do estudo uniforme, fornecendo métodos e as etapas para que seja realizada a inspeção. Esta norma pode ser aplicada em qualquer edificação através de um profissional habilitado e qualificado. Conforme NBR 16747 (2020, p. 14):

As irregularidades constatadas devem ser classificadas em anomalias ou falhas considerando os seguintes conceitos:

- a) as anomalias caracterizam-se pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo e são ainda divididas em:
  - endógena ou construtiva: quando perda de desempenho decorre das etapas de projeto e/ou execução;
  - exógena: quando a perda de desempenho relaciona-se a fatores externos à edificação, provocados por terceiros;
  - funcional: quando a perda de desempenho relaciona-se ao envelhecimento natural e consequente término da vida útil;
- b) as falhas caracterizam-se pela perda de desempenho de um elemento, subsistema ou sistema construtivo, decorrentes do uso, operação e manutenção.
- c) como a inspeção predial é uma avaliação sensorial, pode não ser possível classificar em anomalias e falhas a totalidade das irregularidades constatadas e apontadas no desenvolvimento do trabalho. Neste caso, deve o inspetor predial incluir nas recomendações a análise mais aprofundada e específica desta irregularidade.

Conforme exposto, a Inspeção Predial necessita de uma implantação efetiva de maneira periódica e segura, onde a Engenharia Diagnóstica e as técnicas da Inspeção Predial, aliada da ABNT vigente, determina uma obrigação legal no sistema de manutenibilidade.

## 2.2 MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO DE FACHADAS

A consequência dos fenômenos atmosféricos frente às fachadas das edificações, compromete as características das superfícies, causando danos. Caso não recebam o devido reparo e manutenção, quando não realizados periodicamente, se tornam um fator de risco para a edificação e segurança dos seus usuários. Bauer *et al.* (2010), definem através de pesquisas que a ocorrência patológica nunca pode ser atribuída apenas a uma única origem, normalmente é a combinação de diversos fatores contribuindo através de um efeito acumulativo de anomalias, provocando um dano maior.

Segundo Santos (2018), diante de todo o processo construtivo de uma edificação, os elementos de fachada e cobertura são os mais expostos às intempéries. Portanto, é indispensável a realização periódica de manutenção com a finalidade de preservar as propriedades do material exposto durante o tempo de vida útil estimado.

Os mecanismos de degradação são consequências decorrentes de influência ocasionada por alterações de ações (químicas, biológicas, físicas ou mecânicas), que promovem mudanças de uma característica do elemento quando evidenciado aos agentes de degradação (SANTOS, 2018).

Desta forma, é perceptível a relação no qual movimentações higroscópicas geram fissuras, devido ao aumento significativo do teor de umidade em materiais porosos ocasionando

uma dilatação higroscópica (expansão por umidade), causando tensões no material (FIORITO, 2009).

A fim de que seja possível entender o comportamento em uso de uma edificação e os elementos que a constituem, é preciso definir o desempenho diante da atuação dos fatores que afetam os funcionamentos dos materiais (NBR 15575-1, ABNT, 2013).

Os agentes atuantes nas degradações das edificações onde comprometem o sistema de revestimento em fachada podem ser determinados segundo o critério de classificação:

- Mecânica: garantir estanqueidade à água da chuva é um dos princípios de desempenho de uma edificação. Segundo ABNT 02:136.01.004 (2002), todos os componentes da fachada de uma edificação, devem ser resistentes à água da chuva ou a outras fontes, contribuindo para a durabilidade de todos os elementos e provendo a edificação proteção contra a ação da umidade. Garantindo estanqueidade às ações de chuva e ventos;
- Térmica: incidência de radiação solar. Segundo a ABNT 02:136.01.004 (2002) define que capacidade térmica das paredes externas da edificação habitada, devem apresentar valores que proporcionem um desempenho térmico mínimo para cada zona bioclimática, sendo absorvância definida como a taxa de radiação absorvida pela superfície;
- Química: Causas próprias à estrutura porosa, acarretam reações inerentes à estrutura e ao corpo estrutural. Entre elas estão: expansibilidade de certos constituintes do cimento, presença de cloretos, presença de ácidos e sais, presença de poluição ambiental;
- Biológica: ocorrência de fungos, presença de sulfetos.

Quadro 2 - Propriedades e anomalias dos materiais

<b>Propriedades</b>	<b>Descrição</b>	<b>Patologias associadas</b>
Capacidade de absorver deformações	Esta propriedade está relacionada com a capacidade do revestimento absorver/acompanhar as deformações geradas por esforços internos ou externos de diversas origens.	Fissuração
Aderência	Propriedade responsável pela ancoragem revestimento/substrato, a qual influenciará no desempenho do sistema. Ela é influenciada por diversos fatores como a natureza dos materiais, área de contato real, atrito e recuperação das deformações elásticas que surgem nos pontos de contato através da pressão de justaposição.	Descolamento, fissuração
Resistência a compressão, a abrasão e dureza superficial	Estas propriedades possuem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos das mais diversas origens e que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento. São influenciados pelas cargas de impacto, abrasão superficial ou movimentações higroscópicas por umidade de infiltração.	Desagregação
Permeabilidade	Responsável pela possível passagem da água através da argamassa ou do componente ou elemento da construção, podendo a passagem ocorrer por infiltração, por capilaridade ou por difusão. Este fenômeno pode ser influenciado pela granulometria das areias, características desagregação e proporcionalidade dos materiais que compõem a argamassa, entre outros.	Eflorescência, desagregação

Fonte: Adaptado Santos (2018).

Através do Quadro 2, são definidas as características dos revestimentos, evidenciando como as ocorrências de manifestações patológicas possam danificar o sistema.

### 2.3 PROBLEMAS PATOLÓGICOS MANIFESTADOS EM FACHADAS

Os problemas patológicos em revestimentos de fachada têm como causa a presença de alguns fatores particularmente prejudiciais ao desempenho de todo o conjunto construtivo.

Conforme o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE) através da normativa estabelecida em 2012, define que a inspeção predial é uma ferramenta de apoio que proporciona uma avaliação sistêmica da edificação, com a função de classificar as não conformidades da edificação quanto a sua origem, grau de risco e ainda indicar as diretrizes

técnicas à manutenibilidade dos sistemas e elementos construtivos, direcionando o estado de conservação da edificação.

Entre estes, estão algumas tipologias onde são possíveis causas das manifestações patológicas nos revestimentos com diferentes origens, sendo entre elas as mais comuns:

- a) Fissuras e trincas: podem estar condicionadas a diversos fatores, geralmente está ligado a retração do material, sobrecargas, recalques, fadiga por expansão, movimentação térmica, deformação de estrutura.
- b) Eflorescências: é um fenômeno no qual ocasiona o surgimento de manchas brancas na superfície, resultando em danos estéticos.
- c) Infiltração: proveniente da execução, umidade por capilaridade ou por fissuras e falhas de impermeabilização.
- d) Deslocamento: ruptura entre o substrato e o revestimento de argamassa.
- e) Corrosão: Contaminação através de substâncias agressivas.

### **2.3.1 Fissuras e trincas**

Segundo Thomaz (1989), fissuras e trincas normalmente apresentam sintomas com maior frequência nas estruturas e com causas diversas. Em relação à análise estrutural, a abertura, a direção, e sua forma de evolução (diretamente proporcional à direção e à abertura), são fatores de análise que indicam as possíveis causas de anomalias.

Podem estar associados a diversos fatores. Entre eles estão:

- Fissuras associados à deformação do concreto;
- Fissuras associados à argamassa de assentamento;
- Fissuras associados à ausência de vergas e contravergas em janelas;
- Fissuras associados à ausência de elementos no processo construtivo, como deficiência de aço;
- Fissuras associados à umidade através da ausência ou deficiência do processo de impermeabilização;
- Fissuras recorrentes a falta de juntas de dilatação na estrutura;

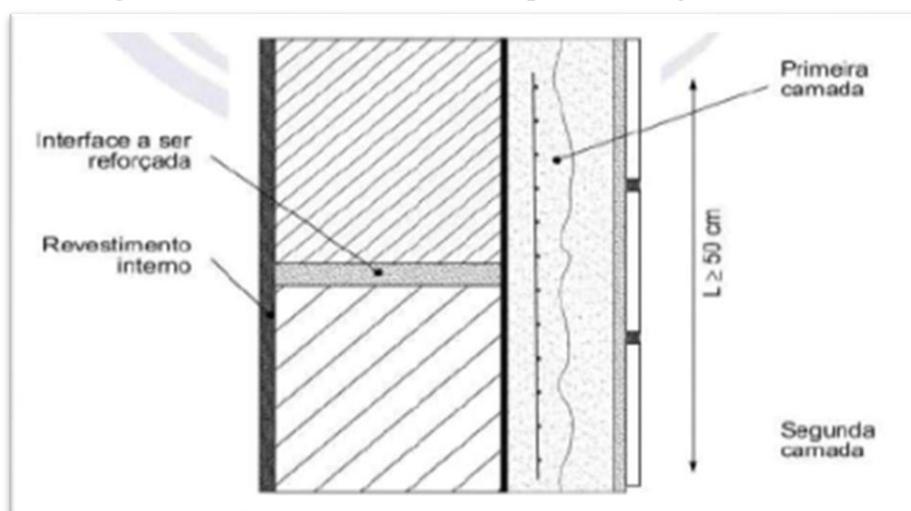
Diante da necessidade de recuperação para atenuação de fissuras quando proveniente à espessura de argamassa de revestimento, a Associação Brasileira de Normas Técnicas através da NBR 13755 (ABNT, 2017), estabelece como método para solucionar a

patologia, a implantação de telas posicionadas aproximadamente à meia espessura da primeira camada, centralizadas em relação a origem da fissura (Figura 5).

Bauer *et al.* (2005), destacam uma possível problemática no que diz respeito a espessuras no emboço. Mediante a complexibilidade no sistema de revestimento em fachada, espessuras superiores a 5 cm podem ocasionar inúmeros problemas. Entre eles estão: sobrecarga, retrações e prováveis fissurações. Situações como estas, exigem um sistema de ancoragem das camadas argamassadas com o substrato, através de aplicação de tela metálica (galvanizada, eletro-soldada), ficando imersa na camada de argamassa.

Mediante estudo dos materiais que constituem as argamassas de revestimento, Bauer *et al.* (2005), observam que diversos fatores, como a carência de regras definidas para especificação de determinados materiais, na sua grande maioria, são definidos mediante a critérios adotados em experiências profissionais na construção civil. O resultado dessa carência, é a ocorrência de diversos casos de anomalias originando manifestações patológicas, que comprometem o sistema.

Figura 5 - Posicionamento de tela para atenuação de fissura



Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017, p.19).

A ocorrência de anomalias em fachadas, geram, inicialmente, análises visuais e diante de alguns casos, são encontradas aplicações de placas cerâmicas com dimensões maiores. Segundo Fiorito (2009), qualquer que seja a dimensão das placas cerâmicas, quando não espaçadas corretamente, fissuras são geradas através da ocorrência de compressão gradativa no revestimento, onde a argamassa de assentamento e base (substrato) impedem a sua expansão, agravando o problema. Espaçadores e juntas de dilatação devem estar dimensionados para que as tensões não sejam transmitidas de uma peça para outra.

Quando a incidência de tensões é originada à retração da argamassa e às tensões de temperaturas, Fiorito (2009) sugere alguns procedimentos que visam reduzir as tensões atuantes em qualquer que sejam o tipo de revestimento. Justamente para que possa haver a prevenção de expansão por umidade, evitando a formação de flambagem de todo o sistema.

### **2.3.2 Eflorescência**

O surgimento de eflorescência ocorre através da presença de umidade no substrato, que acontece devido à falta ou aplicação inadequada de impermeabilização sobre o revestimento. As condições para que ocorram o fenômeno de eflorescência são provenientes dos resíduos de sais, quando há a presença de umidade no material, percolam até a superfície do conjunto e se recristalizam (BAUER, 2008).

De acordo com Menezes *et al.* (2006), a formação de eflorescências está correlacionada diretamente à qualidade da matéria prima dos materiais, devido à variedade de fatores que possam ocasionar a formação de depósitos salinos. Esta patologia é visualmente perceptível devido a sua coloração branca, originado da infiltração de material salinizado e posteriormente a sua evaporação.

Segundo Bauer (2008), as possíveis causas decorrentes da eflorescência, estão indicadas no Quadro 3, sendo as prováveis ocorrências oriundas de edificações recém-finalizadas ou devido à exposição de umidade no decorrer da sua construção.

Quadro 3 - Composição química e fonte provável de eflorescência

<b>Composição química</b>	<b>Solubilidade em água</b>	<b>Fonte provável</b>
Carbonato de cálcio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento; Cal não carbonatada.
Carbonato de magnésio	Pouco solúvel	Carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento; Cal não carbonatada.
Carbonato de potássio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Carbonato de sódio	Muito solúvel	Carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
Hidróxido de cálcio	Solúvel	Cal liberada na hidratação do cimento
Sulfato de cálcio desidratado	Parcialmente solúvel	Hidratação do sulfato de cálcio do tijolo
Sulfato de magnésio	Solúvel	Tijolo e água de amassamento
Sulfato de cálcio	Parcialmente solúvel	Tijolo e água de amassamento
Sulfato de potássio	Muito solúvel	Tijolo, água de amassamento e cimento
Sulfato de sódio	Muito solúvel	Tijolo, água de amassamento e cimento
Cloreto de cálcio	Muito solúvel	Água de amassamento
Cloreto de magnésio	Muito solúvel	Água de amassamento
Nitrato de magnésio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado
Nitrato de sódio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado
Nitrato de amônio	Muito solúvel	Solo adubado ou contaminado

Fonte: Adaptado Bauer (2008).

Conforme Menezes *et al.* (2006), a presença de sais em materiais aplicados na construção civil, pode comprometer alvenarias e concretos. O processo de cristalização, acontece devido a presença de solução aquosa na estrutura do material, onde ocorre sua saturação devido a evaporação do solvente.

Conforme Fiorito (2009), os revestimentos de alvenarias exterior e interior estão sujeitas, durante seu período de vida, à agentes agressivos. A eflorescência é normalmente associada a problemas ligados a estética e a constante presença de humidade, comprometendo a integridade do reboco. Através da identificação da causa específica de eflorescências, em sua

grande maioria sendo necessário recorrer a análises laboratoriais, pode contribuir para ações corretivas em forma de limpeza e remoção de sais na superfície com esta anomalia. Porém, é necessário que estas ações sejam realizadas de maneira criteriosa, para que não se alastre para outras superfícies. Quando há o surgimento das eflorescências, a solução mais adotada é o tratamento da superfície e a utilização de materiais impermeabilizantes.

### **2.3.3 Desplacamento**

Esta manifestação normalmente consiste em anomalias no sistema de execução ou a utilização inadequada dos materiais. Inicialmente tem origem através de pequenas fissuras, ocasionando, por fim, o descolamento total do revestimento.

Santos (2018), define o deslocamento como o descolamento de um material argamassado em relação a sua base, onde normalmente pode ser identificado visualmente, através de quedas fracionadas devido a estabilidade rígida do material constituinte, não resistindo a esforços de flexão, tração ou torção. Este descolamento é indício de instabilidade da vida útil do material, expondo o substrato à elementos atmosféricos, possibilitando maior risco a edificação.

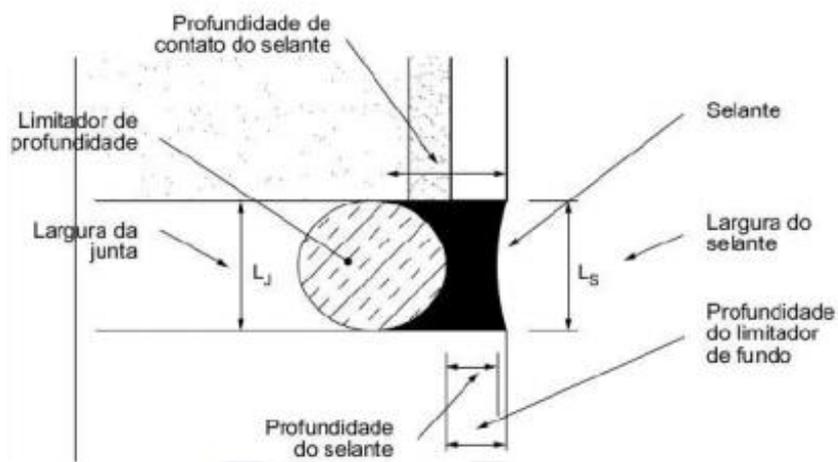
Entre as manifestações patológicas em revestimento cerâmico, o deslocamento aparece entre as deformidades com maior incidência. Nesta situação a placa cerâmica ainda não soltou integralmente, porém, apresenta-se descolada, sendo evidenciada visualmente ou através de ensaios de percussão (SENA; NASCIMENTO; NABUT NETO; LIMA, 2020).

Todavia, Santos (2018), ainda enfatiza que este tipo de anomalia, quando não é identificado visualmente devido não ocorrer o destacamento originado por quedas, em fachadas se torna ainda mais difícil de ser detectado visualmente, onde a termografia devida as diferenças de temperatura podem detectar este destacamento.

Quando se fala de execução ou falta de junta de movimentação em fachada, onde um dos elementos constituintes são os revestimentos cerâmicos, o descolamento ou deslocamento é uma anomalia diretamente evidenciada. A norma NBR 13755 (ABNT, 2017) sugere que seja realizado um corte total no revestimento argamassado em superfícies com maiores deformações e movimentações ou de forma parcial, através de devidas recomendações.

A norma NBR 13755 (ABNT,2017) ainda define que o detalhamento de espessuras e posições devem ser previstas em projeto, sendo dimensionada verticalmente e horizontalmente em edifícios acima de 15 metros de altura (Figura 6).

Figura 6 - Junta de movimentação



Fonte: NBR 13755 (ABNT, 2017, p.24).

Um dos fatores desta ocorrência é a aplicação errônea no assentamento de argamassa colante, no qual evidencia um erro de execução. Como exemplo, se tem o comumente denominado de *bolão*, este fator ocorre quando é realizado na superfície a ser argamassada bolas pontuais de argamassa colante, deixando vazios entre a cerâmica e o substrato. Isto faz com que parte do revestimento fique oco e com o passar do tempo e a diferenças de temperaturas oscilando em baixas e altas, ocasione retrações, não sendo considerada especificações do fabricante. O fato de não *arrastar* o revestimento para romper das ligas da argamassa proporcionando uma aderência efetiva, faz também com que o mesmo perca a sua aderência.

Segundo Sena *et al.* (2020), a ocorrência desta anomalia pode ser classificada por diversas razões. Porém, entre as mais comuns está a falta de limpeza do substrato, ocasionando uma baixa de aderência entre os materiais.

### 2.3.4 Métodos de avaliação

Bauer *et al.* (2010) definem como método de inspeção inicialmente a realização de uma vistoria prévia com a finalidade de coletar o máximo de informações sobre a edificação em estudo. Ainda assim, é indispensável o levantamento da documentação técnica do edifício, como projetos com todas descrições necessárias da edificação, histórico de construção, idade, tipo de uso, orientação cardinal das fachadas, sistema construtivo, tipo de acabamento de fachada e um memorial que consiste na existência de manutenção e sua frequência.

A Inspeção Predial é um atributo onde proporciona uma avaliação sistêmica da edificação. O IBAPE (2012), constitui de uma normativa onde foi desenvolvida por

profissionais habilitados, no qual classifica as não conformidades constatadas na edificação quanto a sua origem, fator de risco e indica técnicas necessárias à melhoria dos sistemas e elementos construtivos.

Frente a isto, a norma ainda apresenta conceitos e critérios para a realização da Inspeção Predial e elaboração do seu Laudo:

IBAPE, define como lista de verificação, o conjunto de tópicos a serem vistoriados, considerado o número mínimo de itens abordados em uma inspeção. Recomenda-se que a vistoria na inspeção predial seja sistêmica e que abranja, minimamente, os seguintes sistemas construtivos e seus elementos: estrutura, impermeabilização, instalações hidráulicas e elétricas, revestimentos externos em geral, esquadrias, revestimentos internos, elevadores, climatização, exaustão mecânica, ventilação, coberturas, telhados, combate a incêndio e SPDA.

Normalmente, as políticas de manutenção são divididas em corretivas, preventivas e manutenção. Visam determinar uma ação de manutenção, onde diretrizes são estabelecidas diante da exposição de anomalias apresentadas nos elementos constituintes da edificação. Já a manutenção preventiva, está relacionada com a periódica verificação dos elementos constituintes, estimando um determinado intervalo de tempo, a fim de impedir o surgimento de anormalidades no conjunto construtivo (BEDIN, 2019).

Para que seja possível obter uma avaliação com maior precisão, é necessário um maior número de dados possíveis referente a estrutura da edificação, com isso, se torna possível executar uma inspeção externa em fachada. É indispensável contratar empresas e pessoas habilitadas para realização do serviço, diante do difícil acesso e para garantir segurança dos moradores, normalmente essa inspeção é realizada através do uso de guindastes e elevadores. Diante desta dificuldade e afim de minimizar os riscos, a utilização de inspeção termográfica (termografia de infravermelho) se tornou consideradamente mais viável, considerando ainda como ferramenta de auxílio a utilização de RPAS (drones).

Recorrente a isto, a inspeção de termografia em fachadas trouxe inúmeras vantagens para a determinação de análise da edificação, visto que pode ser realizada sem contato algum com a estrutura, não causando danos direta e indiretamente, obtendo uma medição de temperatura precisa e em tempo real. Posteriormente, um termograma é gerado a fim de identificar e direcionar as anomalias existentes.

#### 2.3.4.1 Ensaios usuais

As câmeras termográficas são ferramentas não invasivas que proporcionam uma identificação e controle das condições das edificações. Obtém uma visualização detalhada

através de imagens e definem a temperatura captada e converte em cores que favorece a interpretação do profissional. As câmeras termográficas relacionam essa tabela de cores através de escalas de temperatura, com a finalidade de quantificar detalhadamente as anomalias (CORREA, 2017).

No mercado atual, estão disponíveis diferentes instrumentos para inspeção e avaliação. Porém, para que seja possível obter bons resultados, alguns critérios devem ser analisados como referência no momento da execução da inspeção: picos diários de irradiação solar, considerações referentes a geometria da edificação, umidade relativa do ar, horários definidos para análise, transmitância térmica dos elementos constituintes.

Conforme define IBAPE (2012), critérios de inspeção devem ser minuciosamente seguido:

A lista dos componentes e equipamentos dos diversos sistemas e subsistemas construtivos, a serem vistoriados pelos inspetores prediais, deve ser proporcional e adequada à complexidade da edificação e ao nível de inspeção a ser realizado. Trata-se, portanto, do conjunto de tópicos a serem vistoriados, considerado o número mínimo de itens abordados em uma inspeção.

Ensaio de percussão são alternativas eficientes para definir a presença de descolamento ou deslocamento do material de revestimento com o seu substrato. É definido e avaliado através da presença de sons oco, podendo ser utilizado o martelo de borracha no auxílio desta inspeção. Onde é possível verificar as áreas destacadas, com as áreas sem anomalia.

#### 2.3.4.2 Prognóstico

O procedimento de inspeção pode variar conforme o aparelho de avaliação e a condição que a edificação se encontra. Dentro dos parâmetros de avaliação, é necessário estabelecer métodos prognósticos da situação, que consiste em definir a escolha da medida de avaliação adotada, os parâmetros a serem considerados, a evolução do problema patológico, as condições de exposição da edificação, o objetivo da intervenção quando necessário e, por fim, não menos importante, impedir e controlar a evolução da anomalia existente.

## 2.4 TÉCNICA DE TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO

Diante das técnicas de avaliação não destrutiva, a termografia de infravermelho estabelece orientações que auxiliam na coleta de informações para a realização de inspeção em diversas edificações. Através desta inspeção, se tornou possível: observar manifestações superficiais; analisar por meio de coleta de imagens termográfica, onde a distribuição de

temperatura sobre a fachada é obtida instantaneamente mediante a variação de calor; e identificar o fator causador da anomalia (BAUER *et al.*, 2015).

Deste modo, Lá Fé (2017), estabelece a reflexão como sendo resultante da oscilação causada diretamente sobre a superfície analisada, derivado de um elemento definido posicionalmente no campo de coleta da imagem termográfica. Esta reflexão, é uma das restrições evidentes para termografia, no qual materiais com superfícies lisas ou refletivas, interferem diretamente, transmitindo radiação infravermelha dos demais corpos. Sobretudo, é indispensável que o método seja executado por um profissional habilitado, a fim de amenizar as interferências refletivas nas imagens.

Bauer *et al.* (2015), consideram que parâmetros termográficos sejam determinados, a fim de que os resultados obtidos sejam apresentados adequadamente. A interpretação correta captada no termograma depende diretamente do clima, temperatura e de todas as variáveis envolvidas relacionadas a aferição termográfica.

Como possíveis variáveis referente à vistoria realizada *in loco*, para o reconhecimento e a determinação da inconstância direta do alvo, são indispensáveis os cuidados para que se tenha um termograma com qualidades aceitáveis. Caso a coleta de dados seja obtida de forma incorreta, falhas e imprecisões são causadas nos termogramas, podendo levar a resultados imprecisos de temperatura, tendo como principal variante a emissividade, a reflexão e a distância (LA FÉ., 2017).

Todavia, é necessário a realização de ensaios *in loco*, para que seja possível obter uma orientação de forma precisa e conseqüentemente desenvolver uma classificação e intensidade dos danos (BAUER *et al.*, 2014).

Segundo a Lei de Stefan-Boltzmann, o fluxo na superfície de um corpo negro é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura do corpo.

$$F = \sigma \cdot T^4 \quad (1)$$

Onde,

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann =  $5,67 \times 10^{-5} \text{ ergs}/(\text{cm}^2 \text{K}^4 \text{s})$ .

$$W = \varepsilon \cdot B \cdot T^4 \quad (2)$$

Onde,

W: taxa de emissão de energia radiante (W/m<sup>2</sup>);

$\varepsilon$ : emissividade do corpo (adimensional);

B: constante de Stefan-Boltzmann ( $5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ ); e

T: temperatura absoluta do corpo (K).

Logo, a intensidade de radiação emitida por um corpo através do calor é dependente da sua temperatura e da amplitude deste em emitir radiação, através da sua emissividade. A emissividade de um determinado corpo, é calculada através da relação entre a energia irradiada por este corpo e a energia irradiada por um corpo negro teórico com igualdade de temperatura.

Diante de estudos, La FÉ, (2017) define como classificação da termografia infravermelha, parâmetros conforme a metodologia utilizada em análise e interpretação obtidas nas imagens térmicas, podendo ser classificada em: termografia qualitativa ou termografia quantitativa e podendo ser ainda considerada como termografia passiva ou ativa.

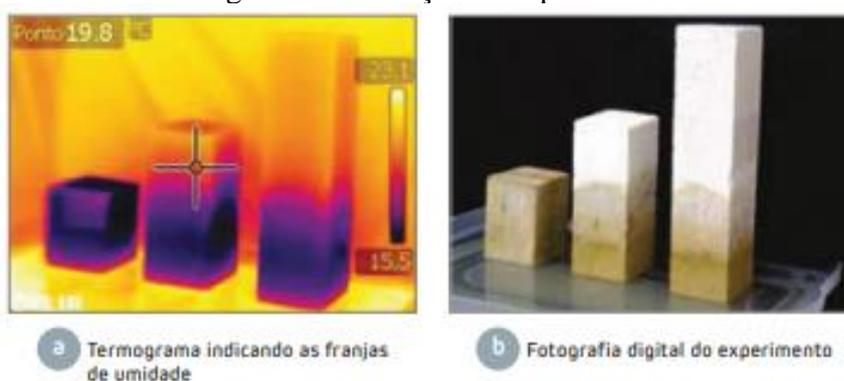
Aplica-se a termografia quantitativa no uso em anomalias onde o índice de manifestações patológicas é mais severo, sendo imprescindível uma análise criteriosa nas temperaturas obtidas no termograma para que seja possível realizar as adaptações necessárias e medições dos parâmetros termográficos (BAUER *et al.*, 2014).

Neste caso, o método quantitativo usa medições de temperatura como critério para determinar a seriedade de uma anomalia e para conseguir estabelecer prioridades de reparo. Quando uma manifestação patológica é descoberta e reconhecida, é necessário obter a seriedade de informações da mesma. Normalmente, no momento da identificação da anomalia encontrada não se tem recursos suficientes para que seja possível definir imediatamente a ocorrência do problema.

Quando se refere em termografia qualitativa, tem-se como base uma análise em referência simples de ser realizada. Onde pontos, através de diferença de cores quentes e frias na imagem térmica, são determinados diante de uma análise visual do termograma (SILVA, 2012).

Em um procedimento de avaliação por capilaridade, Bauer *et al.* (2015) definem que o processo de umidade registrado na imagem captada através da câmera termográfica é claramente visível como mostra Figura 7. No qual em diversas situações elas se tornam imperceptíveis, quando há o aumento de temperatura superficial.

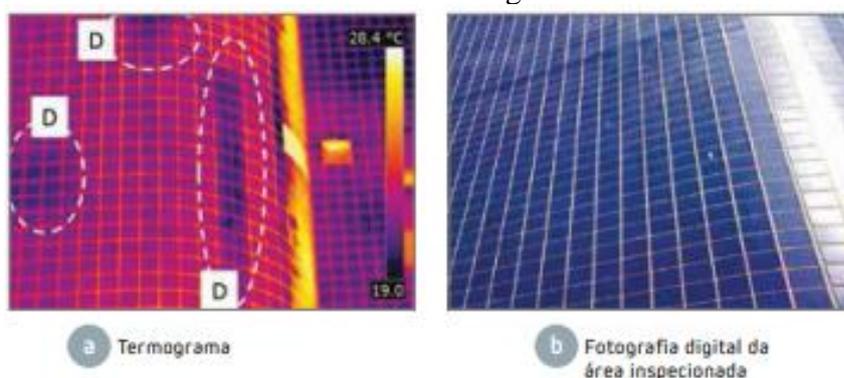
Figura 7 - Avaliação de capilaridade



Fonte: BAUER et al (2015, p.5).

Diante destes aspectos, a termografia qualitativa depende diretamente da análise dos padrões térmicos a fim de revelar a existência e localizar a posição de anomalias com o propósito de avaliá-las. Utiliza-se a termografia qualitativa de forma mais ampla, pois se algo estiver visivelmente normal dentro dos padrões de comparação, é possível dar continuidade no processo avaliativo.

Figura 8 - Identificação de destacamento em fachada com aplicação de cerâmica obtido através da termografia



Fonte: Bauer et al. (2015, p.4).

Conforme demonstrado na Figura 8, através de estudo *in loco*, Bauer *et al.* (2015), definem que através de captação por imagem termográfica é possível identificar a presença de destacamentos no revestimento cerâmico (a), não sendo perceptíveis visualmente (b). Segundo os autores, o estudo foi realizado no período noturno com o propósito de obter um fluxo de calor reverso (de fora para dentro do ambiente), destacando que na imagem termográfica, a identificação com coloração escuras (D) são as regiões com temperaturas baixa identificando o destacamento.

Sobretudo, ensaios laboratoriais, onde são definidas as propriedades que estão diretamente relacionadas com a técnica e a anomalia, atestou-se que as falhas de adesividade

do material ou ausência de argamassa colante por trás da placa cerâmica, são quantificados através desta avaliação termográfica (Bauer *et al.*, 2015).

Segundo Rodrigues *et al.* (2019), conforme estudo *in loco*, a fim de atender a identificação de irregularidades, constatou-se que através de estudos da técnica em campo, quando utilizada de maneira efetiva na captura de termogramas, a possibilidade de precisão na coleta de dados se torna eficiente quando não há interferência dos reflexos do entorno. Diante deste estudo, quanto menor a profundidade da falha com relação a sua superfície mais claramente é a identificação através da visualização conforme à proximidade da mesma, onde as manifestações patológicas encontradas consideradas mínimas se tornam visualizadas.

## 2.5 ESTUDOS CLIMÁTICOS

Entre os fatores que são possíveis relacionar diretamente com a presença de água nas fachadas estão a fissuração, eflorescência, manchas, proliferação de fungos e alteração na resistência térmica da superfície.

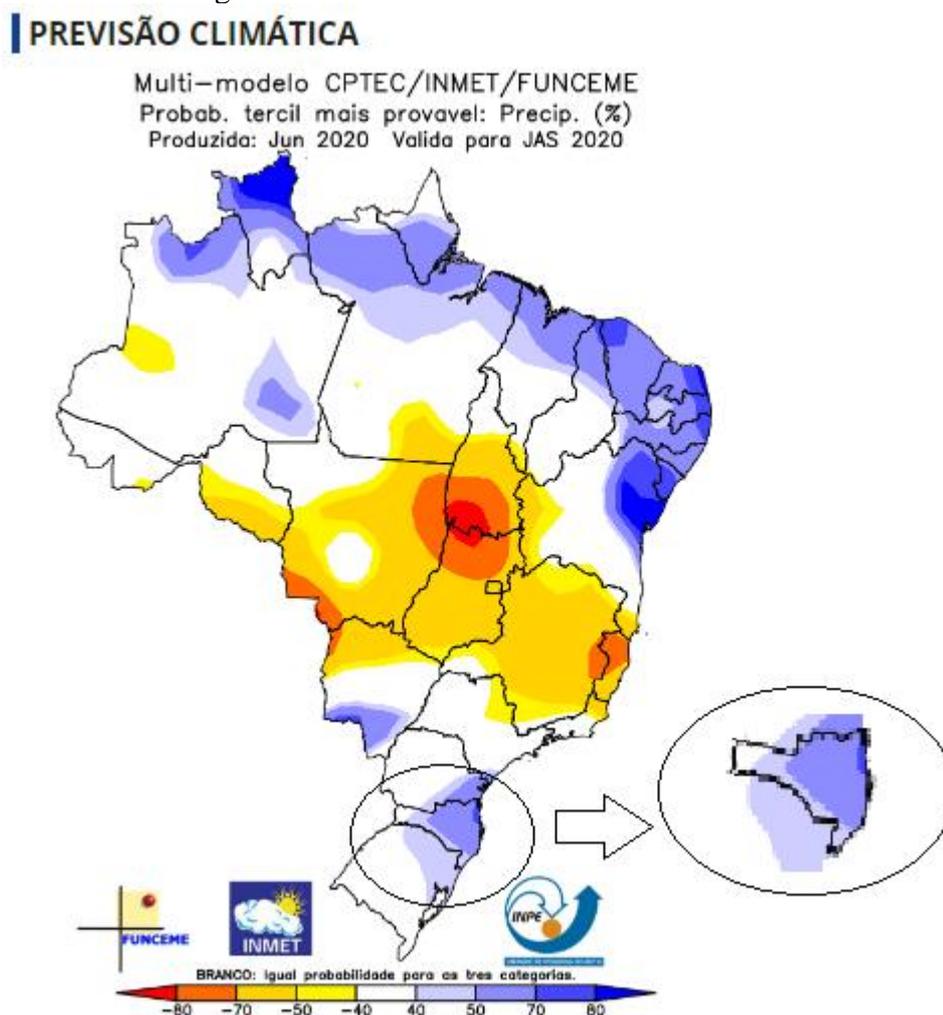
A variação de temperatura e umidade proveniente dos fatores climáticos (chuva e condensação) são as causas mais frequentes, onde a edificação é exposta a situações desfavoráveis. Podendo ser estes, os fatores de origem na deterioração dos materiais constituintes na superfície da edificação.

Monteiro (2001), conclui em seu estudo, que Santa Catarina, mesmo tendo um pequeno índice de distanciamento latitudinal, principalmente na região oeste, indica uma variação espacial excessiva na sua condição climática, diretamente ligada aos fenômenos El-Niño e La-Niña atuantes, ocasionando um volume de chuva intenso, como também estiagem.

Como bem assegura Freitas (2012), a realização de detalhamento arquitetônico nas fachadas e o posicionamento da edificação diante da orientação solar, desfavorecem a edificação quando estes ocasionam a incidência de pontos com maior umidade e beneficia a proliferação de microrganismos. Portanto, é indispensável a compreensão e entendimento da influência climática sobre a edificação.

Na Figura 9, indica a previsão climática sazonal, mostrando a classificação abaixo da faixa normal, dentro da faixa normal e acima da faixa normal. Realizadas através do método cooperação entre CPTEC/INPE, INMET e FUNCEME, sendo possível observar no mapa que o mês de análise e consulta são referentes a junho de 2020.

Figura 9 - Previsão Climática de Santa Catarina

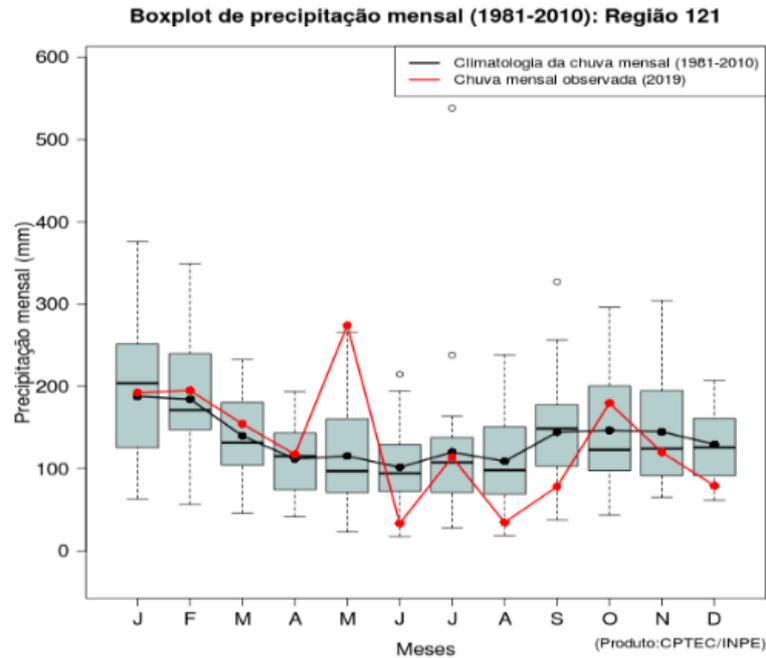


Fonte: Adaptado CPTEC, 2020 (clima.cptec.inpe.br)

Conforme dados CPTEC, devido à entrada de sistemas típicos de inverno, as Regiões Sul, Sudeste, e sul das Regiões Centro-Oeste e Norte, podem apresentar períodos com importante queda nas temperaturas.

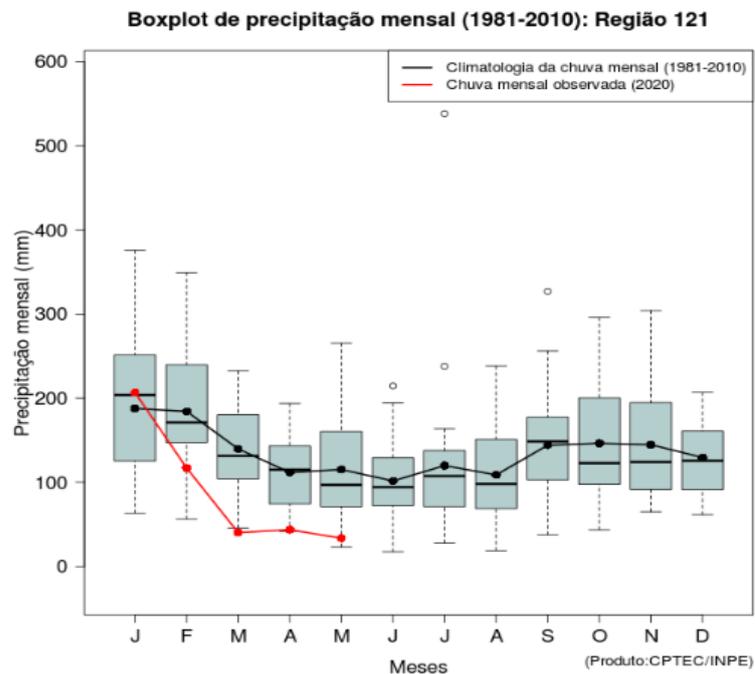
As Figuras 10 e 11 abaixo, representam a evolução no volume de precipitação com o demonstrativo e com a média referente aos anos 1981 a 2010, comparando respectivamente aos anos de 2019 e o índice até junho de 2020.

Figura 10 - Evolução mensal e sazonal de chuvas referente a 2019



Fonte: CPTEC, 2020 (cptec.inpe.br)

Figura 11 - Evolução mensal e sazonal de chuvas referente a 2020



Fonte: CPTEC, 2020 (cptec.inpe.br)

A partir dos resultados dos gráficos representados nas figuras 10 e 11, foram observados os valores mínimos e máximos de precipitação referente ao ano anterior e ao atual correspondente o estudo. Conforme Monteiro (2001), as condições climáticas referente ao Estado de Santa Catarina no inverno, são diretamente influenciadas por massas polares do

continente antártico, com tempo estável, porém, com declínio de temperatura acentuado em todas as regiões.

Em regiões no qual determinada estação do ano as temperaturas são relativamente baixas, os maiores problemas são o volume de precipitação e a condensação de vapor de água que incidem nas superfícies dos materiais. Porém, em situações onde a oscilação de temperatura se torna atuante, as superfícies exercem comportamentos distintos de dilatação e contração, contribuindo negativamente sobre os materiais rígidos, ocasionando o surgimento de fissuras.

Diante dos aspectos climáticos predominantes do estado de Santa Catarina, definindo suas variações através da região, é possível avaliar o município de Tubarão. O mesmo se define por uma região com clima subtropical, com temperaturas que variam em média máxima e mínima de 23,6°C a 15,5°C, respectivamente. Podendo na estação de inverno e em casos isolados, atingir temperaturas mínimas próximas de 0°C.

Segundo registros do município de Tubarão, a predominância dos ventos é de 37,5% nordeste, 15,6% sul e 13,2% sudoeste. No inverno, diante de uma frequência de massas de alta pressão os ventos do oeste assumem uma predominância, sendo possível ultrapassar a velocidade incidente dos ventos de leste.

Através do estudo realizado pela Secretaria de Estado e Desenvolvimento Regional – SDR, pode-se definir características do município quanto aos aspectos climáticos conforme verificamos na Tabela 2.

Tabela 2 - Estudo Climático  
**TIPO CLIMÁTICO, TEMPERATURA, PRECIPITAÇÃO E UMIDADE RELATIVA**

<b>ÍTEM ANALISADO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>VALOR REGISTRADO</b>
Tipo climático (Koeppen)	Especificação	(Cfa) Subtropical (mesotérmico úmido, com verão quente)
Temperatura média anual	°C	19 a 20
Precipitação média anual	mm	1100 a 1300
Precipitação máxima em 24h	mm	140
Umidade relativa do ar (média)	%	80 a 82

Fonte: Adaptado Epagri/Cimerh, 2020 (ciram.epagri.sc.gov.br).

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho terá como característica de pesquisa um estudo de caso, que terá como base de estudo a revisão bibliográfica para fundamentar o conhecimento. Além disso, é imprescindível descrever as etapas de pesquisa, a fim de definir de forma plausível a avaliação das anomalias encontradas.

Considerou-se as edificações com regiões territoriais e climáticas para inspeção de fachadas sobre investigação de possíveis manifestações patológicas. Deste modo, o presente trabalho caracteriza a abordagem utilizada em quali-quantitativa com caráter exploratório, levando em consideração a coleta de dados realizados *in loco* sobre o edifício em estudo.

Este estudo visa abordar os critérios utilizados no processo construtivo da edificação de pesquisa com relação as informações obtidas *in loco*, permitindo uma relação direta quanto ao processo de investigação e interpretação das anomalias existentes.

Diante dos critérios legais, buscou-se como orientação, as recomendações inclusas no contexto das normas técnicas vigentes nacionalmente, principalmente a NBR – 13755: Revestimento de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, e demais complementares no qual destacamos:

- NBR 15575-1:2013 (Edificações habitacionais – Desempenho, ABNT – 2013);
- NBR 16292 (Ensaio não destrutivo – Termografia – Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas, ABNT – 2014);
- NBR 16747 (Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento, ABNT – 2020).

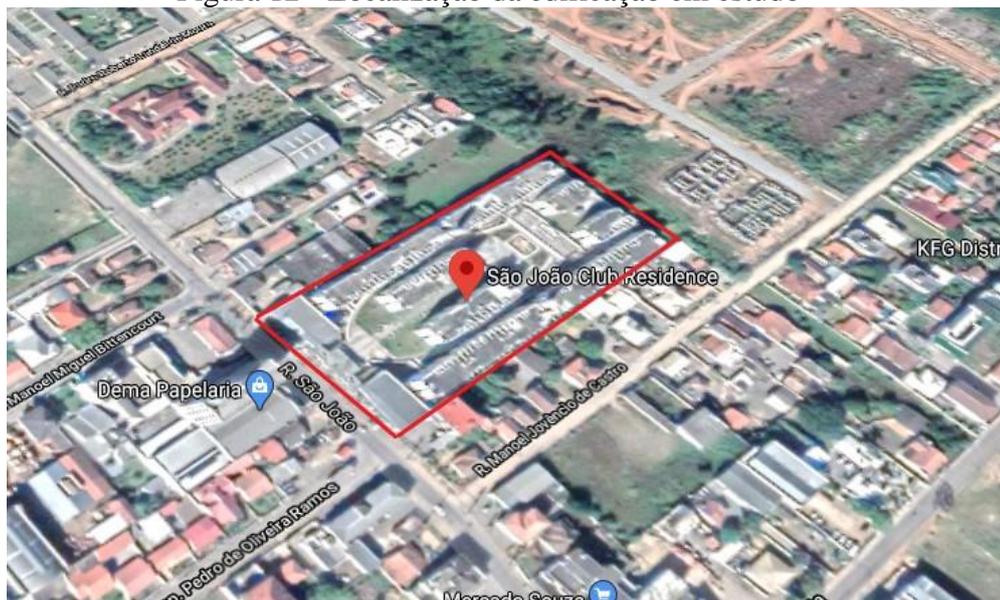
#### 3.1 IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

A edificação em estudo é o conjunto habitacional São João Residence, localizado na Rua São João, no bairro São João – Margem esquerda, na cidade de Tubarão/SC, conforme é possível verificar nas figuras 12 e 13. A área construída é formada por quadras de esportes, salão de festas, playground e dezoito torres. Em relação ao seu tipo e uso, é classificada como residencial e comercial. O residencial é composto por subsolo, onde encontra-se vagas de garagem e circulações, além de 03 pavimentos tipo, que possuem 04 apartamentos em cada andar, cobertura e reservatório superior.

A edificação foi construída através do sistema estrutural em concreto armado, com o sistema de vedação de paredes em tijolos cerâmicos, revestido por reboco desempenado e tinta acrílica no acabamento das fachadas, conta com a cobertura de laje exposta.

O condomínio apresenta idade de uso sendo entregue aos moradores em duas etapas. Onde a primeira é equivalente a 05 (cinco) anos, e a segunda com a idade média 03 (três) anos.

Figura 12 - Localização da edificação em estudo



Fonte: Google Earth, 2020 (www.googlemaps.com).

Figura 13 - Imagem de identificação do edifício



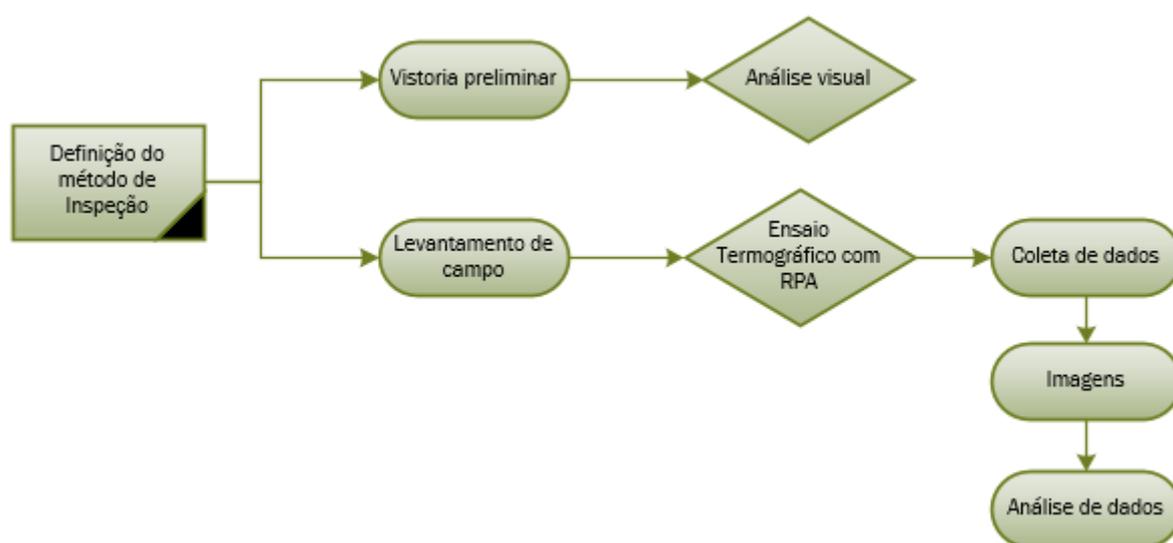
Fonte: Plus Arquitetura, (2013).

### 3.2 PROCEDIMENTO DE PESQUISA

A fim de constatar detalhadamente os resultados, foram realizados procedimentos para aquisição de dados *in loco*. Primeiramente, através de inspeção visual e, posteriormente, a realização de testes de voo com o auxílio de RPA no perímetro do edifício em estudo.

Como instrumento de desenvolvimento desta pesquisa, na Figura 14, é possível observar o organograma definido como estrutura de estudo e os procedimentos adotados para obtenção dos resultados.

Figura 14 - Organograma do método de pesquisa



Fonte: Autores (2020).

#### 3.2.1 Vistoria preliminar

Como análise preliminar do estudo de caso, observou-se detalhamentos relevantes através de inspeção visual *in loco*, que auxiliam no mapeamento e no emprego de análise quantitativa das manifestações patológicas.

Diante disto, com o objetivo de compreender o sistema construtivo, o levantamento de dados é indispensável, contribuindo, assim, para a identificação do estado de conservação de toda edificação.

Para obter resultados significativos, é necessário realizar a coleta dos dados, descrever e classificar os elementos construtivos, contribuindo na caracterização das anomalias. Baseado nestas informações, foi desenvolvida uma ficha de identificação conforme o Quadro 4 como critério de avaliação visual do edifício.

Quadro 4 - Ficha técnica de avaliação dos elementos de inspeção

Código	Identificação das anomalias	Localização da fachada		Elementos da fachada
		NORTE/ SUL	LESTE/ OESTE	
F01	Fissuras no reboco/ pintura			
F02	Deslocamento do revestimento			
F03	Destacamento e empolamento de pintura			
F04	Manchas de umidade			
F05	Manchas de sujeira			
F06	Desagregação			
F07	Eflorescências			
F08	Manchas de bolores			
F09	Deterioração de vedantes			
F10	Infiltração			
F11	Juntas de dilatação danificadas			
F12	Deficiências na impermeabilização			
F13	Empeno nas esquadrias de vedação			
Código	Gravidade	Extensão		Complexidade
	LIGEIRA/MÉDIA GRAVE	LOCALIZADA/MÉDIA EXTENSA/TOTAL		SIMPLES/MÉDIA DIFÍCIL
F01				
F02				
F03				
F04				
F05				
F06				
F07				
F08				
F09				
F10				
F11				
F12				
F13				

Fonte: Autores (2020).

A análise visual é o método utilizado no diagnóstico prévio das anomalias, tendo como observação imprescindível a análise climática da região e do período de estação em que é realizado a ficha de inspeção no trabalho de campo.

Como definição do levantamento visual *in loco*, alguns critérios de inspeção são definidos e consiste numa avaliação detalhada da anomalia detectada. Relacionando os seguintes aspectos quanto:

- a localização evidente da anomalia;
- a caracterização da anomalia;
- ao agente causador;
- as consequências e os riscos evidentes;
- a orientação na realização de soluções frente as manifestações definidas (recomendações curativas).

Diante da análise visual da edificação de estudo, localizada na cidade de Tubarão/SC, a fim de investigar as manifestações patológicas em fachadas sob diversas perspectivas apresentadas, considera-se como resultado esperado ao projeto, a obtenção e a investigação de dados. Estes, são de suma importância e tem como finalidade definir que a prevenção frente as anomalias seja o melhor recurso para um maior tempo de vida útil e desempenho da edificação de modo geral.

### **3.2.2 Levantamento de campo**

Levando em consideração situações climáticas da região onde a edificação está situada, a coleta de imagens através da câmera termográfica tem como funcionalidade identificar por meio de radiação infravermelha a diferença na temperatura nos elementos construtivos nas fachadas nos eixos sul, norte, leste e oeste.

#### **3.2.2.1 Técnica utilizada - Ensaio Termográfico**

Diante da análise visual *in loco* e através das circunstâncias onde a captura visual não alcança, será utilizado como equipamento auxiliar de suma importância o *Drone Mavic 2 interprese dual* fabricado por DJI. Esse instrumento possui uma câmera de alta resolução de imagem em 4000x3000 *pixels*, contendo também uma câmera térmica que tem em sua resolução de 640x360 *pixels*, captando imagens de forma simultânea.

Segundo Bauer *et al.* (2015), em casos onde a captação de imagem pode ser realizada em períodos que possam gerar dificuldades na interpretação dos dados, o instante e a maneira resultam de como o fluxo de calor e sua extensão são obtidos.

Através dos critérios de avaliação definidos, conforme fatores climáticos e diferentes períodos ao longo do dia, são indispensáveis a realização de capturas em situações distintas para melhor entendimento e interpretação dos dados coletados.

Conforme Quadro 5, critérios são definidos para que seja possível garantir eficiência no relato dos resultados.

Quadro 5 - Metodologia de verificação do ensaio térmico

<b>CLASSIFICAÇÃO NO ENSAIO</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>
<b>Bloco de localização no condomínio:</b>	
<b>Fachada (S/N/L/O):</b>	
<b>Data da inspeção:</b>	
<b>Horário da inspeção:</b>	
<b>Características do meio ambiente:</b>	
<b>Característica térmica do material da fachada:</b>	

Fonte: Autores (2020).

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como caracterização do estudo de caso, buscou-se identificar um imóvel onde apresentasse anomalias visuais e não usuais, catalogando as manifestações patológicas a serem detectadas através de um relatório fotográfico, por cores ou texturas.

Além disso, espera-se alcançar o objetivo proposto inicialmente através da investigação *in loco*, com o auxílio de ferramentas específicas e não destrutivas, comparando diretamente a execução dos elementos construtivos com a normatização vigente. Garantindo o uso de novas tecnologias como: RPAS (Drone) e câmera termográfica, aliados na inspeção e verificação de anomalias.

Com o estudo literário, será possível obter a definição de uma investigação visual, dispensando equipamentos, com o intuito de compreender melhor os resultados na coleta de dados com a câmera infravermelha. E, assim, definir soluções técnicas que visam garantir a comunidade e aos moradores da edificação em análise uma maior segurança e conforto.

### 4.1 VISTORIA PRELIMINAR

A fim de mapear as manifestações patológicas existentes para a estruturação da vistoria preliminar, realizou-se um levantamento fotográfico como forma de inspeção dos critérios adotados através de uma análise visual.

Com base nesses parâmetros, as imagens obtidas buscaram auxiliar o mapeamento visual permitindo constatar os problemas detectados nos blocos A e B.

Diante da dificuldade de obter imagens completas devido a extensão horizontal dos blocos em análise, as imagens foram captadas em pontos individualmente onde apresentavam maior número de anomalias, sendo possível constatar no ato da inspeção.

#### 4.1.1 Levantamento das manifestações patológicas com maior incidência

Para melhor entendimento, na inspeção visual, foram sintetizadas, no mapeamento das manifestações patológicas, fichas técnicas nos blocos inspecionados no Quadro 6 e Quadro 7. Usando como auxílio na identificação dos problemas, critérios pré-definidos, que, conforme Pedro *et al.* (2011), estes critérios visam auxiliar nas correções das manifestações patológicas identificadas.

Quadro 6 - Ficha técnica de avaliação dos elementos de inspeção bloco A

<b>Inspeção visual: BLOCO A</b>			
<b>Cód.</b>	<b>Identificação das anomalias</b>	<b>Localização da fachada</b>	<b>Elementos de fachada</b>
		<b>NORTE/SUL LESTE/OESTE</b>	
F01	Fissuras no reboco/ pintura	NORTE/LESTE	REBOCO/PINTURA
F02	Deslocamento do revestimento	NORTE	REBOCO/PINTURA
F03	Destacamento e empolamento de pintura	NORTE/LESTE	REBOCO/PINTURA
F04	Manchas de umidade	SUL/NORTE	REBOCO/PINTURA
F05	Manchas de sujeira	SUL/NORTE	REBOCO/PINTURA
F06	Desagregação	NORTE	REBOCO/PINTURA
F07	Eflorescências		
F08	Manchas de bolores	SUL/NORTE	REBOCO/PINTURA
F09	Deterioração de vedantes	NORTE	
F10	Infiltração	SUL	REBOCO/PINTURA
F11	Juntas de dilatação danificadas	SUL	REBOCO/PINTURA
F12	Deficiências na impermeabilização	S/N/L/O	
F13	Empeno nas esquadrias de vedação		
<b>Cód.</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Extensão</b>	<b>Complexidade</b>
	<b>LIGEIRA/MÉDIA/ GRAVE</b>	<b>LOCALIZADA/MÉDIA/ EXTENSA/TOTAL</b>	<b>SIMPLES/MÉDIA/ DIFÍCIL</b>
F01	MÉDIA	EXTENSA	MÉDIA
F02	LIGEIRA	LOCALIZADA	SIMPLES
F03	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
F04	MÉDIA	MÉDIA	SIMPLES
F05	LIGEIRA	LOCALIZADA	SIMPLES
F06	LIGEIRA	LOCALIZADA	MÉDIA
F07			
F08	LIGEIRA	MÉDIA	SIMPLES
F09	MÉDIA	LOCALIZADA	MÉDIA
F10	MÉDIA	EXTERNSA	MÉDIA
F11			
F12	LIGEIRA	LOCALIZADA	SIMPLES
F13			

Fonte: Autoras (2020).

Quadro 7 - Ficha técnica de avaliação dos elementos de inspeção bloco B

<b>Inspeção visual: BLOCO B</b>			
<b>Cód.</b>	<b>Identificação das anomalias</b>	<b>Localização da fachada</b>	<b>Elementos de fachada</b>
		<b>NORTE/SUL/ LESTE/OESTE</b>	
F01	Fissuras no reboco/ pintura	SUL/LESTE	REBOCO/PINTURA
F02	Deslocamento do revestimento	LESTE/SUL	REBOCO/PINTURA
F03	Destacamento e empolamento de pintura	SUL/LESTE	REBOCO/PINTURA
F04	Manchas de umidade	SUL	REBOCO/PINTURA
F05	Manchas de sujidade	SUL	REBOCO/PINTURA
F06	Desagregação	SUL	REBOCO/PINTURA
F07	Eflorescências		REBOCO/PINTURA
F08	Manchas de bolores	SUL/LESTE	REBOCO/PINTURA
F09	Deterioração de vedantes		
F10	Infiltração	SUL	REBOCO/PINTURA
F11	Juntas de dilatação danificadas		
F12	Deficiências na impermeabilização		
F13	Empeno nas esquadrias de vedação		
<b>Cód.</b>	<b>Gravidade</b>	<b>Extensão</b>	<b>Complexidade</b>
	<b>LIGEIRA/MÉDIA/ GRAVES</b>	<b>LOCALIZADA/MÉDIA/ EXTENSA/TOTAL</b>	<b>SIMPLES/MÉDIA/D IFÍCIL</b>
F01	EXTENSA	EXTENSA	MÉDIA
F02	LIGEIRA	LOCALIZADA	SIMPLES
F03	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
F04	MÉDIA	MÉDIA	SIMPLES
F05	LIGEIRA	LOCALIZADA	SIMPLES
F06	EXTENSA	LOCALIZADA	MÉDIA
F07			
F08	MÉDIA	MÉDIA	SIMPLES
F09	LIGEIRA	LOCALIZADA	MÉDIA
F10	MÉDIA	EXTERNSA	MÉDIA
F11			
F12	MÉDIA		
F13			

Fonte: Autoras (2020).

Observa-se no quadro A e B, que cada manifestação patológica inicialmente identificada, foi atribuída uma causa provável, possibilitando estimar através de fatores de funcionalidade quanto a sua gravidade, extensão e complexidade.

Em ambos os blocos, os danos visíveis foram registrados através da visita à edificação e foi possível observar, com maior incidência e quantidade nas anomalias quanto às fissuras, destacamento e empolamento de pintura, manchas de umidade, manchas de sujeira, desagregação, deterioração de vedantes e infiltrações.

A avaliação referente as anomalias constatadas, possibilitou verificar que, em sua maior parte, há incidência de fissuras correspondentes a um índice de gravidade e extensão média, prejudicando o uso e conforto e afetam áreas limitadas dos elementos construtivos, sendo estas fissuras o causador das demais manifestações patológicas.

Conforme visualizado na inspeção *in loco*, a influência dos fatores climáticos e uma avaliação conjunta das anomalias observadas, possibilitou identificar fissuras ocasionadas através da retração de alvenaria e reboco, ocasionando desagregação, destacamentos, umidade e empolamento da pintura.

Nos quadros 8 e 9, podemos verificar as fachadas em análise de cada um deles, data de inspeção e a média climática no momento da inspeção.

Quadro 8 - Inspeção no Bloco A

<b>CLASSIFICAÇÃO NO ENSAIO</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>
<b>Bloco de localização no condomínio:</b>	Bloco A
<b>Fachada (S/N/L/O):</b>	Norte/Leste
<b>Data da inspeção:</b>	29/08/2020
<b>Horário da inspeção:</b>	11:00 às 13:00 horas
<b>Características do meio ambiente:</b>	Tempo seco
<b>Característica térmica do material da fachada:</b>	Temperatura média de 20°C

Fonte: Autores, (2020).

Quadro 9 - Inspeção no Bloco B

<b>CLASSIFICAÇÃO NO ENSAIO</b>	<b>DADOS COLETADOS</b>
<b>Bloco de localização no condomínio:</b>	Bloco B
<b>Fachada (S/N/L/O):</b>	Sul/Norte/Leste
<b>Data da inspeção:</b>	29/08/2020
<b>Horário da inspeção:</b>	11:00 às 13:00 horas
<b>Características do meio ambiente:</b>	Tempo seco
<b>Característica térmica do material da fachada:</b>	Temperatura média de 20°C

Fonte: Autores, (2020).

Devido a edificação conter maior quantidade de blocos horizontais (Figura 15), buscou-se identificar as anomalias e verificar as variações de temperatura das fachadas quanto à umidade superficial proveniente das condições climáticas da região.

Figura 15 - Imagem panorâmica horizontal



Fonte: Autoras, (2020).

Diante da pesquisa climática, é possível estabelecer valores como referência da temperatura média mensal. Os resultados mostram o mês mais quente, cuja temperatura média em janeiro, atinge a faixa de 24,2°C, podendo em dias mais quentes ao longo deste mês atingir 38°C. E a média em julho, o mês com temperaturas mais baixas, é de 15,7°C, podendo em dias mais frios e com umidade elevada chegar a temperaturas próximo a 0°C.

Na Figura 16, conforme pesquisa realizada pelo site clima-data, apresenta a média mensal de temperatura no ano de 2020 para a cidade de Tubarão/SC, estimando uma média para os próximos meses de novembro e dezembro, referente aos dados obtidos nos anos antecedentes.

Figura 16 - Média climática da cidade de Tubarão/SC

Mês/2020	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Temperatura média	24	23,5	22,5	20,5	17,5	15,5	15	16,5	17,5	19,5	20,5	23
Temperatura mínima	19	19	18	16	13	11	10	11	13	15	16	18
Temperatura máxima	29	28	27	25	22	20	20	22	22	24	25	28
Precipitação média (mm)	5,8	6,2	4,7	3,1	3,2	2,8	2,8	3,4	4,8	4,2	4,3	4,7

Fonte: Adaptado Merkel, 2020 (pt.climate-data.org).

## 4.2 APRESENTAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS COM O AUXÍLIO DE IMAGENS TERMOGRÁFICAS

Conforme o levantamento fotográfico e como forma de evidenciar as anomalias encontradas, utilizou-se um mapeamento através de um programa editor de imagens em cada fachada do edifício analisado.

Figura 17 - Localização dos blocos A e B



Fonte: Adaptado Plus Arquitetura, (2013).

Observa-se, na Figura 17, as fachadas localizadas com orientação para a área central do condomínio. A maior existência de problemas patológicos é encontrada no bloco A, com orientação para o norte – nordeste, com menor incidência ao sul; e no bloco B com orientação da fachada sudeste – leste, com maior ocorrência de agressões dirigidas do sul, sendo mais susceptível à anomalias, recebendo ações diretas de precipitação e variação de temperatura.

Diante destas avaliações, é possível averiguar que as causas de alguns problemas em sua amplitude são conhecidas. Entre estas causas, as anomalias com maior ocorrência estão as fissuras quanto aos aspectos construtivos e a deficiência de ancoragem entre o revestimento sobre sua estrutura e sobre sua alvenaria. Pode-se constatar ainda, problemas decorrentes destas fissuras como: manchas de umidade, destacamento de pintura e infiltrações.

Observou-se também, alguns problemas específicos quanto ao procedimento de execução, sendo eles: falta de pingadeira, falta de selantes nas pingadeiras existentes, impermeabilização e juntas de dilatação seladas.

#### 4.2.1 Análise das manifestações patológicas no Bloco A

A figura 18 apresenta fissuras do tipo mapeada, localizada no hall de entrada do bloco A, onde é possível constatar que estão associadas as variações climáticas, ocasionando fissuras na face do revestimento argamassado e propagando manchas por infiltrações, comprometendo a estanqueidade e aderência à base do substrato.

Figura 18 - Fissura mapeada de origem térmica



Fonte: Autoras, (2020).

Diante de uma visualização ampla, como mostra a Figura 19, pode-se observar pontos específicos e com maior frequência desse tipo de fissura. A avaliação visual juntamente com a captação de imagens termográficas, foi realizada em período climático seco, próximo das 12 horas com incidência solar alta.

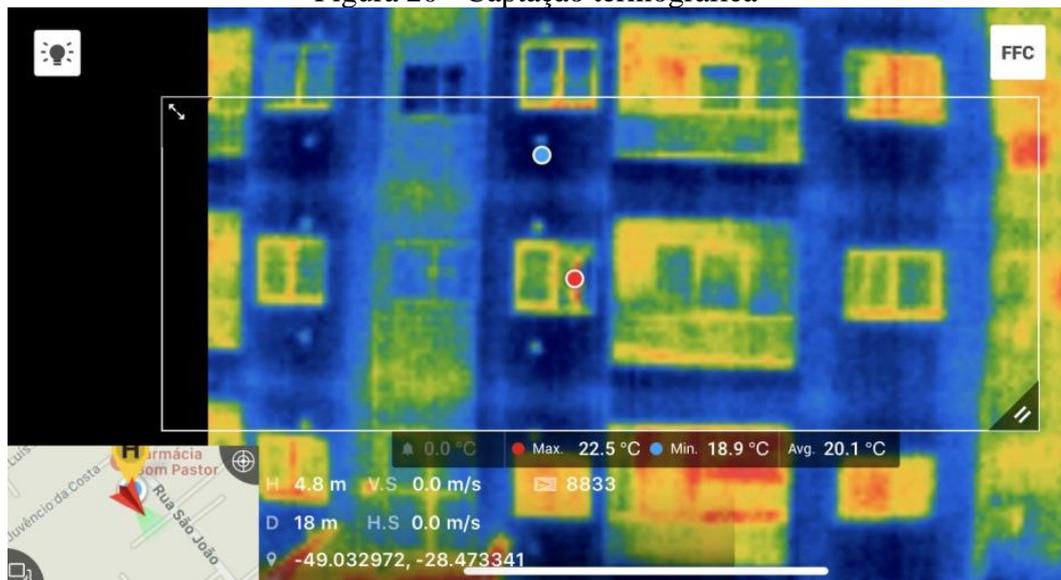
Figura 19 - Fachada Norte - Bloco A



Fonte: Autoras, (2020).

Pode ser visualizada na Figura 20, de forma detalhada através de análises obtidas pelo termograma, a grande diferença de temperatura (máximo 22,5°C, mínimo 18,9°C) e maior variação de cores, sendo possível averiguar que a fissura encontrada é considerada mapeada, estando diretamente vinculado pela variação térmica e de umidade, retração de secagem da argamassa ou até mesmo a processos construtivos.

Figura 20 - Captação termográfica



Fonte: Autoras, (2020).

A Norma NBR 7200 (ABNT,1998), define o tempo ideal que deve ser respeitado entre as camadas de cada material, auxiliando para que manifestações patológicas do tipo de fissuração mapeada decorrente da retração de secagem seja evitado.

As fissuras ainda podem ocorrer por perda de umidade no início de cura do material argamassado, ocasionando o aparecimento de tensões internas de tração, que se amenizam através da abertura de fissuras.

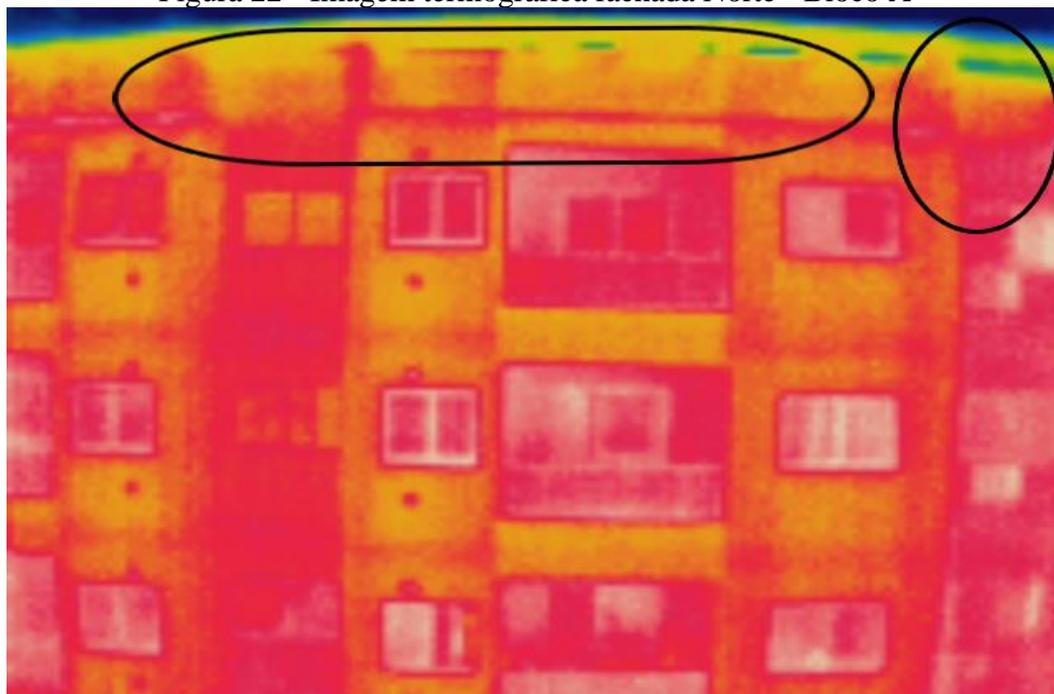
Neste mesmo bloco, com orientação ao norte, é possível averiguar a deficiência na pingadeira de cobertura e a inexistência de pingadeira na platibanda, ocasionando infiltração, manchas por umidade e empolamento da pintura, apresentadas abaixo.

Figura 21 - Fachada Norte Bloco A



Fonte: Autoras, (2020).

Figura 22 - Imagem termográfica fachada Norte - Bloco A



Fonte: Autoras, (2020).

Na realização da vistoria, a figura 21 apresenta uma imagem das manifestações patológicas, permitindo definir, de maneira minuciosa, que as fachadas estão expostas em diferentes graus de umidade e variações de temperatura.

Além dos elementos identificados anteriormente, a figura obtida através da câmera termográfica, possibilitou a análise de pontos específicos, como manchas na platibanda, apresentando diferença na temperatura, constatado através da instabilidade de cores. Além disso, foi possível identificar que as manchas são decorrentes da falta de materiais específicos como: inexistência de pingadeira, impermeabilização e estanqueidade na superfície da platibanda.

Ainda nesta mesma fachada, apresentado na Figura 23, é possível identificar fissuras na junta de dilatação verticais, executadas de maneira ineficiente entre os blocos, observando a ausência de masticagem na junção entre diferentes elementos. Tendo como consequência a ocorrência de infiltrações na edificação.

A Norma NBR 6118 (ABNT, 2003) define detalhamento que assegura a durabilidade da estrutura quanto a drenagem de estruturas de concreto, sendo expressa da seguinte forma:

7.2.3 Todas as juntas de movimento ou de dilatação, em superfícies sujeitas à ação de água, devem ser convenientemente seladas, de forma a torná-las estanques à passagem (percolação) de água. 7.2.4 Todos os topos de platibandas e paredes devem ser protegidos por chapins. Todos os beirais devem ter pingadeiras e os encontros a diferentes níveis devem ser protegidos por rufos.

Assim como a Norma NBR 13755 (ABNT, 2017), que estabelece diretrizes e orientações de espessuras e posições de execução das juntas de movimentação.

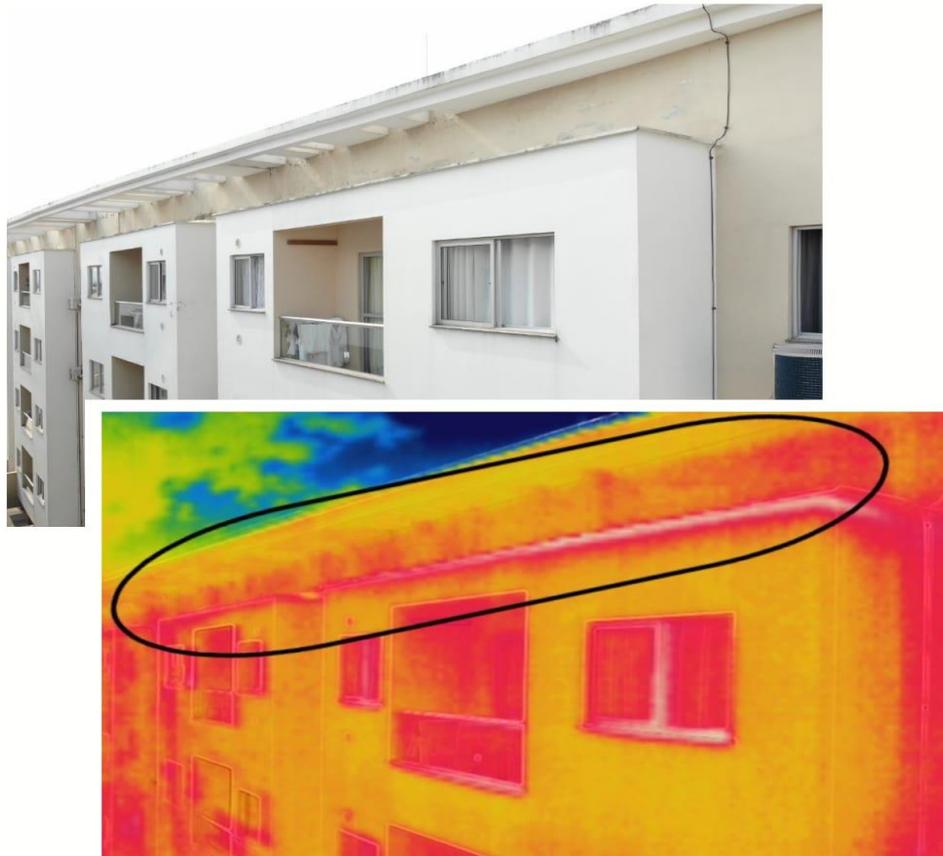
Figura 23 - Fissuras localizadas e manchas



Fonte: Autoras, (2020).

É possível constatar na fachada norte do Bloco, outros fatores que intervêm na ação das manifestações comprometendo a resistência final dos elementos construtivos como: parede de alvenaria e argamassa de assentamento, devido aos esforços de compressão, interferindo na resistência mecânica.

Figura 24 - Imagem com comprovação termográfica de anomalias



Fonte: Autoras, (2020).

#### 4.2.2 Análise das manifestações patológicas no Bloco B

Em relação a fachada sul do Bloco B, observou-se a existência de fissuras mapeadas em maior quantidade, conforme apresentada na Figura 25. Destaca-se, mediante análise climática da região de Tubarão/SC, que a fachada sul tem um comportamento superficial com níveis baixos de temperatura, principalmente em períodos úmidos, onde a incidência de chuva dirigida é maior que nos períodos secos. Por outro lado, o índice de fissuração na “fachada cega” ao sul, tem um comportamento diferente das demais fachadas apresentando uma quantidade de fissuras e anomalias nesta superfície.

Figura 25 - Fachada sul do Bloco B



Fonte: Autoras, (2020).

Observou-se ainda que as maiores manifestações patológicas superficiais estão alocadas sobre as áreas com maior variação de temperatura superficial. Neste sentido, a umidade decorrente das chuvas dirigidas e umidade relativa do ar, assim como irradiação solar nos períodos com maior temperatura, tem uma ação como agente causador de anomalias que remetem a degradação e fissuras por meio de expansão e retração dos materiais.

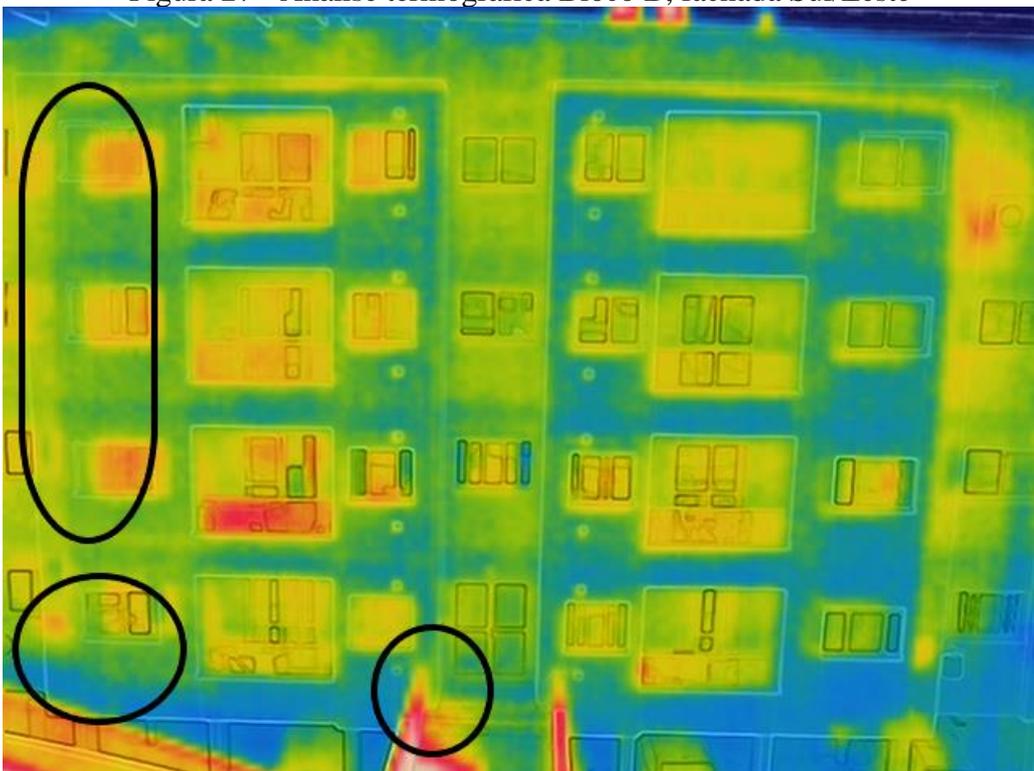
Nas fachadas Sul, as chuvas dirigidas, onde tem interferência direta de ventos aliados com alto índice de umidade, tem problemas acentuados de manchamentos e problemas higroscópicos. Tendo como principal característica os materiais da superfície que absorvem umidade, estando sujeitos a variações em seu volume, ocasionando o aparecimento de fissuras caso não haja juntas de dilatação entre os elementos, apresentados na figura 26 e 27.

Figura 26 - Fissura e degradação dos materiais



Fonte: Autoras (2020).

Figura 27 - Análise termográfica Bloco B, fachada Sul/Leste



Fonte: Autoras, (2020).

### **4.2.3 Métodos de inspeção e prevenção das manifestações patológicas em fachadas**

No processo construtivo, cada edificação tem suas particularidades diretamente relacionadas aos projetos, a região de onde serão implantadas, as cores e formas arquitetônicas definidas. Estas escolhas, afetam diretamente a edificação quando não definidas corretamente. No âmbito onde a Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece critérios de execução, materiais e manutenção, as construções das edificações, de modo geral, devem seguir minuciosamente as normativas vigentes.

Novas tecnologias visam auxiliar no processo de inspeção e manutenibilidade de anomalias, mas cabe o engenheiro especialista em revestimento e engenharia diagnósticas avaliar o comportamento hidrotérmico e comparar os resultados obtidos de termografia com este comportamento.

A partir disso, o procedimento mais adequado para recuperação dos problemas patológicos, inicialmente é a quantificação dos agentes causadores diretamente relacionados com a degradação dos elementos construtivos, visto que os edifícios da região possuem uma variedade de elementos e de revestimentos em fachada.

É importante destacar que no período úmido, as fachadas recebem uma média de 80% de precipitação, onde os volumes diários de precipitação são menores, porém, constantes no decorrer do mês.

## 5 CONCLUSÃO

A avaliação dos edifícios em estudo referente à superfície das fachadas, possibilitou a observação e constatação de anomalias a fim de identificar as possíveis causas, estabelecendo critérios de análise com métodos usuais não destrutivos e indicar as origens das manifestações patológicas encontradas.

Com base nas análises realizadas pode-se destacar que, a falta de inspeção e a grande variação climática aliados com o uso de produtos de baixa qualidade e um cronograma de obra com prazos curtos, fazem com que as construções, de modo geral, se tornem mais propensas ao aparecimento de problemas patológicos. Desta forma, as edificações com poucos anos de uso começam a mostrar com frequência os seus defeitos e falhas de execução.

Os problemas relacionados com a incidência de chuva dirigida e a irradiação solar direta em determinados períodos do ano, favorecem o surgimento de manifestações patológicas, tendo com maior frequência o aparecimento de fissuras, machas de umidade, sujidade e empolamento na pintura.

Os resultados apresentaram que o aumento ou diminuição da umidade relativa (UR) do ambiente, bem como a incidência da chuva dirigida e as anomalias mais críticas, ocorreram durante o período climático úmido, sobretudo para as orientações Sul – Norte, intensificando nos períodos mais quentes, onde há dilatação e retração dos elementos construtivos em virtude da grande variação de temperatura ao longo do dia. As variações de temperatura foram classificadas nas orientações Norte, Oeste, Leste e Sul.

A maneira como as anomalias das superfícies das fachadas se manifestam, podem ser identificadas com a termografia infravermelha. As fissuras com maior visibilidade, apresentam variações de cores através de sua intensidade do fluxo de cor, sendo quentes ou frias, dependendo diretamente da condição climática no ato da inspeção.

Os resultados mostraram que, de acordo com as imagens obtidas através do método tradicional (fotos de celular), as manifestações patológicas foram evidenciadas com maior definição mediante a câmera termográfica com o auxílio do drone. Levando em consideração as anomalias superficiais constatadas visualmente, comprovou-se que os resultados obtidos mostram a capacidade da câmera termográfica para obtenção de dados.

Com base nos estudos realizados, sugere-se como trabalho futuro o desenvolvimento de um cronograma físico-financeiro, para a restauração dos materiais em degradação, e definir o melhor método de correção.

## REFERÊNCIAS

ALTOÉ, Leandra; FILHO, Delly Oliveira. Termografia infravermelha aplicada à inspeção de edifícios. **Acta Tecnológica**. Viçosa, v. 7, n. 1, p. 55-59, 2012. Disponível em: <<http://portalperiodicos.ifma.edu.br/>> Acesso em: 8 jul.2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1996. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Revestimento cerâmico de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, Inspeção e aceitação - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2017. 57 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:2013**: Edificações habitacionais - Desempenho. 4 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16292**: Ensaio não destrutivo — Termografia — Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747**: Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2020. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2003**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200:1998**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas – Procedimento - Rio de Janeiro: Abnt, 1998.

BAUER, E.; ALVES, N. (Org.); SOUZA, J. G. G. (Org.); PEREIRA, C. H. A. (Org.); LARA, P. L. O. (Org.); PAES, I. L. (Org.); GONCALVES, S. R. C. (Org.); RAMOS, D. (Org.); SANTOS, C. N. (Org.). **Argamassas de revestimento - características e peculiaridades**. 1. ed. Brasília: SINDUSCON-DF/LEM-UnB, 2005. v. 1. 92p.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M. N. B. **Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília**. Cerâmica, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 151-159, jun. 2015.

BAUER, E.; PAVON, E.; HILDENBERG, A. **Erros na utilização de parâmetros termográficos da argamassa e da cerâmica na detecção de anomalias em revestimentos**. XI Simpósio Brasileiro de tecnologia das Argamassas. Porto Alegre: SBTA, 2015.

BAUER, Elton et al. **Crítérios para aplicação da termografia de infravermelho passiva como técnica auxiliar ao diagnóstico de patologias em fachadas de edifícios**. In: I° ENCONTRO LUSO-BRASILEIRO DE DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, 1., Brasília, 2014. p. 619-630.

BAUER, Elton et al. **Patologias mais Correntes nas Fachadas de Edifícios em Brasília**. In: 3º. CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO. APFAC. Lisboa, 2010.

BAUER, Elton et al. **Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios: inspeção e manutenção**.: Inspeção e manutenção. Concreto e Construções, Brasília, v. 79, p. 93-98, jan. 2015.

BAUER, L.a. Falcão. **Materiais de Construção 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 538 p.  
BEDIN, Carla. **ESTRATÉGIAS PARA INSPEÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE FACHADAS COM USO DE RPAs E LASER SCANNER**. 2019. 122 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Previsão Climática**, Disponível em: <<http://clima.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2020.

CORREIA, Ricardo José de Souza. **Reabilitação de fachadas de edifícios de habitação social com recurso à análise termográfica**. 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e do Ambiente, Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana Castelo, Portugal, 2017.

CUNHA, Letícia Shirozaki. **Avaliação de Edificações com a utilização da Termografia como ensaio não destrutivo**. 2016. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Uniceub - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2016.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009.

FRANÇA, Alessandra A. V. et al. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. Revista Techne - Pini, v. 174, p. 01-10, set. 2011. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

FREITAS, Juliana Gomes de et al. Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura: Ambiente Construído. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p.57-73, jan. 2014.

FREITAS, Juliana Gomes. **A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA DURABILIDADE DOS REVESTIMENTOS DE FACHADA: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE GOIÂNIA-GO**. 2012. 195f. Dissertação (Pós-Graduação) – Curso de Geotecnia, Estruturas e construção civil., - Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL NACIONAL 2012**. São Paulo: Ibape, 2012. 18 p

LAFÉ, Elier Pavón de. **CRITÉRIOS E PADRÕES DE COMPORTAMENTO PARA AVALIAÇÃO DE DESCOLAMENTOS CERÂMICOS COM TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO**. 2017. 250 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Tecnologia.,

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental., Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF, 2017.

MENEZES, R. R. et al. Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção - revisão. **Cerâmica: Associação Brasileira de Cerâmica**. São Paulo, p. 37-49. mar. 2006.

MERKEL, Am Online Projects - Alexander. **DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 22 out. 2020.

MONTEIRO, Maurici Amantino. Característica climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v.16, n.31, p.69-78, jun/2001.

PARENTE, Lawton. **Engeterra Diagnóstica: problema na fachada - "a cerâmica caiu limpa"**. Problema na Fachada - "A cerâmica caiu limpa". 2017. Disponível em: <http://lawtonparente.blogspot.com/2017/12/problema-na-fachada-ceramica-caiu-limpa.html>. Acesso em: 22 dez. 2017.

PEDRO, João Branco et al. **Método de avaliação das necessidades de reabilitação. Desenvolvimento e aplicação experimental**. Engenharia Civil • Um, Lisboa, Portugal, v. 1, n. 39, p. 5-21, jan. 2011.

RIBEIRO, Fabiana Andrade; BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura de. **Juntas de Movimentação em Revestimento Cerâmicos de Fachadas**. São Paulo: Pini, 2010.

RODRIGUES, Beatriz Faria; ANDRAD, Renan Pereira; MARANHÃO, Flávio Leal. USO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA DETECÇÃO DE DESCOLAMENTO EM SISTEMAS DE REVESTIMENTOS ADERIDOS COM CÂMERAS DE BAIXA RESOLUÇÃO TÉRMICA. **Técnico-científica do Crea-PR**, Curitiba, p. 1-14, set. 2019.

SANTOS, Danilo Gonçalves dos. **ESTUDO DA VIDA ÚTIL E DEGRADAÇÃO DE FACHADAS EM ARGAMASSA A PARTIR DA INSPEÇÃO DE EDIFÍCIOS**. 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF, 2018.

SANTOS, Mayara Jordana Barros Oliveira. **CATALOGAÇÃO DE PATOLOGIAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS DE BRASÍLIA**. 2017. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental., – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, Distrito Federal, 2017.

SANTOS, Pedro Henrique Coelho; SILVA FILHO, Antônio Freitas. **Eflorescência: causas e consequências**. Salvador, 2008.

SANTOS, Silmara Silva dos. **PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES**. Revista Online Ipeg. ESPECIALIZE, Goiânia, v. 1, n. 7, p. 1-14, 09 out 2013.

SENA, Gildeon Oliveira de; NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins; NABUT NETO, Abdala Carim; LIMA, Natália Maria. **Patologia das construções**. Salvador: 2B, 2020. 256 p.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. São Paulo: Pini, 1998. 262 p.

TINOCO, Jorge Eduardo Lucena. Mapa de Danos - **Recomendações Básicas: Gestão de Restauro**. Ceci, Olinda, v. 43, n. 2, p.01-43, jan. 2009.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989. 194 p.