

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

DARIELLE JACQUES PAVANELO

**AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS DA
UNIPAMPA CAMPUS ALEGRETE UTILIZANDO A TERMOGRAFIA
INFRATERMELHA**

Alegrete

2017

DARIELLE JACQUES PAVANELO

**AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS DA
UNIPAMPA CAMPUS ALEGRETE UTILIZANDO A TERMOGRAFIA
INFRAVERMELHA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Aldo Leonel Temp

Alegrete

2017

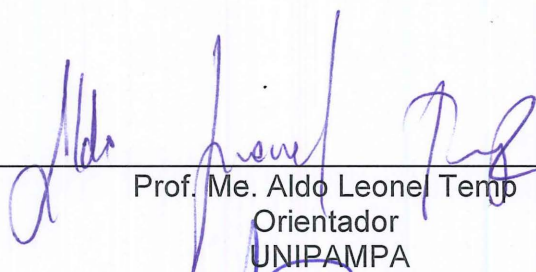
DARIELLE JACQUES PAVANELO

**AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS DA
UNIPAMPA CAMPUS ALEGRETE UTILIZANDO A TERMOGRAFIA
INFRAVERMELHA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 29 de Novembro, 2017.

Banca examinadora:



Prof. Me. Aldo Leone Temp
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Me. Alisson Simonetti Milani
UNIPAMPA



Eng. Me. Marcelo de Jesus Dias de Oliveira
UNIPAMPA

RESUMO

As manifestações patológicas ocasionam-se a partir de algum erro cometido em alguma fase do processo de construção, para fachadas externas que estão expostas à ação de agentes agressivos, isto se torna ainda mais propício ao aparecimento dessas anomalias. Com isso, este trabalho tem como objetivo fazer um levantamento das manifestações patológicas das fachadas externas localizadas na Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete/ RS, sendo selecionadas 4 (quatro) fachadas levando em consideração a sua posição solar. Foram feitos levantamentos fotográficos utilizando uma câmera convencional, e além disso, utilizou-se da técnica da termografia digital para identificar anomalias patológicas ocultas, que se trata de uma técnica não destrutiva para avaliação de problemas na edificação. A metodologia sugerida consiste em identificar, quantificar e classificar as diversas patologias existentes, procurando entender o motivo do aparecimento dessas anomalias. Com os resultados obtidos, pode-se concluir que as patologias mais recorrentes nesse tipo de estrutura são: fissuras (principalmente horizontais, verticais e mapeadas), manchas causadas pela umidade, eflorescências e desagregação da pintura.

Palavras-Chave: Manifestações patológicas, fachadas, termografia, patologia.

ABSTRACT

The pathological manifestations arise from some mistake made in some phase of the construction process, for external facades that are exposed to the action of aggressive agents this becomes even more propitious to the appearance of these anomalies. The objective of this work was to survey the pathological manifestations of the external façades located at the Federal University of Pampa, Alegrete / RS campus. Four (4) facades were selected taking into account their solar position. Photographic surveys were done using a conventional camera, and in addition, digital thermography was used to identify occult pathological anomalies, which is a non-destructive technique to evaluate building problems. The suggested methodology consists in identifying, quantifying and classifying the various existing pathologies, trying to understand the reason for the appearance of these anomalies. With the obtained results, it can be concluded that the most recurrent pathologies in this type of structure are: fissures (mainly horizontal, vertical and mapped), spots caused by humidity, efflorescence and disintegration of the paint.

Keywords: Pathological manifestations, facades, thermography, pathology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes do sistema de revestimento	16
Figura 2 - Manifestações patológicas.....	21
Figura 3 - Distribuição das manifestações patológicas encontradas pelo método de incidência em planos de fachada originais.....	23
Figura 4 - Descolamento	25
Figura 5 - Fissuras Horizontais.....	26
Figura 6 - Fissuras Verticais.....	26
Figura 7 - Fissuras mapeadas.....	27
Figura 8 - Manchamento	28
Figura 9 - Desplacamento	29
Figura 10 - Junta de Movimentação	30
Figura 11 - Junta de dessolidarização.....	30
Figura 12 - Falha nas Juntas.....	31
Figura 13 - Desagregação da pintura.....	32
Figura 14 - Eflorescências.....	33
Figura 15 - Imagem termográfica infravermelha comparada com imagem digital.....	34
Figura 16 - Espectro eletromagnético	35
Figura 17 - Técnica de termografia passiva	36
Figura 18 - Estudo de caso utilizando a termografia	39
Figura 19 – Imagem por termografia infravermelha	39
Figura 20 - Análise de fachadas com a utilização de termografia	40
Figura 21 - Análise termográfica em fachadas	41
Figura 22 - Resultados obtidos a partir da utilização da termografia.....	42
Figura 23 - Fluxograma da metodologia empregada neste estudo	43
Figura 24 – Imagem aérea retirada do Google Earth Pro.	46
Figura 25 - Corte das fachadas em estudo	47
Figura 26 - Posição solar de cada fachada	48
Figura 27 - Fachada 1	49
Figura 28 - Manchas de Umidade	50
Figura 29 - Fissuras mapeadas.....	50
Figura 30 - Manifestações patológicas da Fachada 1	51
Figura 31 - Imagem termográfica da Fachada 1	52

Figura 32 - Pontos de umidade	53
Figura 33 - Mapa de incidência da Fachada 1	55
Figura 34 - Porcentagem de degradação da fachada	56
Figura 35 - Fachada 2	57
Figura 36 - Patologias encontradas na Fachada 2.....	58
Figura 37 - Imagem termográfica da Fachada 2	59
Figura 38 - Imagem termográfica aproximada.....	61
Figura 39 - Mapa de incidência de danos na Fachada 2.....	63
Figura 40 - Fachada 3	64
Figura 41 - Imagem aproximada do topo da fachada.....	65
Figura 42 – Imagem aproximada da base da fachada	65
Figura 43 - Imagem termográfica da base da Fachada 3.....	66
Figura 44 - Imagem termográfica no topo da Fachada 3	67
Figura 45- Imagem Termográfica da Fachada 3	68
Figura 46 - Mapa de incidência da Fachada 3	69
Figura 47 - Porcentagem de manifestações patológicas na estrutura.....	70
Figura 48 - Fachada 4	71
Figura 49 - Canto inferior direito da fachada	72
Figura 50 - Canto inferior esquerdo da fachada	72
Figura 51 - Comparação entre imagem convencional e imagem termográfica	73
Figura 52 - Extremidade superior esquerda da fachada	74
Figura 53 - Mapa de incidência da Fachada 4	76
Figura 54 - Porcentagem das manifestações patológicas na fachada	77
Figura 55 - Porcentagem total das manifestações patológicas nas fachadas	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperatura encontrada na figura 31	52
Tabela 2 - Área de incidência.....	56
Tabela 3 - Temperatura encontrada em cada ponto	59
Tabela 4 - Área de incidência.....	63
Tabela 5 - Temperatura encontrada em cada ponto	66
Tabela 6 - Área de incidência.....	70
Tabela 7 - Temperatura dos pontos descritos na figura 50	73
Tabela 8 - Área de incidência.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Origem das falhas em outros países	22
Quadro 2 – Variação da energia em termografia ativa.....	37
Quadro 3 –Nomenclatura, posição solar e localização de cada fachada estudada	43
Quadro 4 – Resumo das manifestações patológicas encontradas e seu respectivo diagnóstico.....	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Revestimento de fachadas	15
2.1.1 Revestimento argamassado.....	15
2.1.1.1 Tipos de Argamassas	17
2.1.2 Revestimento Cerâmico.....	18
2.2 Manifestações patológicas.....	18
2.2.2 Origens e causas das manifestações patológicas.....	19
2.2.3 Principais manifestações patológicas de revestimento de fachadas.....	20
2.2.3.1 Descolamentos	24
2.2.3.2 Fissuras.....	25
2.2.3.3 Manchamento	27
2.2.3.4 Desplacamento.....	28
2.2.3.5 Falhas nas juntas	29
2.2.3.6 Desagregação.....	31
2.2.3.7 Eflorescências	32
2.4 Noções básicas de termografia	34
2.4.1 Técnicas de termografia digital;	36
3 METODOLOGIA	43
3.1 Coleta de Dados	44
3.2 Tratamento dos Dados.....	44
3.3 Diagnóstico.....	44

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1 Descrição do equipamento.....	45
4.2 Coleta de dados.....	45
4.3 Tratamento de dados e diagnóstico	48
4.4 Análise global dos resultados	77
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	80
REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da construção civil, cada vez mais estão sendo buscadas novas técnicas construtivas que acelerem a produção, bem como existe a demanda por materiais que atendam às necessidades impostas para manter a qualidade nas edificações.

Com o anseio de se construir rapidamente e com economia, acaba-se deixando de lado algumas etapas construtivas que podem vir a acarretar manifestações patológicas com o passar do tempo.

Estudos realizados em fachadas mostram que as principais manifestações patológicas encontradas são: fissuras e trincas (CARVALHO; PICANÇO; MACEDO, 2014), eflorescências (ROSCOE, 2008), manchas, descolamentos (BAUER; SILVA; ZANONI, 2015), entre outros.

As anomalias desenvolvidas em fachadas são um exemplo claro da falta de controle nestas etapas. Isto faz com que as fachadas não satisfaçam o seu desempenho com propriedade.

Por isso, torna-se necessário à inspeção, identificação e quantificação das manifestações patológicas, podendo ser realizada por meio de ensaios destrutivos e/ou não destrutivos, na qual busca-se encontrar um método de reparo satisfatório.

A termografia infravermelha consiste em um método não destrutivo, onde é feito a captura de imagens térmicas, com diferentes colorações, que indicam a temperatura dos objetos estudados.

Essa técnica é utilizada em vários países, porém, no Brasil ainda é pouco difundida, e vem sendo estudada por alguns autores, como: Pedra (2012), Bauer (2013), Carasek (2013), Leal (2013), Pavón (2015), entre outros.

Diante do exposto, este trabalho aborda a coleta de imagens térmicas utilizando a câmera termográfica, compreendendo as manifestações patológicas presentes nas fachadas da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na realização de uma inspeção, identificação e quantificação das patologias mais frequentes em quatro fachadas selecionadas nos edifícios localizados na Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Executar um levantamento de manifestações patológicas em algumas edificações da Unipampa, Campus Alegrete;
- Identificar os mecanismos de degradação presente no surgimento das anomalias em sistemas de revestimentos de fachadas;
- Identificar as anomalias com o auxílio da técnica de termografia.

1.2 Justificativa

Junto com o crescimento acelerado na construção civil, vem a busca por produzir mais e em menos tempo. Tal aceleração no prazo de execução faz com que ocorram falhas nas fases de projeto e execução.

Com isso acaba-se desenvolvendo inúmeras manifestações patológicas, diante disso, existe a necessidade de se executar estudos que visem a compreender os motivos que acarretam no surgimento dessas.

Sabendo disso, este trabalho busca analisar com o auxílio da termografia as principais anomalias encontradas nas fachadas das edificações da Universidade Federal do Pampa na cidade de Alegrete/RS. O que possibilitará também a intervenção de profissionais capacitados para a realização da restauração destas fachadas.

1.3 Estrutura do trabalho

O capítulo 1 corresponde a introdução sobre o assunto a ser desenvolvido neste trabalho, demonstrando a contextualização do tema e do problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa para abordagem do tema escolhido.

O capítulo 2 apresenta uma fundamentação teórica buscando uma forma de tratar conceitos importantes para um melhor entendimento do tema tratado,

abordando sobre revestimentos de fachadas, manifestações patológicas e a utilização da termografia.

No capítulo 3 será abordada a metodologia para o desenvolvimento do trabalho, bem como as atividades previstas para a obtenção dos objetivos propostos neste trabalho.

No capítulo 4 será apresentado os resultados encontrados nesta pesquisa.

E por fim, no capítulo 5, serão feitas as considerações finais sobre o trabalho estudado, e sugestões para trabalhos futuros.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Revestimento de fachadas

O revestimento da fachada consiste no primeiro elemento a ser observado em uma edificação, por isso deve ser dada grande importância na hora da execução do mesmo, pois esse irá definir toda a proteção e estética da obra.

Para Carvalho (2015), o conceito de fachadas refere-se a cada uma das faces de qualquer construção, sendo a fachada principal a da frente e as demais, fachada posterior e fachadas laterais.

De acordo com a NBR 13755 (ABNT, 1996), o revestimento externo consiste em um conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura suporte, alvenarias, camadas de argamassa e o revestimento final. Este revestimento tem a função de proteger a edificação da ação da chuva, umidade, desgaste mecânico oriundo da ação do vento e partículas sólidas, bem como promover um acabamento estético.

Existem no ramo da construção civil inúmeros tipos de revestimentos de fachadas, como por exemplo revestimentos argamassados, cerâmicos, pétreos, entre outros. Contudo, mesmo havendo essa gama de possibilidades os mais utilizados ainda continuam sendo o revestimento argamassado e o cerâmico.

2.1.1 Revestimento argamassado

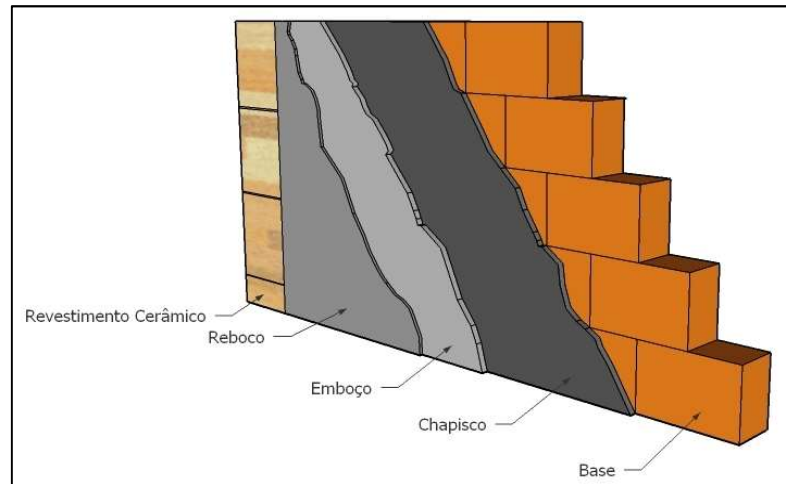
O revestimento argamassado nada mais é do que a aplicação de argamassas sob as alvenarias, que tem o intuito de regularizar e uniformizar superfícies. Para revestimentos externos, o objetivo é atuar como uma camada de proteção contra as intempéries, auxiliando as vedações a cumprir sua função, e fornecendo estética e acabamento a fachada (BAÍÁ; SABBATINI; 2008).

O sistema de revestimento pode ser entendido como um conjunto de subsistemas, com a finalidade de proteger a alvenaria, regularizar as superfícies, promover estanqueidade e também dar acabamento estético, já que se trata de um elemento de acabamento final (BAUER, 2008).

Tradicionalmente se utiliza a técnica de no mínimo três camadas superpostas, contínuas e uniformes, mostradas na Figura 1. A primeira camada é conhecida como chapisco, em sequência encontra-se o emboço (massa grossa), o reboco (massa fina)

e, por fim, o acabamento final. Entretanto, também existe a monocapa, que se trata de uma única camada protegendo o substrato.

Figura 1 – Componentes do sistema de revestimento



Fonte: Adaptado de Bauer (1994) apud Carvalho (2016)

A base que recebe o sistema de revestimento é conhecida como substrato, que é uma superfície plana, totalmente nivelada e no prumo, podendo ser essa de concreto, alvenaria, ou outros materiais (ANTUNES, 2010). Para cada tipo de substrato é preciso tomar cuidado na aplicação do revestimento, para que esse atenda o desempenho ao qual foi requerido.

O chapisco consiste em uma argamassa básica de cimento e areia grossa, bastante fluída, que tem por finalidade uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência ao substrato, facilitando a posterior fixação de outro elemento (CASAREK, 2007).

A argamassa de regularização é chamada de emboço, que produz uma superfície plana destinada a corrigir pequenas irregularidades, prumos e alinhamentos. Pode ser constituído de uma argamassa de cal e areia ou cimento, cal e areia, o traço dependerá do tipo de acabamento empregado (AZEREDO, 1987).

O reboco é uma argamassa básica de cal e areia fina, que tem o objetivo de preparar a superfície, deixando-a com aspecto agradável, acetinado e com pouca porosidade, podendo ser utilizado como camada final ou preparação para receber outro elemento decorativo (FIORITO, 2009).

Já a camada única, ou monocapa, é aplicada diretamente no substrato e tem a função de substituir a utilização do emboço e do reboco, podendo receber uma película de tinta como acabamento final (ANTUNES, 2010).

2.1.1.1 Tipos de Argamassas

Na construção civil o emprego de argamassas é de extrema relevância devido a responsabilidade que essa desempenha em inúmeras funções, tais como: ligar elementos, proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação de agentes naturais e regularizar a superfície.

Existem inúmeras formas de se classificar as argamassas, por exemplo, quanto: à natureza do aglomerante, ao tipo de aglomerante, ao número de aglomerantes, à consistência, à plasticidade, à densidade de massa e à forma de preparo ou fornecimento (CARASEK, 2007).

Como este trabalho aborda a análise de patologias em fachadas, será discutido os tipos de argamassas mais utilizados para revestimentos externos, buscando-se apresentar o conhecimento da finalidade de cada tipo de argamassa.

Azeredo (1987) traz a explicação dos seguintes tipos de argamassas:

- **Argamassa de aderência:** é utilizada para se obter aspereza em superfícies lisas (concreto, cerâmicas, tijolos laminados, tijolos prensados, etc.) e praticamente sem poros, dando o suporte para receber outro tipo de argamassa. Esta argamassa é bastante fluída, não sendo necessária a umidificação da superfície, pois essa é jogada com uma certa velocidade, para que haja impacto afim de dar maior aderência e aspereza.

- **Argamassa de junta:** tem a finalidade de unir elementos construtivos, buscando amenizar choques e micro movimentos evitando as tensões causadas por esses. Trata-se de uma argamassa de fácil manuseio, de moderada plasticidade e que não é escorregadia, sem influência de agente mecânico.

- **Argamassa de regularização:** deve atuar como uma capa de chuva, evitando a infiltração e a penetração de águas, sem impedir a ação capilar que transporta a umidade de material da alvenaria para a superfície exterior. Outro encargo dessa argamassa é a padronização da superfície retirando todas as imperfeições de prumo e alinhamentos, bem como sobras de massas e irregularidades de tijolos.

- **Argamassa de acabamento:** o aspecto completamente liso e regular é procurado com a sua aplicação, buscando-se apresentar uma superfície com pouca porosidade e de pequena espessura. Este tipo de argamassa é encontrado em firmas especializadas, não sendo necessário a fabricação no canteiro de obras.

- **Argamassas especiais:** são aquelas industrializadas, onde cada firma possui sua patente de preparo. Esse tipo de argamassa possui um acervo imenso de traços para cada recomendação de aplicação.

- **Argamassa colante:** fornece aderência entre a peça cerâmica e o substrato, buscando a capacidade de absorver as deformações naturais a que o revestimento é imposto (CARASEK, 2007).

2.1.2 Revestimento Cerâmico

A cerâmica se tornou um dos revestimentos mais usados na construção civil, pois existe uma gama de possibilidades de aplicação, alta durabilidade e variedade de ilustrações. Além das vantagens de ser um material durável, de fácil limpeza, protege os elementos de vedação e é isolante térmico e acústico (SILVA et al., 2015).

Porém, para que este tipo de revestimento atenda a essas vantagens é necessário o planejamento e a escolha correta do material, levando em consideração a indicação adequada para cada tipo de ambiente onde a peça será utilizada (CEOTTO et al., 2005). Isso afetará na resistência a abrasão, no nível de absorção de água, no coeficiente de atrito, no aspecto superficial, etc.

Outro fator que deve ser levado em conta é a forma de fixação utilizada para este revestimento, no qual é feito com a utilização de argamassa colante e rejunte, devendo receber uma grande atenção na execução para que não ocorra deslocamentos (CAMPANTE; BAÍA, 2008).

Com isso, o investimento final do revestimento cerâmico acaba se tornando compatível com os benefícios causados por ele e, ainda, é considerado esteticamente atraente por possuir os mais variados e modernos designs (ANJOS, 2016).

2.2 Manifestações patológicas

A patologia nas construções trata-se de um defeito que prejudica o desempenho e também acaba tornando não atraente a edificação. Da mesma forma que na medicina busca-se tratar as doenças para que elas não evoluam e não acabem

trazendo problemas mais graves, como o colapso da edificação. Essas enfermidades podem ser classificadas em:

- **Congênitas:** são aquelas que nascem junto com a estrutura.
- **Adquiridas:** desenvolvem-se com a ajuda de agentes externos ou fenômenos físicos.

Para que se compreenda perfeitamente uma enfermidade nas construções, é preciso continuar a analogia a medicina, onde Pereira (2005) explica que:

- **Diagnóstico:** é a determinação das causas, mecanismos de formação e da gravidade de um problema patológico com base na observação dos sintomas e na realização de estudos.

- **Prognóstico:** é feito por meio de diagnóstico, analisando o tempo de duração, evolução ou término da enfermidade.

- **Terapia:** é a intervenção feita na edificação buscando abolir o problema patológico.

- **Agente:** é o motivo imediato que desencadeou o problema patológico.

Em busca da diminuição das manifestações patológicas, torna-se necessário ficar atento a algumas obrigações na elaboração do projeto do revestimento de uma fachada, que são:

- definir o tipo de revestimento a ser utilizado, pensando na eficiência desse para a edificação;
- determinar o tipo de argamassa que será utilizada para a execução do revestimento;
- especificar o padrão e a qualidade dos serviços;
- utilizar as normas técnicas adequadas para o tipo de revestimento escolhido.

2.2.2 Origens e causas das manifestações patológicas

Os problemas patológicos encontrados em revestimentos argamassados geralmente tem origem nas fases iniciais de projeto, execução e também na utilização deste revestimento ao longo do tempo (BAÍÁ; SABBATINI, 2008).

Quando os problemas patológicos são oriundos da fase de projeto trata-se da ausência do detalhamento e ou deficiência nos elementos construtivos, a utilização

de traço inadequado dos materiais ou técnicas construtivas que também acabam gerando manifestações patológicas (BAUER, 2008).

Na fase de execução existem inúmeras razões para que ocorram manifestações patológicas, as mais encontradas são: má qualidade dos materiais, mão de obra ineficiente, discordância com as técnicas de produção, controle inadequado das argamassas e a execução do projeto de forma imprópria (ANTUNES, 2010).

Em revestimentos cerâmicos as origens das manifestações patológicas são praticamente as mesmas que em revestimentos argamassados, acrescentando apenas a inexistência de um projeto levando em consideração as ligações entre as esquadrias e o revestimento.

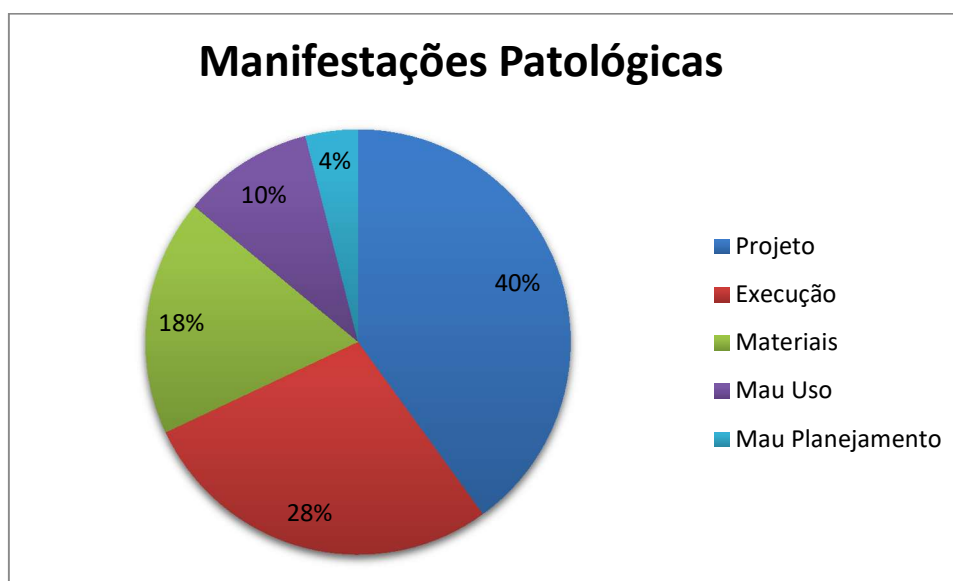
Para Campante e Baía (2008) é importante considerar os diferentes níveis em que os problemas ocorrem. Nesse sentido, inicialmente deve-se constatar o problema (defeito ou manifestação patológica), o primeiro nível de observação é a causa imediata, o segundo envolve a natureza do problema e no terceiro a origem do problema.

2.2.3 Principais manifestações patológicas de revestimento de fachadas

As principais manifestações patológicas se originam a partir de algum erro ou falha cometida em alguma fase do processo de construção, e sua ocorrência está ligada a um conjunto de sintomas ou aparições que são características apresentadas durante a execução do uso da edificação, podendo aparecer no início da construção, ou após anos de conclusão da obra (CARMO, 2003; apud KRUG, 2006).

Segundo Verçosa (1991) apud Krug (2006), as manifestações patológicas ocorrem no decorrer da obra, conforme as proporções apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Manifestações patológicas



Fonte: Elaboração própria

No Quadro 1 estão representados os dados de pesquisas realizadas em outros países, no qual pode-se constatar que o projeto de uma edificação também apresenta a maior porcentagem de falhas, o que pode ocasionar futuras manifestações patológicas.

Quadro 1 – Origem das falhas em outros países

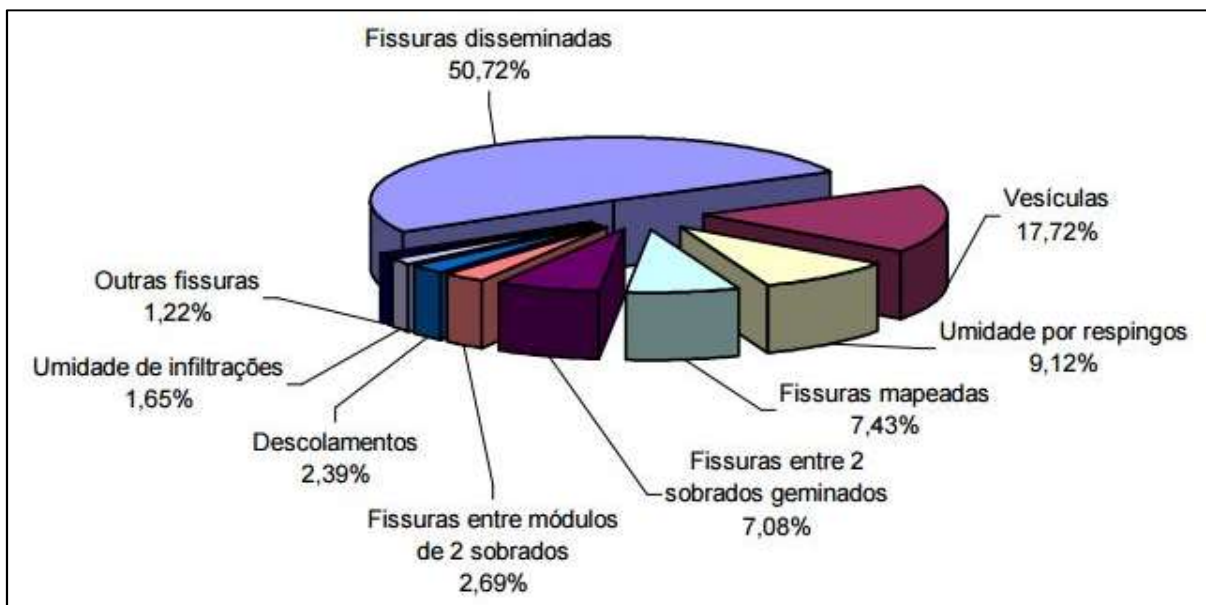
Origem das falhas	Bélgica 1974/1975 (%)	Bélgica 1976/1977 (%)	Grã-Bretanha 1970/1977 (%)	República Fed. Alemã 1970/1977 (%)	Dinamarca 1972/1977 (%)	Romênia 1971/1977 (%)
Projeto	49	46	39	37	36	37
Execução	22	22	29	30	22	19
Defeitos dos materiais	15	15	11	14	25	22
Erros de utilização	9	8	10	11	9	11
Diversos	5	9	1	8	8	11

Fonte: Adaptado de Lichtenstein (1985) apud Segat (2005)

Segat (2005) realizou uma pesquisa na cidade de Caxias do Sul (RS), em trezentos sobrados geminados, analisando 1788 planos de fachadas, registrando 2303 incidências de manifestações patológicas nos revestimentos.

Na Figura 3 encontram-se os dados obtidos na pesquisa. No método utilizado, cada tipo de manifestação é contabilizado uma vez.

Figura 3 - Distribuição das manifestações patológicas encontradas pelo método de incidência em planos de fachada originais.



Fonte: Segat (2005, p.99)

Segundo Antunes (2010), as manifestações patológicas nunca são atribuídas somente a uma única causa, geralmente é resultante de várias combinações e pode ser acrescida por uma sobreposição de efeitos que se acumulam causando um dano maior a edificação.

Para Baía e Sabbatini (2008), as manifestações patológicas em revestimentos argamassados acontecem quando o comportamento do produto excede o seu limite de desempenho desejado. Para revestimentos argamassados os principais problemas são:

- formação de manchas de umidade, com desenvolvimento de bolor;
- descolamento da argamassa de revestimento;
- formação de fissuras e trincas na argamassa de revestimento;
- descolamento entre a camada de reboco e emboço.

Nos revestimentos cerâmicos as principais patologias encontradas são: trincas, gretamento, destacamento de placas, eflorescências e deterioração das juntas. Lembrando que algumas patologias encontradas no revestimento cerâmico podem ter sido causadas em outras etapas do revestimento, como por exemplo, na falta de

treinamento da mão de obra, que possivelmente não tenha respeitado o tempo em aberto da argamassa colante (CAMPANTE; BAÍA, 2008).

2.2.3.1 Descolamentos

O descolamento nada mais é do que a desunião de uma ou mais camadas do revestimento argamassado e apresenta extensão que varia desde áreas restritas até dimensões que abrangem a totalidade de uma alvenaria. Esse pode se manifestar com o empolamento em placas, ou com pulverulência (BAUER, 2008).

Antunes (2010) diz que a deficiência na aderência das ligações entre as camadas que constituem o sistema de revestimento faz com que ocorra o descolamento do revestimento.

Para Sabbatini e Barros (2001) existem inúmeras causas de deslocamento, tais como:

- grau de solitação do revestimento;
- instabilidade de suporte;
- características das juntas de assentamento e de movimentação;
- ausência de detalhes construtivos (contravergas, juntas de canto de parede, etc.)
- imperícia ou negligência da mão-de-obra;

O deslocamento, para Bauer (2008), pode se manifestar com o empolamento em placas, ou com pulverulência, como segue:

- **Descolamento em placas:** a ruptura ocorre geralmente na ligação entre a base e as camadas de reboco e emboço. Essa anomalia na maioria das vezes é relacionada a um chapisco executado com areia fina que compromete a aderência a base, constituindo uma camada mais espessa para que se obtenha uma rugosidade adequada e, por conseguinte, gerando tensões devido a retração da argamassa.

- **Descolamento por empolamento (FIGURA 4):** como a cal constitui o material que está diretamente envolvido neste tipo de patologia, este tipo de deslocamento ocorre nas camadas com maior proporção de cal.

Figura 4 - Descolamento



Fonte: Adaptado de Anjos (2016, não paginado)

2.2.3.2 Fissuras

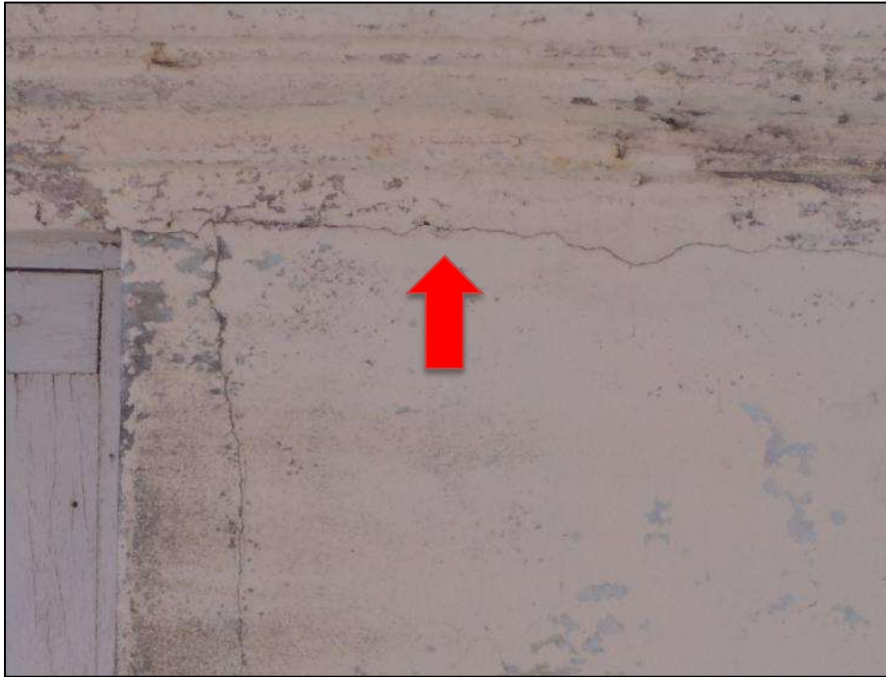
O desenvolvimento de fissuras em revestimentos argamassados ocorre devido a fatores referentes à execução do revestimento, solicitações higrotérmicas e, principalmente, por retração hidráulica da argamassa, isto, caso não seja devido a movimentações da base de concreto e/ou alvenaria (BAUER, 2008).

Para Ceotto et al. (2005) considera-se fissuras aquelas que podem ser visíveis a olho nu, quando observadas a uma distância maior que um metro, ou aquelas independentemente de sua abertura, nas quais estejam provocando penetração da umidade para dentro das edificações. Veja-se, a seguir, os tipos de fissuras:

- **Fissuras de retração:** essas fissuras acontecem geralmente pela utilização de um traço inadequado, podendo apresentar um teor de finos elevado ou material argiloso na areia. Outro fator que influencia muito neste tipo de fissura é absorção da base, quanto maior ela for, maior será o número de fissuras encontradas.

- **Fissuras horizontais (FIGURA 5):** podem ser causadas pela expansão da argamassa de assentamento, oriunda da presença de sulfatos.

Figura 5 - Fissuras Horizontais



Fonte: Carvalho (2016, não paginado)

- **Fissuras verticais ou inclinadas** (FIGURA 6): ocorrem devido ao possível enfraquecimento entre a base e a argamassa, devido a presença de tubulações e eletrodutos.

Figura 6 - Fissuras Verticais



Fonte: Adaptado de Anjos (2016, não paginado)

- **Fissuras mapeadas** (FIGURA 7): as movimentações térmicas entre o revestimento e a estrutura são associadas a este tipo de fissura devido a retração da argamassa.

Figura 7 - Fissuras mapeadas



Fonte: Adaptado de Anjos (2016, não paginado)

- **Fissuras nas juntas de assentamento de blocos:** o alto poder de absorção de alguns tipos de blocos faz com que ocorra a retração deles.

2.2.3.3 Manchamento

As manchas que aparecem nos revestimentos de fachadas acabam danificando a estética da edificação, e são consideradas um dos aspectos de degenerescência das construções. A exposição a sujeira, a chuva, a geometria da superfície e a absorção de impurezas são alguns dos fatores que contribuem para a formação dessas anomalias (TERRA, 2001). Exemplo de manchamento em fachadas pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Manchamento



Fonte: Carvalho (2016, não paginado)

Conforme Bauer (2008), existem alguns fatores que influenciam o manchamento, que são: os agentes climáticos, os materiais de revestimento e as formas de fachada.

- **Agentes climáticos:** Podem ser desenvolvidos com a ação do vento, de chuvas diretas, de chuva escorrida, variação da temperatura e com o vapor d'água.
- **Materiais de revestimento:** a porosidade, a textura e a dureza dos materiais influenciam no manchamento.
- **Formas de fachada:** a inclinação do plano é um dos fatores mais importantes relacionado a forma da fachada, já que, se a superfície estiver disposta horizontalmente, isso faz com que o acúmulo de partículas e de água da chuva produzam o manchamento.

2.2.3.4 Desplacamento

Para Anjos (2016), o deslocamento (FIGURA 9) ocorre como no descolamento de peças cerâmicas devido à falta de aderência entre a placa e as camadas de assentamento. O que difere no deslocamento é que com a queda das placas cerâmicas, essas podem levar, ou não, a argamassa de assentamento, parte do emboço ou até mesmo do reboco.

Figura 9 - Desplacimento



Fonte: Antunes (2010, p.57)

A ocorrência de um som oco nas placas cerâmicas, quando percutidas, ou ainda, o estufamento da camada de acabamento, são os primeiros sinais do acontecimento desta patologia. Com a grande chance de acidentes envolvendo os usuários e os custos de reparo, esta patologia é considerada a mais preocupante (CAMPANTE; BAÍA, 2008).

O reparo para este tipo de patologia consiste na remoção total do revestimento cerâmico, já que o conserto restrito as áreas atingidas nem sempre garante que o problema não vá abranger outras áreas. A recuperação desta patologia costuma ser extremamente cara e trabalhosa, por isso, a execução deste revestimento e de qualquer outro deve ser feito seguindo corretamente as normas.

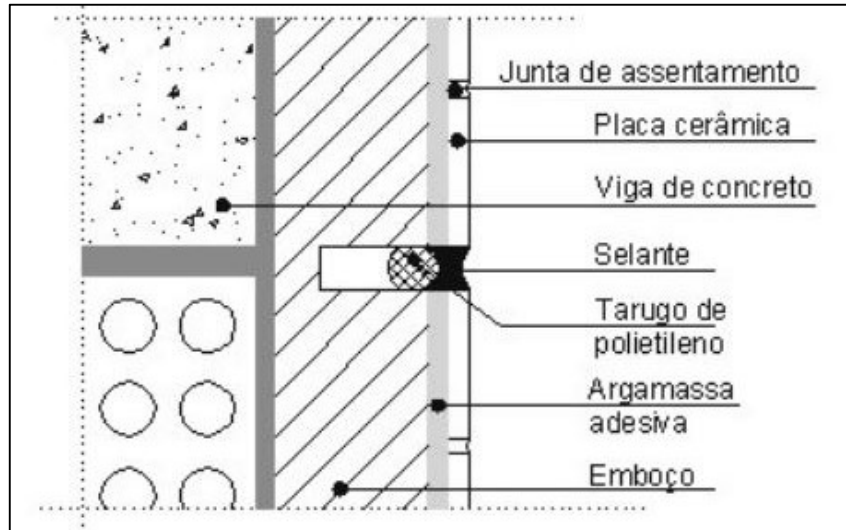
2.2.3.5 Falhas nas juntas

Boa parte dos descolamentos em revestimentos cerâmicos são oriundos da inexistência ou deficiência na execução das juntas. Basicamente existem quatro tipos de juntas: juntas de assentamento, de movimentação, de dessolidarização e estrutural. Para que não ocorra este tipo de anomalias é necessária a utilização destas juntas. Diante o exposto, a seguir são descritos os quatro tipos:

- **Juntas de assentamento** essa junta tem o intuito de separar duas peças de revestimento cerâmico, permitindo a movimentação da alvenaria ou da argamassa de assentamento.

- **Juntas de movimentação** (FIGURA 10): são juntas projetadas para aliviar as tensões causadas pela movimentação da parede ou do próprio revestimento, presentes devido a variação de temperatura ou por deformações vindas do concreto.

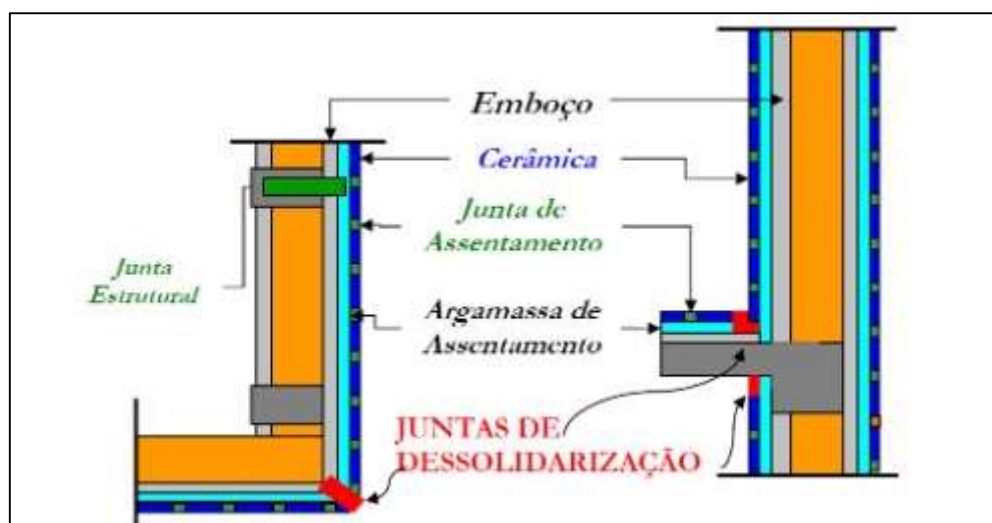
Figura 10 - Junta de Movimentação



Fonte: Luz (2004, p.26)

- **Juntas de dessolidarização** (FIGURA 11): este tipo de junta é destacado para separar o revestimento, aliviando as tensões incitadas pela movimentação da base ou do revestimento.

Figura 11 - Junta de dessolidarização



Fonte: Pedro et al (2002) apud Reis (2013, p.77)

- **Junta estrutural:** utilizada para aliviar tensões provocadas pela movimentação da estrutura de concreto.

Quando ocorre falhas nas juntas (FIGURA 12), essa compromete o desempenho do revestimento como um todo, levando em consideração que este componente é responsável pela estanqueidade do revestimento e pela capacidade absorver tensões (CAMPANTE; BAÍA, 2008).

Figura 12 - Falha nas Juntas



Fonte: Antunes (2010, p.64)

Existem alguns sinais de que está ocorrendo a deterioração das juntas, como a perda de estanqueidade da junta e o envelhecimento do material de preenchimento. A perda da estanqueidade inicia logo após a execução, provocada por procedimentos de limpeza inadequados, causando a deterioração do material. Além disso, quando somados a ataques de agentes atmosféricos agressivos e/ou solicitações mecânicas, podem causar fissuras e, também, a infiltração de água, levando ao deslocamento do revestimento (ROSCOE, 2008).

2.2.3.6 Desagregação

Antunes (2010) explica que a desagregação é causada pela perda de continuidade da argamassa de emboço. Essa pode ocorrer por alguns fatores, como,

baixo teor de aglomerante, excesso de elementos finos na areia, aplicação de cal na argamassa que não esteja completamente hidratada, ou pela dissolução de sais.

Pelo exposto, pode-se verificar um exemplo de desagregação da pintura na Figura 13.

Figura 13 - Desagregação da pintura



Fonte: Adaptado de Carvalho (2016, não paginado)

Para revestimento argamassados com camada final em pintura e camadas anteriores em emboço e reboco é possível notar que a anomalia ocorre geralmente no reboco. A película de tinta se destaca com facilidade levando junto partículas do reboco (BAUER, 2008).

Para Anjos (2016), esta patologia é vista a olho nu e consiste basicamente na descontinuidade de uma camada de emboço na superfície, ocorrendo o esfarelamento da argamassa.

A ocorrência da desagregação pode estar ligada a alguns fatores, tais como: umidade, seguida de cristalização de sais, reboco fraco, abuso de elementos finos na areia, ação de microrganismos e/ou pela reação química entre os materiais e a poluição atmosférica (MAGALHÃES, 2002 apud ANJOS, 2016).

2.2.3.7 Eflorescências

O fluxo de água presente na rede capilar do concreto e argamassa pode internar substâncias agressivas ou dissolver e transportar sais solúveis que podem

estar presentes no concreto, na argamassa e no material cerâmico. Esses, trazidos a superfície, depositam-se nos poros abertos de forma esbranquiçada, chamada de eflorescência (FIORITO, 2009), como pode ser visualizada na Figura 14.

Figura 14 - Eflorescências



Fonte: Antunes (2010, p.68)

Devem existir três condições simultâneas para que ocorra este fenômeno: teor de sais solúveis nos materiais ou componentes, presença de água e a pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície. Caso algumas dessas não estejam presentes, não ocorrerá eflorescências (BAUER, 2008).

A prevenção desse fenômeno pode ser feita seguindo alguns passos descritos por Antunes (2010), que são:

- redução do consumo de cimento Portland na argamassa de emboço ou uso de cimento com baixo teor de álcalis;
- utilização de tijolos com elevado teor de sulfatos, afim de evitar a formação de substâncias solúveis em água ou produtos expansivos;
- utilização de placas cerâmicas de boa qualidade, ou seja, queimadas em altas temperaturas;
- permitir o tempo de secagem de todas as camadas antes da execução do revestimento cerâmico.

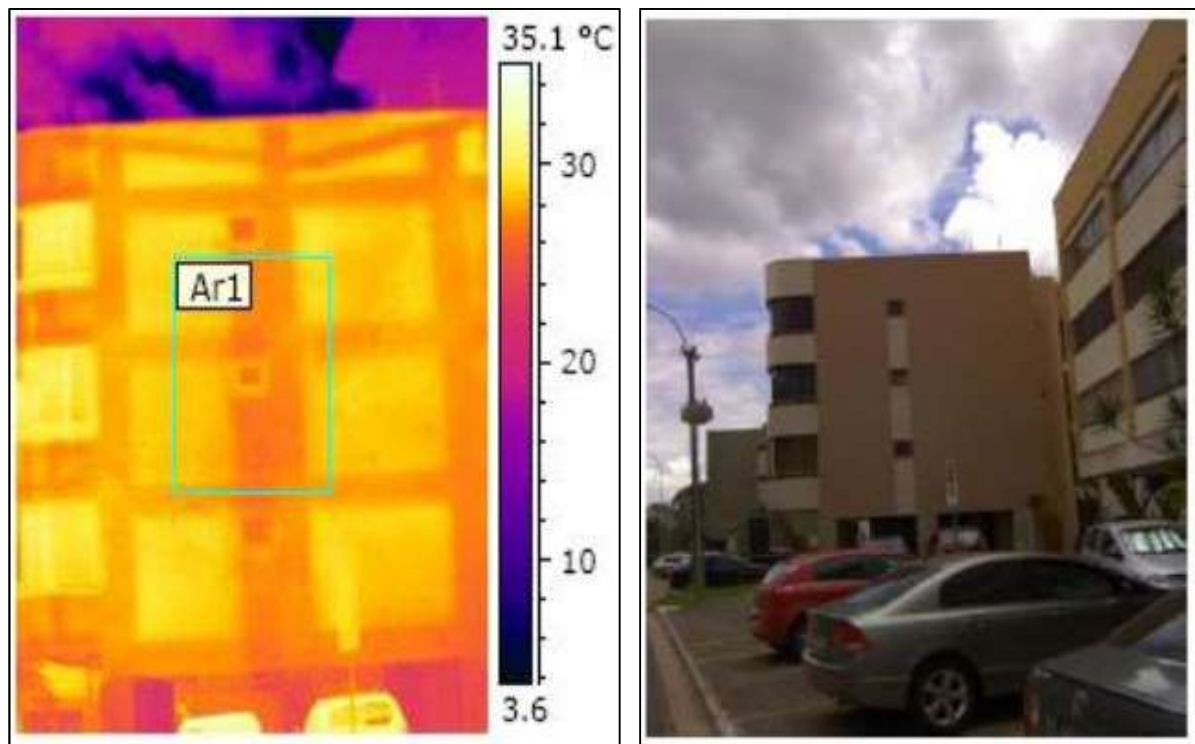
2.4 Noções básicas de termografia

A termografia trata-se de uma técnica utilizada para ensaios não destrutivos e não invasivos que tem como finalidade a detecção da radiação infravermelha emitida naturalmente. Com essa técnica é possível identificar regiões onde a temperatura esta alterada seguindo um padrão já estabelecido (BAUER; LEAL, 2013).

Este método utiliza a percepção da temperatura superficial de um corpo, levando em consideração que todo o corpo que estiver com temperatura acima do Zero Absoluto emite radiação térmica (JUNIOR; PADARATZ; PINTO, 2011).

Na Figura 15 tem-se um exemplo de uma imagem termográfica infravermelha comparada com imagem digital.

Figura 15 - Imagem termográfica infravermelha comparada com imagem digital



Fonte: Adaptado de Bauer e Leal (2013, p.11)

Segundo Mendonça, Amaral e Catarino (2013), todos os objetos emitem radiação infravermelha e a intensidade desta radiação emitida depende de dois fatores: a temperatura do objeto e da capacidade do objeto em emitir radiação. A capacidade do objeto em emitir radiação é conhecida como emissividade.

Para a aplicação da câmera termográfica existem algumas particularidades que devem ser levadas em conta, como as características do material, os fatores

climáticos, as distâncias e ângulos para a captura de imagens. Algumas dessas variáveis devem ter um destaque importante, quais sejam:

- **Emissividade:** define-se como a razão entre a radiância espectral da superfície e a radiância espectral do corpo negro. Essa depende do comprimento de onda, da direção de observação em à superfície de estudo e da temperatura dessa superfície (BARREIRA, 2004).

- **Temperatura:** é a quantidade que informa quão quente ou frio o objeto se encontra, em relação a algum padrão estabelecido. Quando o corpo se encontra em equilíbrio térmico, sua temperatura não se altera mais, a menos que seja estimulado por um meio externo (HALLIDAY; KRANE; RESNICK, 2002).

- **Condução de calor:** definida como um processo pelo qual a energia é transferida de uma região de alta temperatura para outra com temperatura inferior dentro de um mesmo corpo, ou entre corpos diferentes, mas em contato direto entre eles (LIA; QUITES; 2005).

- **Convecção de calor:** ocorre na superfície de um corpo sólido em contato com um fluido, cuja temperatura é diferente da temperatura do corpo, e causa a transferência de energia e massa (BAUER; LEAL, 2013).

- **Radiação infravermelha:** é a emissão térmica causada pela agitação dos átomos e moléculas da quais o objeto é constituído. Qualquer corpo com temperatura acima do zero absoluto emite essa radiação. Essa radiação é emitida nas faixas ultravioleta, visível, infravermelho e até na faixa que compreende as micro-ondas, sendo que a maioria é emitida na faixa da radiação infravermelha (FIGURA 16) (SANTOS, 2006).

Figura 16 - Espectro eletromagnético



Fonte: Santos (2006, p.35)

- **Outras variáveis:** quando existe incidência de luz artificial ou luz solar, estas podem alterar os resultados da temperatura da superfície. Para ensaios realizados em ambientes externos, o horário mais adequado para a captura de imagens é a noite,

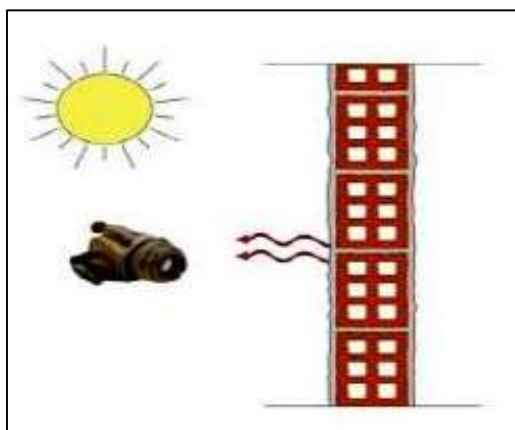
ou no amanhecer. O vento é outro fator que pode alterar as imagens, quando a velocidade desse for elevada, alterando a resistência térmica superficial. A falta de fontes de calor, em lugares com sombra, por exemplo, também pode alterar a superfície (BARREIA, 2004).

2.4.1 Técnicas de termografia digital

Para Maldague (2001) apud Cortizo (2007), existem duas técnicas para o método não destrutivo, a primeira é a técnica passiva, e a segunda técnica ativa.

- **Técnica Passiva** (FIGURA 17): é aquela estimulada por uma fonte natural de energia solar, ou quando o material já possui um armazenamento interno de energia térmica.

Figura 17 - Técnica de termografia passiva



Fonte: Cortizo (2007, p.40)

- **Técnica Ativa:** são aquelas que necessitam de uma fonte de calor ou de resfriamento para o material, para que se obtenha o gradiente térmico necessário.

Na termografia ativa a fundamental característica é a aplicação de um estímulo de energia sobre o corpo. No Quadro 2, está exposto a variação da termografia ativa com o calor ou a injeção de energia.

Quadro 2 – Variação da energia em termografia ativa

Propriedades	Característica
Intensidade	Alta
	Baixa
Posição	Sobre a face da superfície pesquisada
	Sobre a face oposta da superfície pesquisada
Fonte geradora	Lâmpadas incandescentes
Frequência	Pulso
	Constante
	Modulado
Tempo	Instantâneo
	Moderado espaço de tempo
Tipo	Injeção de calor
	Injeção de jatos de ar frio

Fonte: Adaptado de Cortizo (2007)

2.4.2 Identificação de manifestações patológicas utilizando termografia

A utilização da termografia para identificação de manifestações patológicas ainda é pouco difundida no Brasil, já em países como a Europa, a técnica é muito utilizada em edificações de patrimônio histórico.

Em fachadas, o emprego da termografia geralmente é feito utilizando a técnica passiva, já que a ativa precisa de incidência de uma fonte de calor artificial, tornando-se uma técnica ineficiente para atingir grandes áreas.

Para Cortizo (2007), a técnica passiva tem caráter qualitativo, já que proporciona indicativos de irregularidades, enquanto o processo de excitação térmica

tende a um carácter de resultados quantitativos, pela possibilidade de mensurar e dominar os eventos.

O emprego da técnica ativa também pode trazer alguns problemas nas superfícies analisadas, como a mudança de cor, no brilho e na fixação, provocando uma patologia.

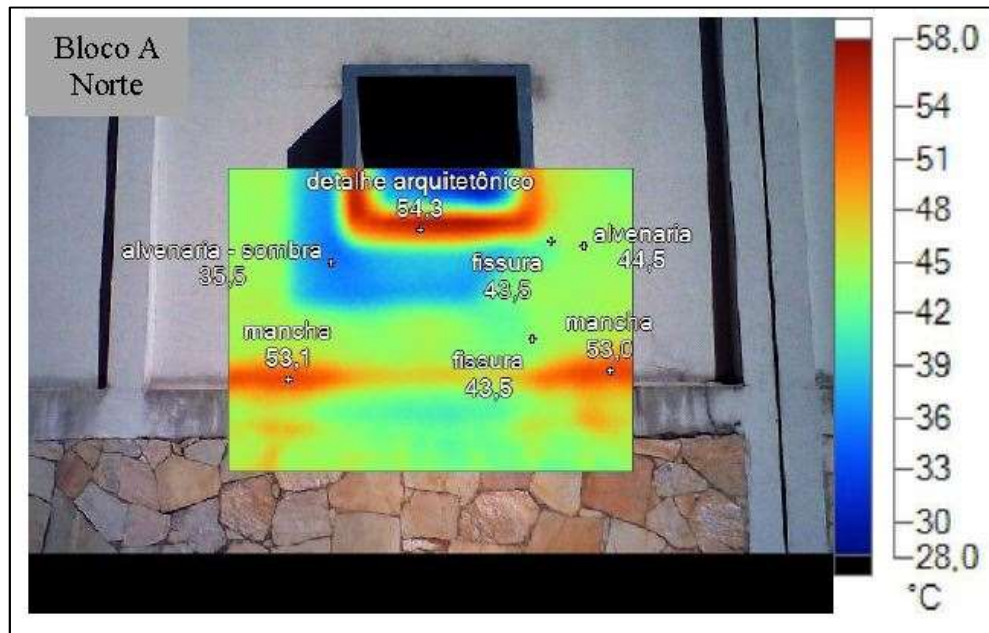
A técnica da termografia infravermelha permite avaliar patologias já existentes e algumas que ainda não foram detectadas a olho nu. Isso faz com que se torne um método de grande proveito para a construção civil, permitindo a verificação e manutenção, prevenindo a elevação dos custos na hora da intervenção e evitando o agravamento do problema patológico.

Mendonça (2005) evidencia as vantagens da utilização da termografia como: ensaio não destrutivo, não emite qualquer tipo de radiação, redução do tempo de realização do trabalho e por fim abrange uma grande área para realização do teste.

2.4.2.1 Estudos de casos utilizando a termografia

Para Freitas, Carasek e Cascudo (2013), que realizaram um estudo de caso utilizando a termografia (FIGURA 18), notaram que com a utilização da termografia é possível a visualização de pontos de interesse, como manchas e fissuras. Outra vantagem detectada pela termografia foi a diferenciação dos pontos do revestimento sobre a estrutura e a alvenaria (menor e maior temperatura respectivamente).

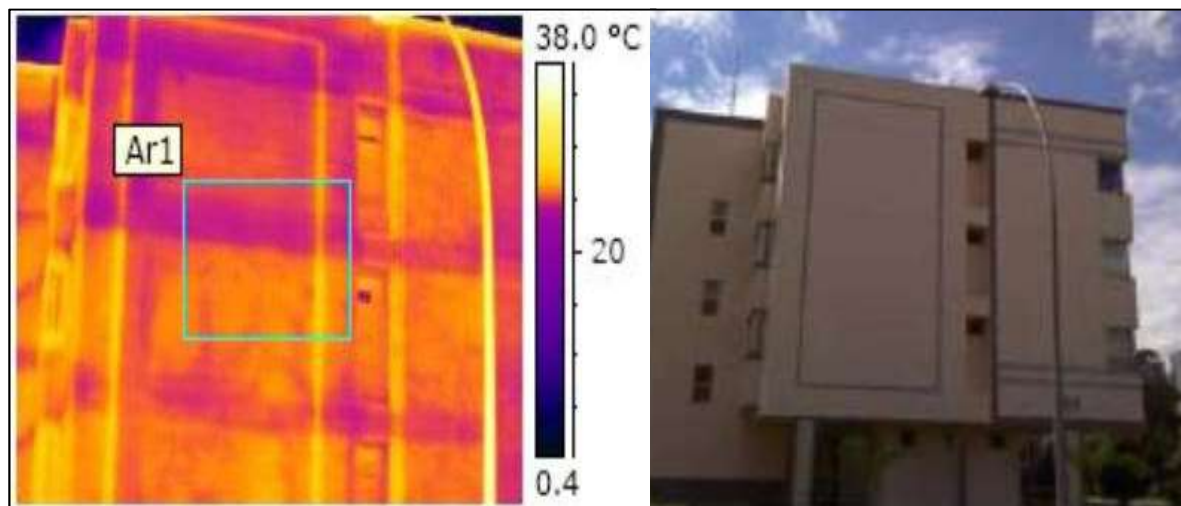
Figura 18 - Estudo de caso utilizando a termografia



Fonte: Freitas, Carasek e Cascudo (2013, p.70)

Bauer e Leal (2013) explicam que a identificação de estruturas ocultas pode ser realizada sem dificuldade pela termografia infravermelha (FIGURA 19), entretanto, não pode haver obstáculos, como manchas causadas por sombreamentos de edificações ou árvores.

Figura 19 – Imagem por termografia infravermelha



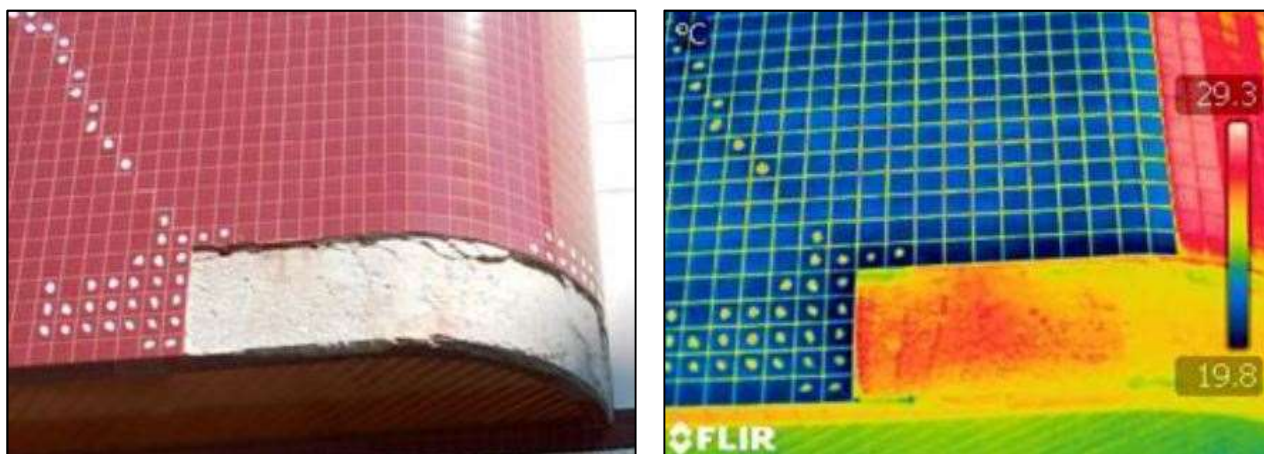
Fonte: Bauer e Leal (2013, p.12)

É possível identificar uma grande variedade de manifestações patológicas sobre revestimentos argamassados, já em regiões revestidas por cerâmica, é um

pouco mais difícil a percepção de tais anomalias (BREITBACH; PADARATZ; GLEIZE, 2013).

Na Figura 20, estão expostos os resultados encontrados pelos autores citados acima com a utilização da termografia.

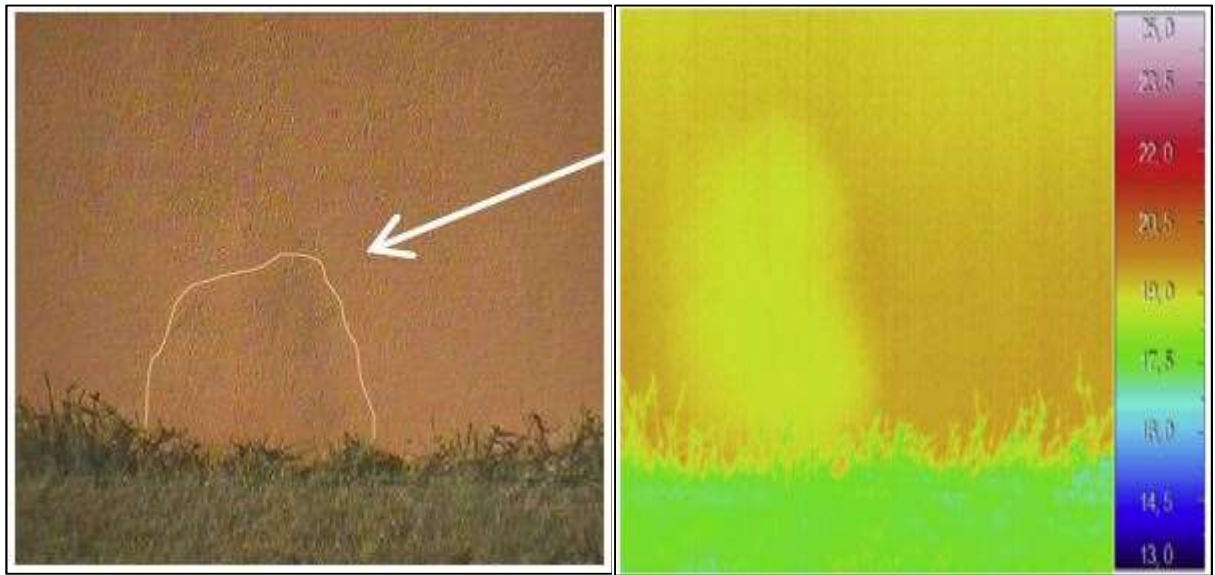
Figura 20 - Análise de fachadas com a utilização de termografia



Fonte: Breitback; Padaratz e Gleize (2013, p.12)

Segundo Freitas, Freitas P. e Barreira (2014), a termografia infravermelha se mostrou um sucesso na detecção de destacamentos de revestimentos em fachadas. A principal vantagem desta técnica é ser não destrutiva, podendo assim ser usada com uma ferramenta preventiva de manutenção para detectar destacamentos sem ter que acessar diretamente a superfície. Na Figura 21, encontra-se um dos resultados obtidos com a aplicação da termografia por esses autores.

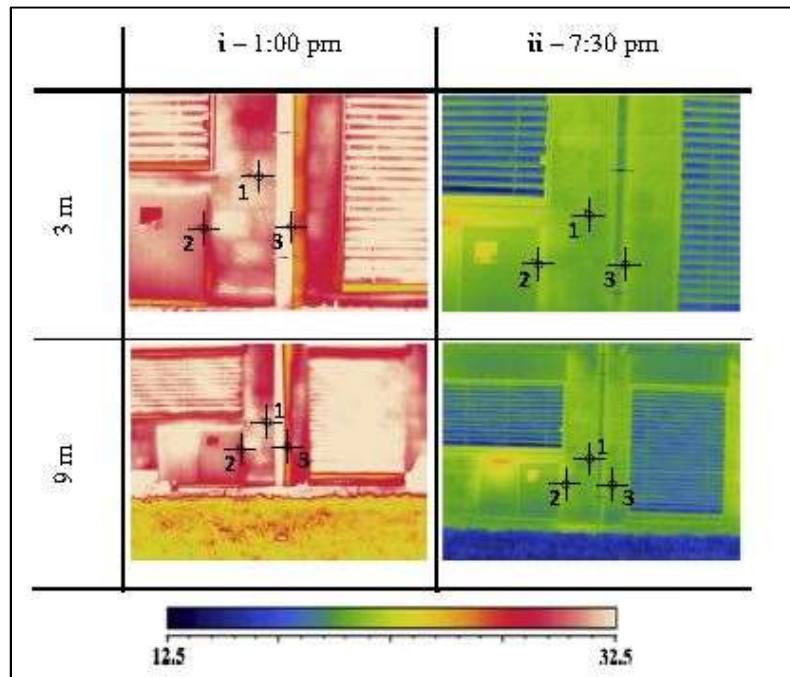
Figura 21 - Análise termográfica em fachadas



Fonte: Freitas, Freitas P., Barreira (2014, p. 85 e 86)

Para Barreira, Almeida e Delgado (2016), as características da superfície são fator importante na obtenção das imagens térmicas, com menores diferenças nos resultados para alta emissividade e baixa refletância. A distância da câmera ao alvo (máximo de 10 metros), não influenciou nos resultados obtidos, e sim na clareza e nitidez da imagem. Os resultados encontrados pelos autores estão expostos na Figura 22.

Figura 22 - Resultados obtidos a partir da utilização da termografia



Fonte: Barreira, Almeida e Delgado (2016, p. 257)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo foi definido a forma de realização da pesquisa em estudo, os equipamentos utilizados, bem como a forma de coleta e análise dos dados.

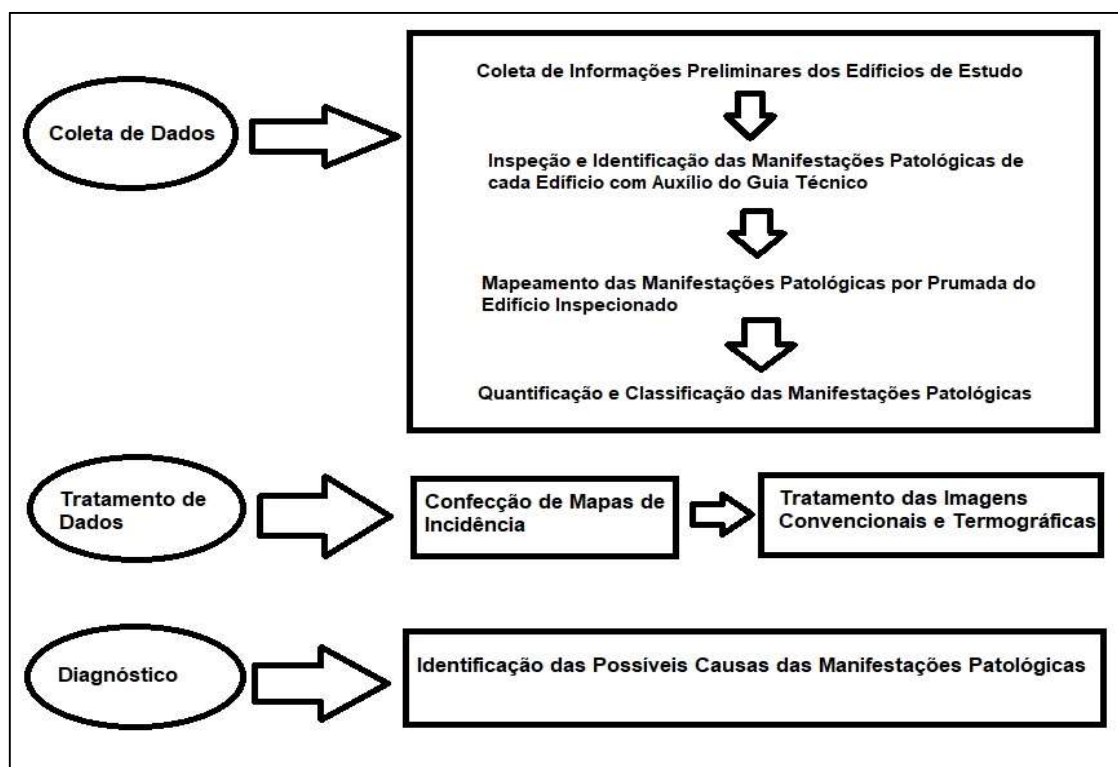
O estudo foi realizado nas fachadas localizadas nos edifícios da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, através de captura de imagens com câmera fotográfica usual e também a câmera de imagens termográficas.

A técnica empregada foi uma adaptação do trabalho realizado por Antunes (2010) onde buscou-se a análise de manifestações patológicas em fachadas presentes em seis edifícios situados na cidade de Brasília.

De acordo com a autora, a metodologia é prática e objetiva, analisando sistemas de revestimento de fachada danificados. Enfatizando a importância de inspeções e manutenções de fachadas.

A metodologia consiste na sequência de procedimentos dividida em três etapas: coleta de dados, tratamento de dados e diagnóstico. Na Figura 23 estão dispostos os procedimentos citados acima para melhorar entendimento do método.

Figura 23 - Fluxograma da metodologia empregada neste estudo



Fonte: Adaptado de Antunes (2010, p.93)

3.1 Coleta de Dados

Para a realização da coleta de dados foram selecionadas algumas fachadas dos edifícios presentes na Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete.

Após a seleção foram recolhidos o maior número de informações sobre o edifício, como: projetos, idade, número de pavimentos, orientação cardinal das fachadas, sistema construtivo, tipo de acabamento da fachada, etc.

A partir de visitas realizadas foram coletadas imagens fotográficas para análise das possíveis manifestações patológicas encontradas nas fachadas. Também foram feitas imagens termográficas que permitem visualizar mais a fundo as anomalias ocultas a olho nu.

3.2 Tratamento dos Dados

Após a coleta dos dados dos edifícios estudados, as imagens foram organizadas por tipo de manifestação patológica encontrada e também por edifício analisado, formando posteriormente mapas de incidência das manifestações.

3.3 Diagnóstico

O diagnóstico foi a fase final da metodologia, buscando estimar a origem e também os mecanismos que desencadearam as manifestações patológicas presentes nas fachadas.

Esse foi feito a partir da interpretação das imagens obtidas pela câmera termográfica e câmera fotográfica usual.

Após a interpretação das imagens foram feitos gráficos demonstrando as principais manifestações patológicas encontrada nas fachadas.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram selecionadas quatro fachadas no conjunto de prédios da Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete. Os elementos foram preferidos a partir da posição solar ao qual se encontram, e, também se optou por empenas “cegas”, ou seja, aquelas que não possuem nenhum tipo de abertura.

A técnica utilizada para coleta de dados foi a da termografia passiva, como apresentado no item 2.4.1.

4.1 Descrição do equipamento

O equipamento utilizado para a captura das imagens termográficas foi a câmera termográfica da marca FLIR T400. A qual trabalha com uma faixa de temperatura de -20 a 150°C, com precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$ ou $\pm 2\%$ de leitura.

A emissividade adotada para a captura das imagens foi de 0,95, utilizada por Bauer, Pavón e Hildenberg (2015) para superfícies feitas de argamassa e tijolos cerâmicos.

A câmera também proporciona adaptar a escala de cores das imagens, e também tirar fotografias convencionais ao mesmo tempo que as termográficas.

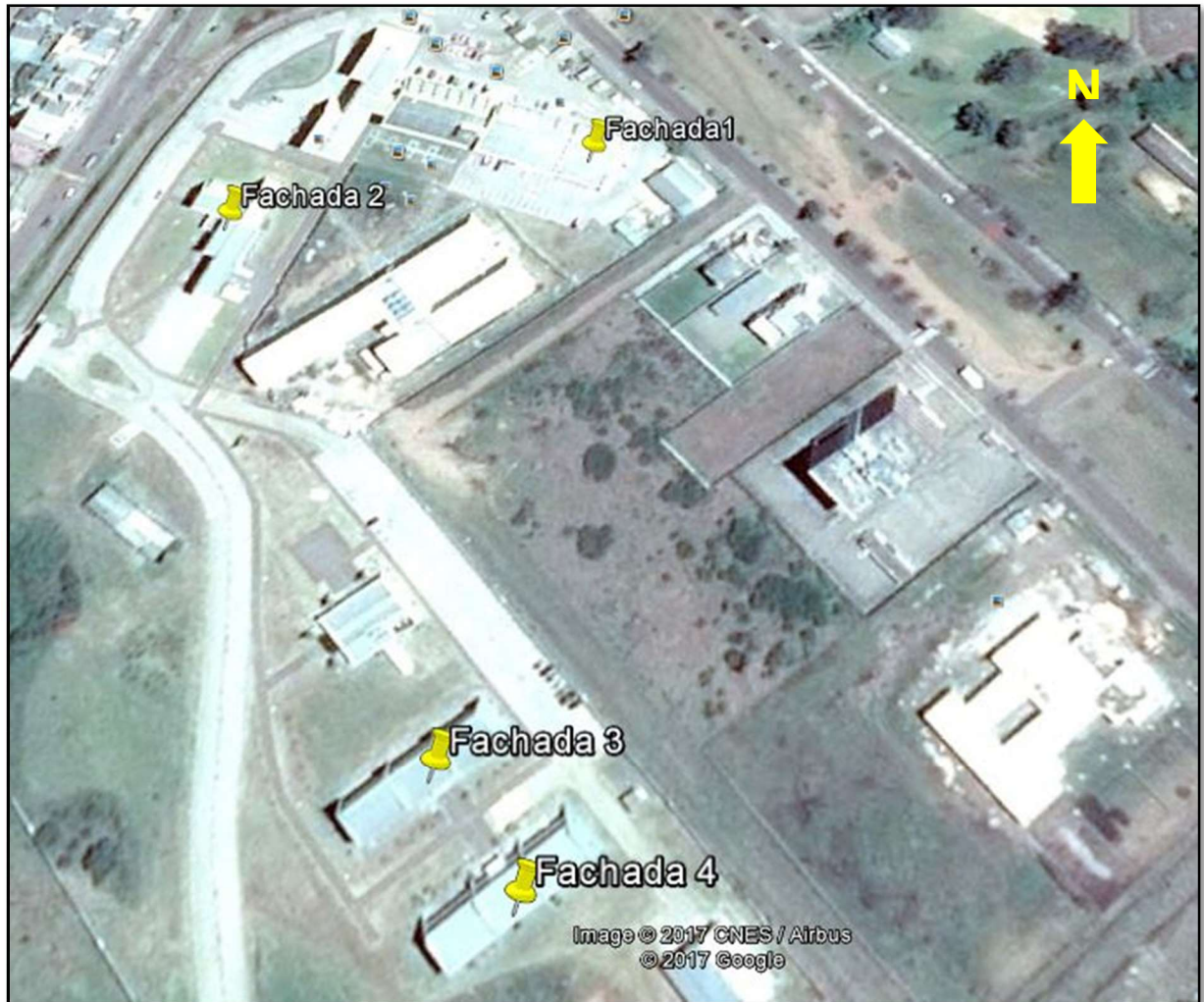
Os tratamentos das imagens foram feitos no próprio programa da câmera termográfica (FLIR Tools).

4.2 Coleta de dados

Nesta etapa foram coletadas as informações dos prédios estudados, como tempo de vida da construção, sistema construtivo e plantas.

As fachadas analisadas foram escolhidas a partir da posição solar, sendo assim, na Figura 24 tem-se a localização das fachadas analisadas.

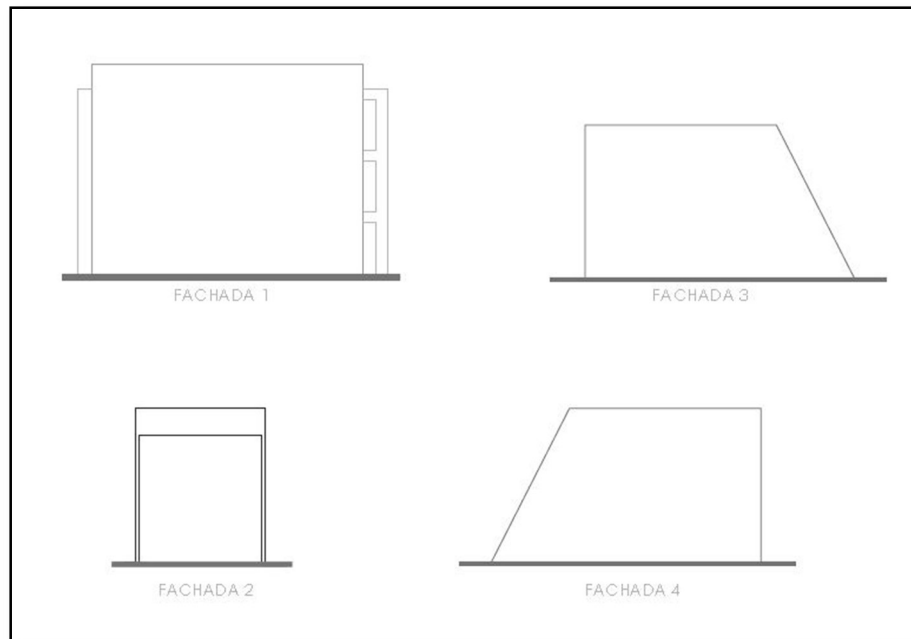
Figura 24 – Imagem aérea retirada do Google Earth Pro.



Fonte: Google Earth Pro

Optou-se então por analisar 4 fachadas em diferentes prédios, para que se obtenha ao final do estudo a influência da posição solar nas patologias encontradas nestas fachadas. Na Figura 25, encontram-se os cortes de cada uma das fachadas que serão utilizadas neste estudo.

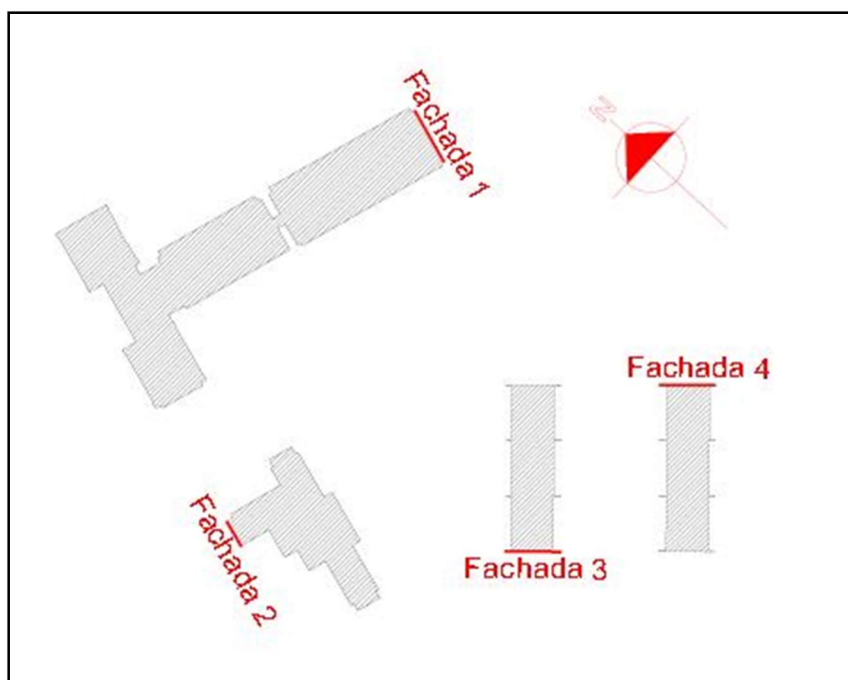
Figura 25 - Corte das fachadas em estudo



Fonte: Elaboração Própria

A Fachada 1, encontra-se na posição leste, e trata-se do Prédio Acadêmico 2, já a Fachada 2, encontra-se na posição oeste e localizada no Prédio NTIC, a Fachada 3 encontra-se sudoeste e situada no Prédio Obras, e por fim a Fachada 4 encontra-se na posição nordeste e estabelecida no Laboratório da Engenharia Mecânica. Na Figura 26, encontra-se a posição das fachadas selecionadas em cada prédio e a posição solar. No Quadro 3, tem-se um resumo da nomenclatura utilizada, posição solar e o prédio ao qual se encontra cada fachada.

Figura 26 - Posição solar de cada fachada



Fonte: Elaboração Própria

Quadro 3 – Nomenclatura, posição solar e localização de cada fachada estudada

Nomenclatura	Posição Solar	Localização
Fachada 1	Leste	Acadêmico 2
Fachada 2	Oeste	NTIC
Fachada 3	Sudoeste	Obras
Fachada 4	Nordeste	Laboratório Engenharia Mecânica

Fonte: Elaboração Própria

4.3 Tratamento de dados e diagnóstico

Como cada fachada recebeu uma nomenclatura diferente, essas serão vistas separadamente, sendo apresentado então os tratamentos utilizados para cada imagem capturada.

4.3.1 Fachada 1

A Fachada 1, como mencionado no item 4.2 localiza-se no Acadêmico II da UNIPAMPA, campus Alegrete. O método construtivo é em concreto armado, com vedações em tijolos cerâmicos e argamassa como revestimento. A edificação foi liberada para uso, no dia 14 de novembro de 2011, possuindo então 6 anos de

ocupação. A fachada possui 12,40 metros de altura, e 16 metros de comprimento, totalizando uma área de 198,4 m². As imagens foram capturadas com as seguintes condições climáticas: temperatura média de 21°C, umidade relativa 61% e vento de 13km/h. Como a fachada está direcionada para o leste, o maior índice de incidência solar ocorre no período da manhã. Na Figura 27, demonstra-se a Fachada 1 a ser estudada.

Figura 27 - Fachada 1



Fonte: Elaboração Própria

Com a Figura 27 não é possível identificar todas as manifestações patológicas encontradas nesta fachada, consegue-se perceber apenas algumas manchas de umidade.

Na Figura 28, demonstra-se as manchas de umidade vistas na figura anterior. Também se nota a formação de eflorescências junto a essas manchas.

Figura 28 - Manchas de Umidade



Fonte: Acervo do autor

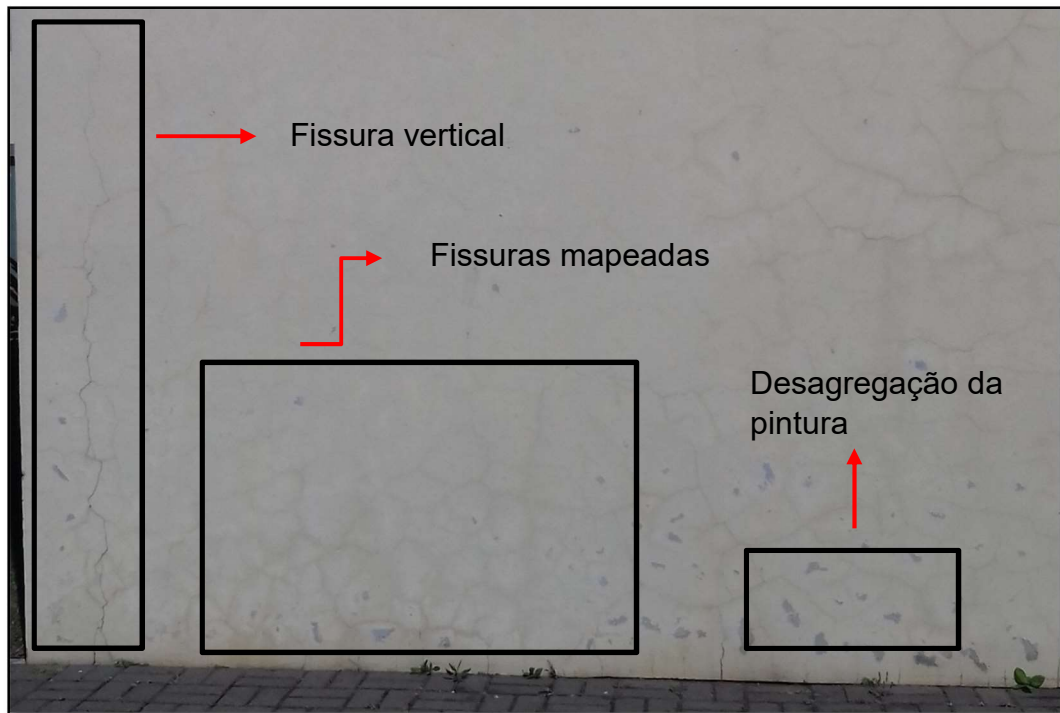
Abaixo encontra-se a Figura 29, onde consegue-se visualizar as fissuras mapeadas, essas foram achadas nas extremidades da fachada em grande número.

Figura 29 - Fissuras mapeadas



Fonte: Acervo do autor

Figura 30 - Manifestações patológicas da Fachada 1

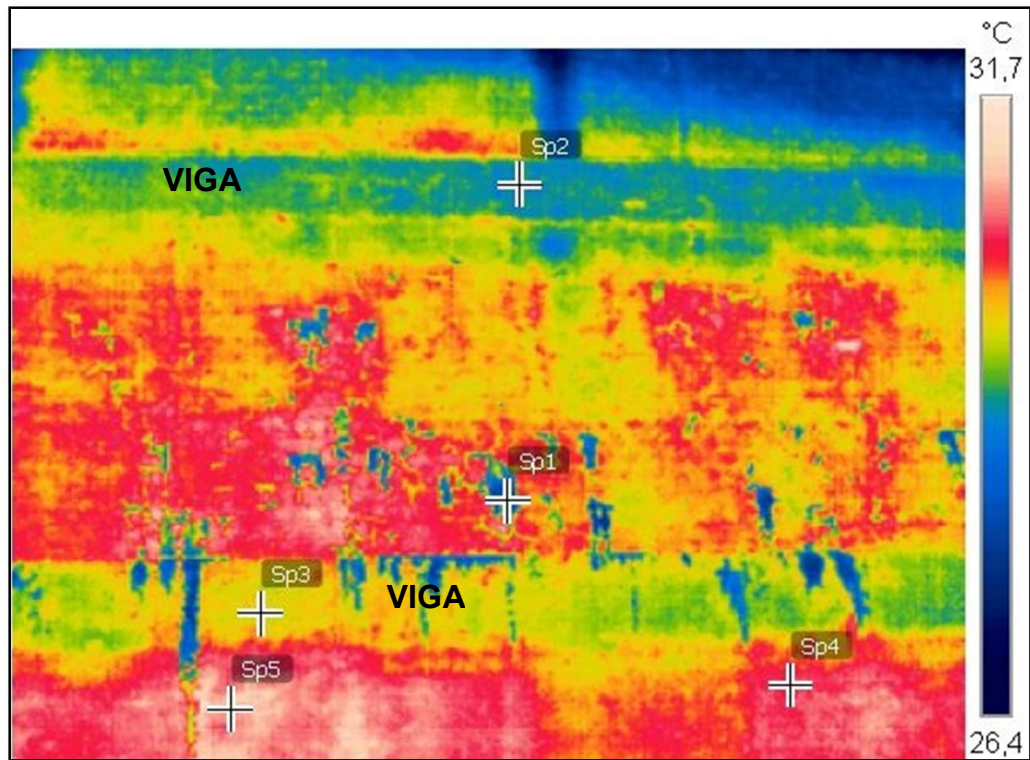


Fonte: Acervo do autor

A Figura 30, demonstra que existem fissuras mapeadas, fissura vertical e também desagregação da pintura, o que é possível notar aproximando-se da estrutura.

Após a realização da coleta de imagens com a câmera usual, foram realizadas as imagens termográficas da Fachada 1. Com o auxílio do programa FLIR Tools, foram tratadas essas imagens para que fosse possível visualizar alguns pontos onde ocorrem manifestações patológicas e que não são vistas a olho nu.

Figura 31 - Imagem termográfica da Fachada 1



Fonte: Acervo do autor

Na Figura 31 é possível identificar as manifestações patológicas que já foram descritas a partir das imagens com câmera usual, como as fissuras mapeadas e as manchas de umidade. Na Tabela 1, encontram-se as temperaturas encontradas em cada ponto representado na figura.

Tabela 1 - Temperatura encontrada na figura 31

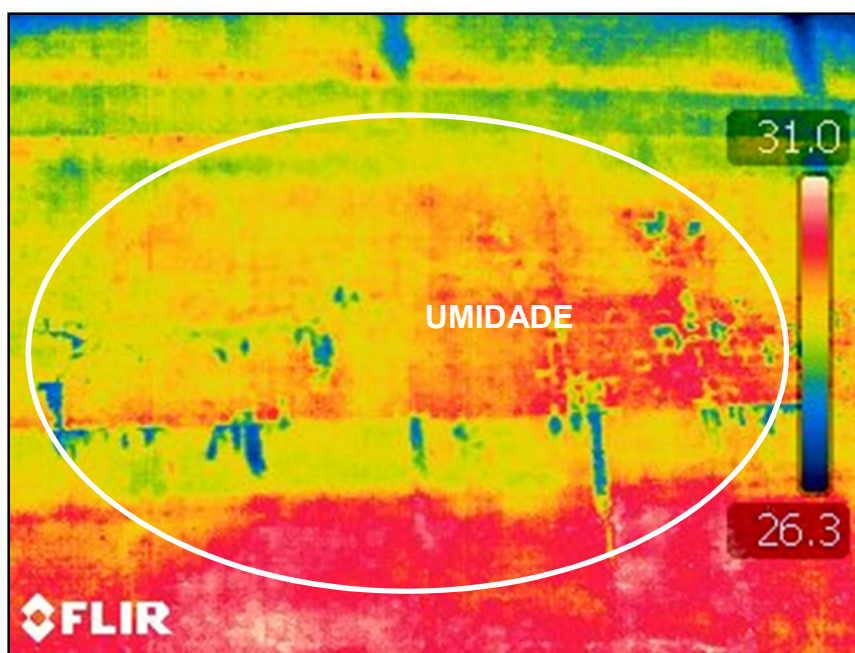
Tipo	Temperatura
Sp1	27,8°C
Sp2	29,0°C
Sp3	29,8°C
Sp4	30,4°C
Sp5	30,9°C

Fonte: Elaboração própria

O ponto Sp1 depara-se em uma mancha causada pela umidade encontrada na fachada onde é possível perceber uma temperatura menos elevada nesse ponto, quando comparada aos próximos pontos. Já os pontos Sp4 e Sp5 demonstram uma pequena variação de temperatura na alvenaria de vedação. Sp2 e Sp3 encontram-se nas vigas de concreto armado e possuem variação térmica elevada.

Na Figura 32, a elipse mostrada, representa os pontos onde existe o acúmulo de água na fachada, formando na parte externa as manchas de umidade.

Figura 32 - Pontos de umidade



Fonte: Acervo do autor

Após as análises feitas, foi possível determinar as causas dessas manifestações patológicas desenvolvidas nesta fachada:

- **Eflorescências:** existe nesta fachada vários pontos com umidade, facilitando que ocorra a percolação de água, e o transporte dos sais solúveis, fazendo com que se desenvolva as eflorescências.

- **Fissuras:** existem nessa fachada, fissuras mapeadas e fissuras verticais. As fissuras mapeadas ocorrem devido as movimentações hidrotérmicas da estrutura com o revestimento, originando a retração da argamassa. As fissuras verticais encontradas devem-se possivelmente ao enfraquecimento da ligação dos elementos de concreto armado com a vedação da estrutura.

- **Manchas:** essa patologia ocorre devido a água que se acumula na superfície e acaba percolando para dentro da estrutura pelas fissuras, causando o surgimento dessa patologia.

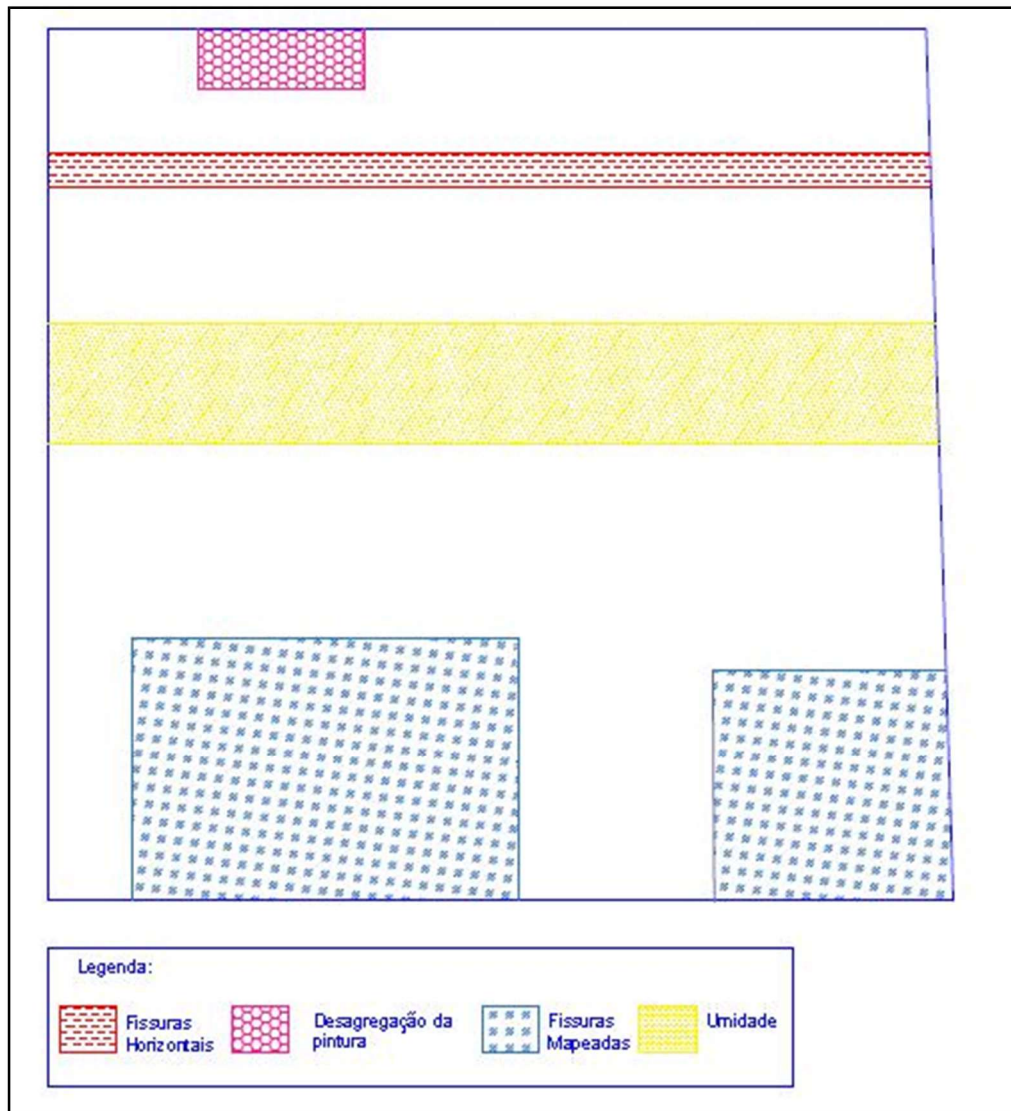
- **Desagregação da pintura:** como existe um grande número de pontos de umidade na fachada, isso faz com que ocorra o destacamento da tinta, outro ponto que pode ativar o aparecimento dessa patologia é a aplicação da tinta sobre uma superfície com poeira ou alguma impureza.

4.3.1.1 Mapa de Incidência da Fachada 1

Na Figura 33, demonstra-se o mapa de incidência encontrado para a Fachada 1.

Com os mapas de incidência, pode-se observar a localização das manifestações patológicas existentes nesta fachada.

Figura 33 - Mapa de incidência da Fachada 1



Fonte: Acervo do autor

Na Tabela 2, encontram-se as áreas de cada manifestação patológica encontrada no mapa de incidência.

Tabela 2 - Área de incidência

Manifestação Patológica	Área de Incidência (m ²)
Fissuras Horizontais	7,84
Fissuras Mapeadas	13,8
Umidade	27,41
Desagregação da pintura	2,54
Área total da fachada	198,4

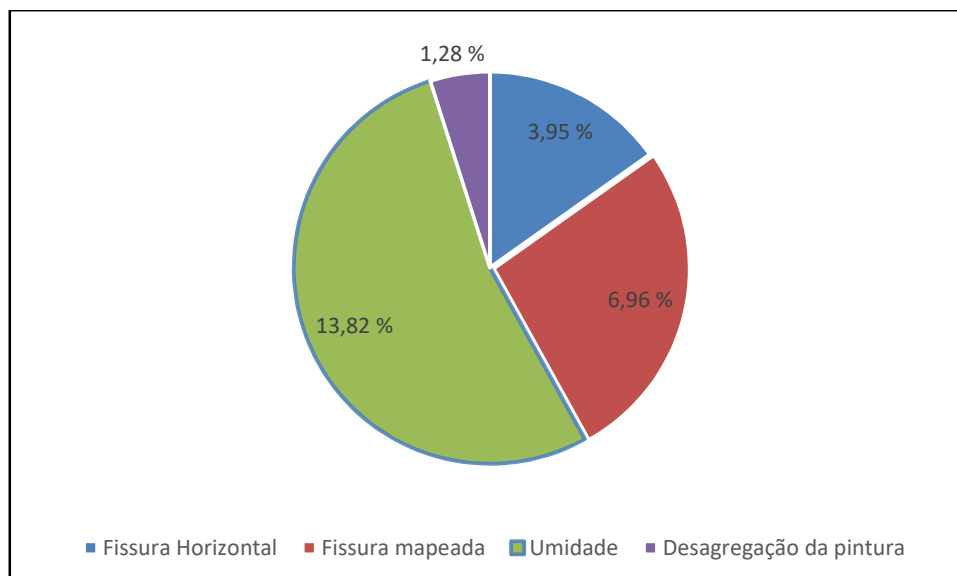
Fonte: Elaboração própria

Com base na área total da fachada é possível quantificar as anomalias presentes na fachada em estudo, determinando a porcentagem de degradação da fachada a partir das áreas de incidência descritas na Tabela 2.

Na Figura 34, mostra-se as porcentagens obtidas para cada manifestação patológica demonstrada no mapa de incidência. As fissuras horizontais chegam a 3,95% da área total da fachada, a umidade representa 13,82%, as fissuras mapeadas 6,96% e a desagregação da pintura 1,28%.

Verifica-se então que a maior porcentagem da degradação da estrutura está na umidade, o que já foi visto anteriormente a partir das imagens termográficas.

Figura 34 - Porcentagem de degradação da fachada



Fonte: Elaboração própria

4.3.2 Fachada 2

A Fachada 2, como mencionado no item 4.2 localiza-se no Prédio NTIC da UNIPAMPA, campus Alegrete. O método construtivo é em concreto armado, com vedações em tijolos cerâmicos e argamassa como revestimento. A edificação foi liberada para uso, no dia 6 de março de 2015, possuindo então 2 anos de ocupação. A fachada possui 9 metros de altura, e 7,65 metros de comprimento, totalizando uma área de 68,85 m². As imagens foram capturadas em condições climática em que o dia estava nublado, com temperatura média de 32°C, e umidade relativa 53%, com vento de 19km/h.

Na Figura 35, demonstra-se a Fachada 2 a ser estudada.

Figura 35 - Fachada 2



Fonte: Acervo do autor

Em uma primeira análise da Fachada 2 a partir da Figura 35, nota-se a desagregação da pintura em alguns pontos e também algumas bolhas devido ao fluxo excessivo de umedecimento e secagem do elemento. Esta fachada tem grande incidência solar principalmente no período da tarde.

Aproximando da estrutura e capturando mais imagens, é possível notar o desprendimento da película da tinta, o mesmo ocorre em muitas regiões da fachada. Como pode ser visto na Figura 36.

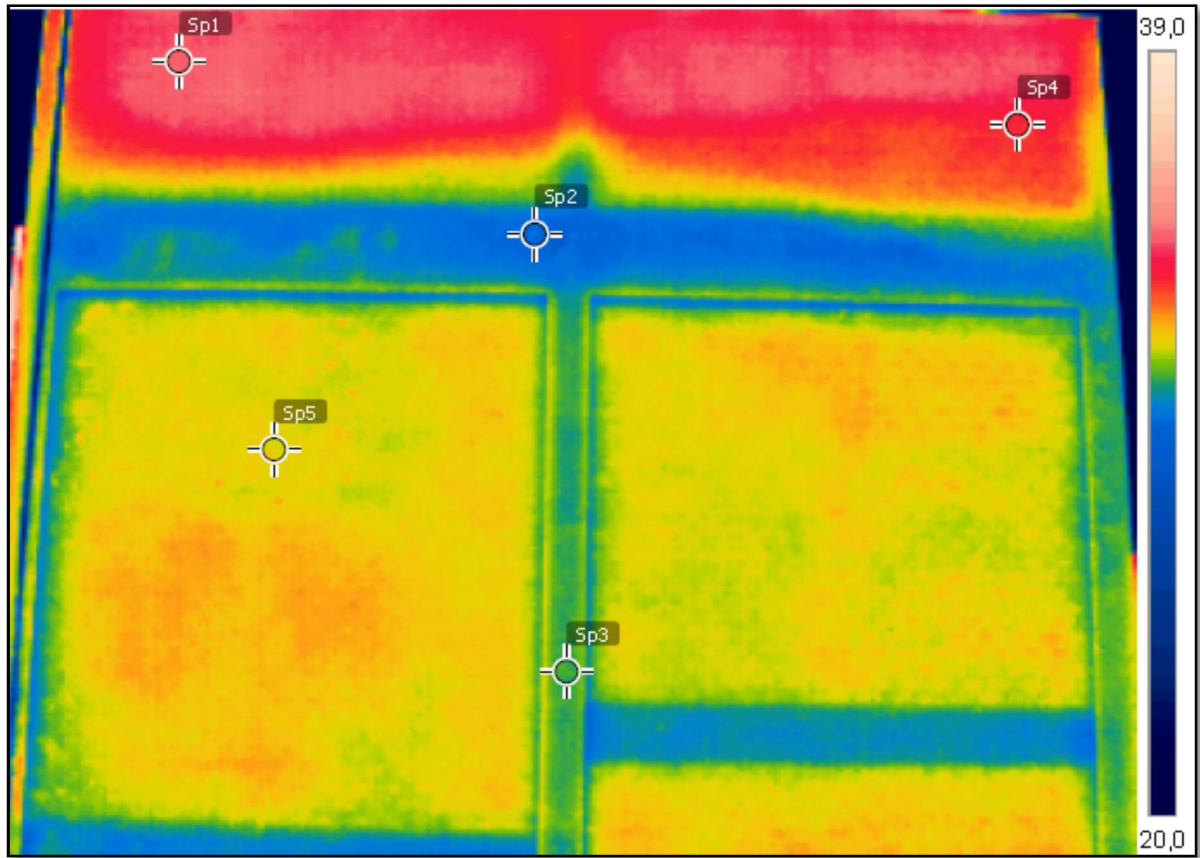
Figura 36 - Patologias encontradas na Fachada 2



Fonte: Acervo do autor

Para a segunda análise da fachada foram extraídas imagens termográficas da estrutura, buscando determinar as possíveis causas das patologias encontradas, observando sempre a variação de temperatura encontrada na estrutura. Na Figura 37, encontra-se uma imagem termográfica da fachada.

Figura 37 - Imagem termográfica da Fachada 2



Fonte: Acervo do autor

Os pontos Sp1, Sp2, Sp3, Sp4 e Sp5, marcam as temperaturas encontradas na fachada no momento da captura da imagem, e encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Temperatura encontrada em cada ponto

Tipo	Temperatura
Sp1	34,6°C
Sp2	30,4°C
Sp3	31,2°C
Sp4	33,6°C
Sp5	32,0°C

Fonte: Acervo do autor

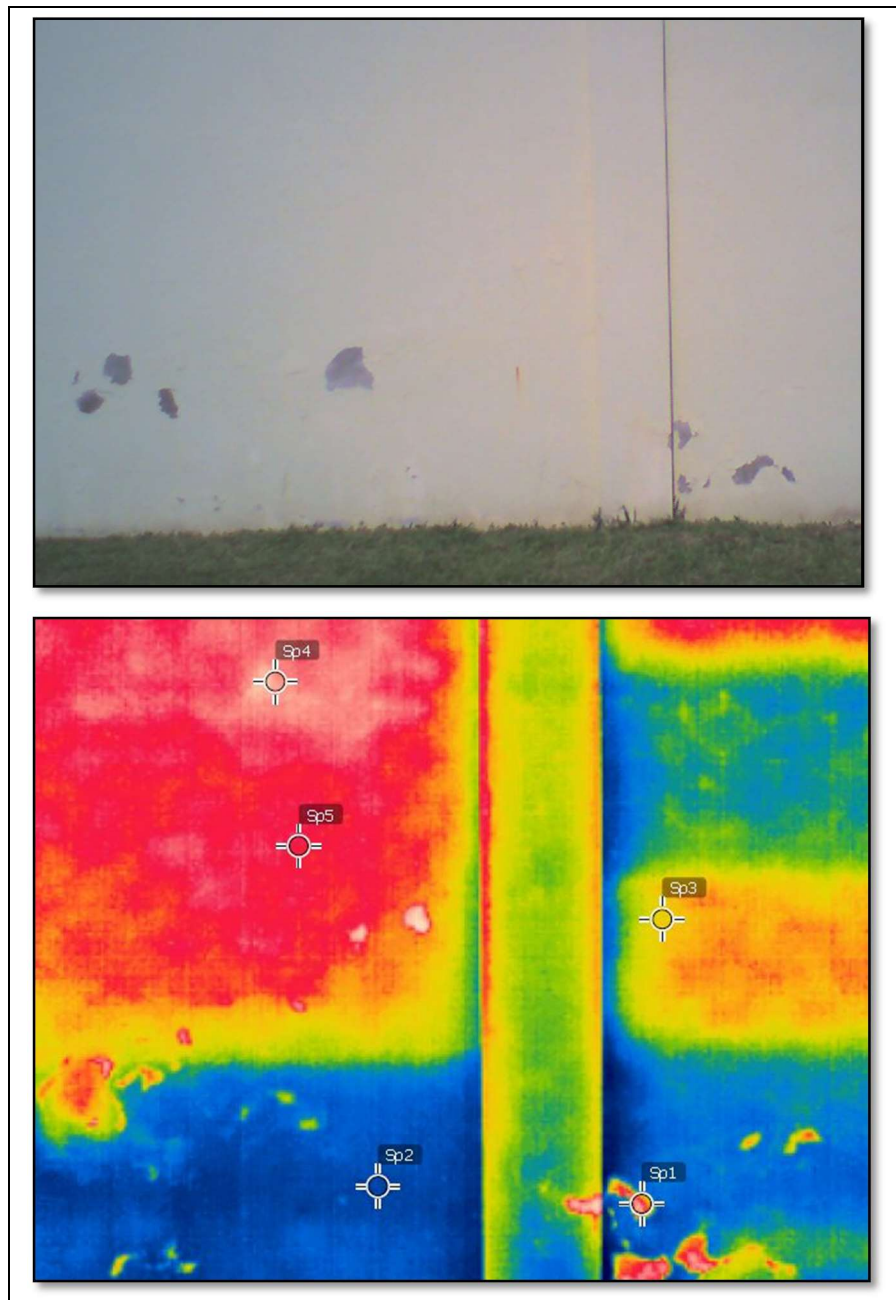
Na Figura 37 e Tabela 3 é possível notar uma grande variação na temperatura mostrando assim que cada material se comporta de uma forma quando exposto aos raios solares.

Avaliando os pontos Sp1 e Sp4 que se encontram na extremidade superior da fachada mais precisamente na platibanda é presumível que esses sejam os pontos onde se localizam as maiores temperaturas encontradas na fachada devido à grande incidência de raios solares.

Os pontos Sp2 e Sp3 localizam-se em elementos de concreto armado (vigas e pilares), portanto justifica-se o encontro de menores temperaturas nestes.

O ponto Sp5 encontra-se no painel de alvenaria de vedação composta por tijolos cerâmicos. Esses elementos possuem uma temperatura elevada se comparado aos elementos de concreto armado, logo se constata que possui uma temperatura menor se comparado à extremidade da fachada que consiste do mesmo material, isto porque esse ponto possui menor incidência dos raios solares.

Figura 38 - Imagem termográfica aproximada



Fonte: Acervo do autor

Comparando os pontos Sp1 a Sp5 da Figura 38, porém agora no terço inferior da fachada enquadrando os pontos com maior incidência das patologias (bolhas e desagregação da pintura), existe uma grande variação da temperatura novamente. As temperaturas encontradas são respectivamente: 33,1°C, 30,2°C, 31,9°C, 33,6°C e 32,9°C.

Depois dessas constatações sobre as imagens apanhadas e das manifestações patológicas encontradas, é possível chegar aos seguintes diagnósticos:

- **Bolhas:** existem alguns fatores que podem desencadear esse tipo de patologia como: umidade, sujeira na superfície, reboco fraco, bem como excesso de demão de tinta. Neste caso é possível notar que existe umidade na região onde existe este tipo de patologia, levando a concluir-se então que esta seja a causa para a origem dessa manifestação.

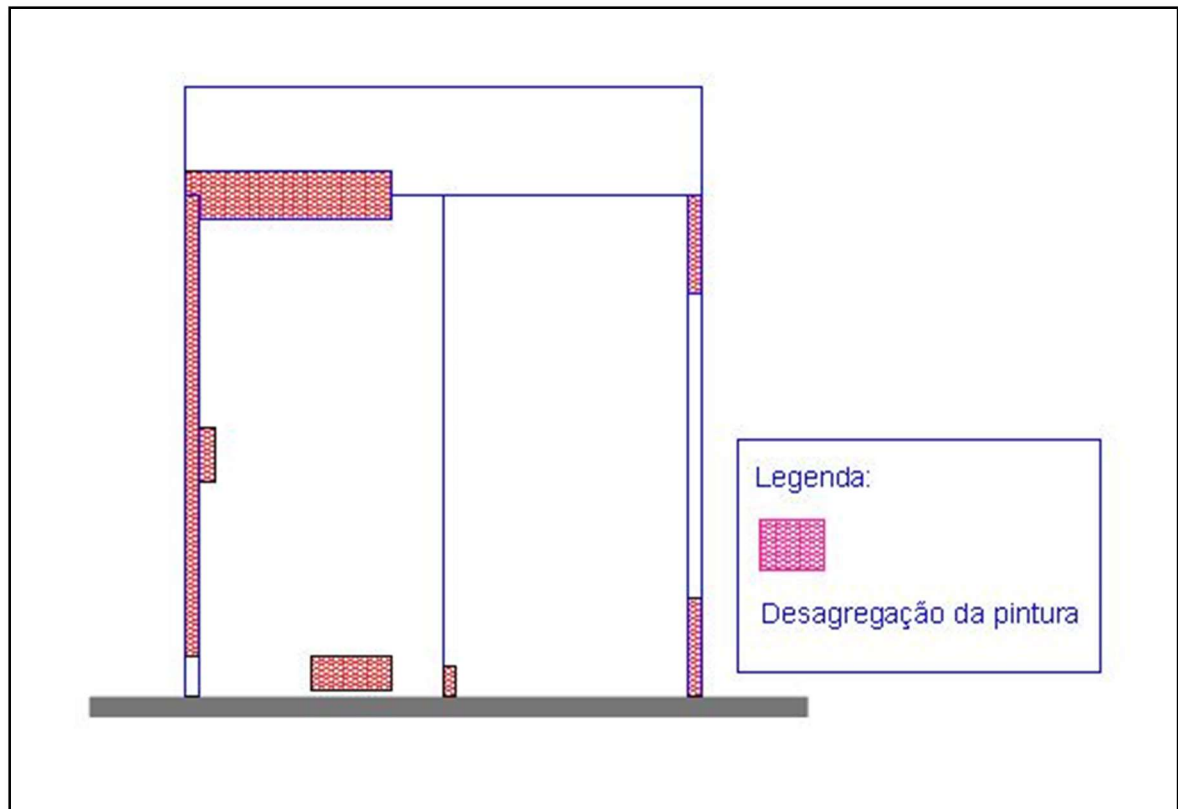
- **Desagregação da pintura:** esta patologia encontra-se nas extremidades da fachada, o que pode indicar pontos de umidade nessas regiões causando o destacamento da tinta, outro fator que pode intensificar essa manifestação é a aplicação da tinta sobre a superfície de reboco com a presença de poeira e outras impurezas.

- **Retração da pintura:** essa patologia possivelmente ocorreu devido a aplicação da tinta sobre superfície úmida, fazendo com que se ocorra a retração após a secagem da tinta.

4.3.2.1 Mapa de incidência da Fachada 2

Na Figura 39, encontra-se o mapa de incidência de danos encontrados na Fachada 2. É perceptível a partir dessa imagem notar que a desagregação da pintura ocorre nos extremos da estrutura e também na platibanda, que são pontos onde existe umidade.

Figura 39 - Mapa de incidência de danos na Fachada 2



Fonte: Elaboração própria

Para quantificar essa manifestação patológica foi determinada a área de incidência desta, que se encontra na Tabela 4.

A partir da área total da estrutura de terminou-se então a porcentagem da incidência dessa manifestação patológica na fachada, a qual foi de 14,71% da área total.

Tabela 4 - Área de incidência

Manifestação Patológica	Área de Incidência (m ²)
Desagregação da pintura	10,13
Área total da fachada	68,85

Fonte: Elaboração própria

4.3.3 Fachada 3

A Fachada 3, localiza-se no Prédio denominado de Obras da UNIPAMPA, campus Alegrete. O método construtivo consiste em concreto armado, com vedações

em tijolos cerâmicos e argamassa como revestimento. A edificação foi liberada para uso em 11 de novembro de 2011, possuindo assim 6 anos de uso. A fachada possui 9 metros de altura, e 11,28 metros de comprimento, totalizando uma área de 101,52 m². Como esta fachada está na posição sudoeste, o maior índice de insolação ocorre no período da tarde. As imagens foram capturadas em um dia ensolarado, com temperatura média de 26°C, umidade relativa de 53%, sensação térmica de 30°C, e com vento de 14km/h. A Figura 40 demonstra a Fachada 3, a ser analisada.

Figura 40 - Fachada 3

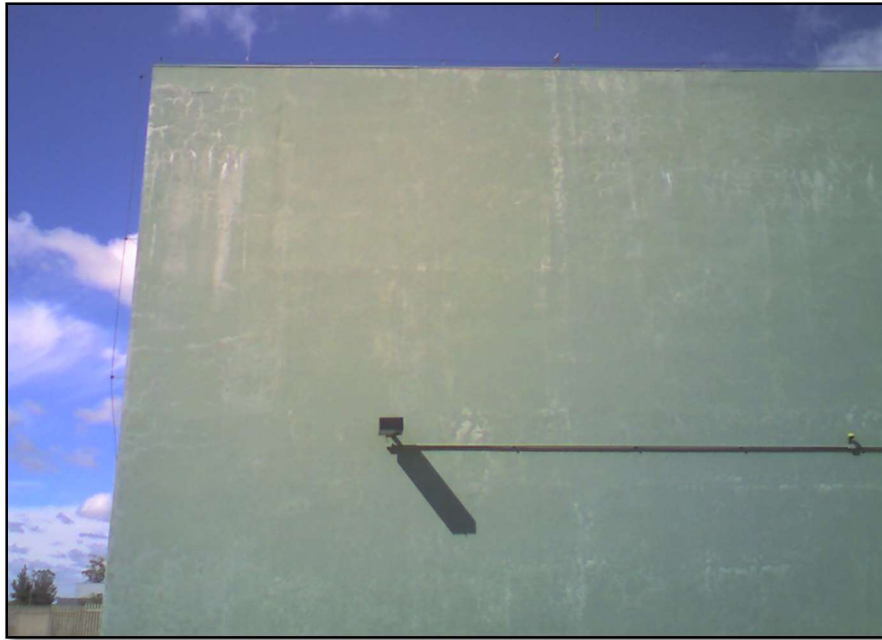


Fonte: Acervo do autor

Na Figura 40, nota-se que a patologia mais evidente encontrada são as eflorescências, ocasionadas pela percolação de água entre as fissuras principalmente no topo da parede.

Com a aproximação da câmera, demonstradas nas Figuras 41 e 42 pode ser observado que existem manchas causadas pela umidade, fissuras mapeadas e fissuras horizontais, que não foram notadas anteriormente.

Figura 41 - Imagem aproximada do topo da fachada



Fonte: Acervo do autor

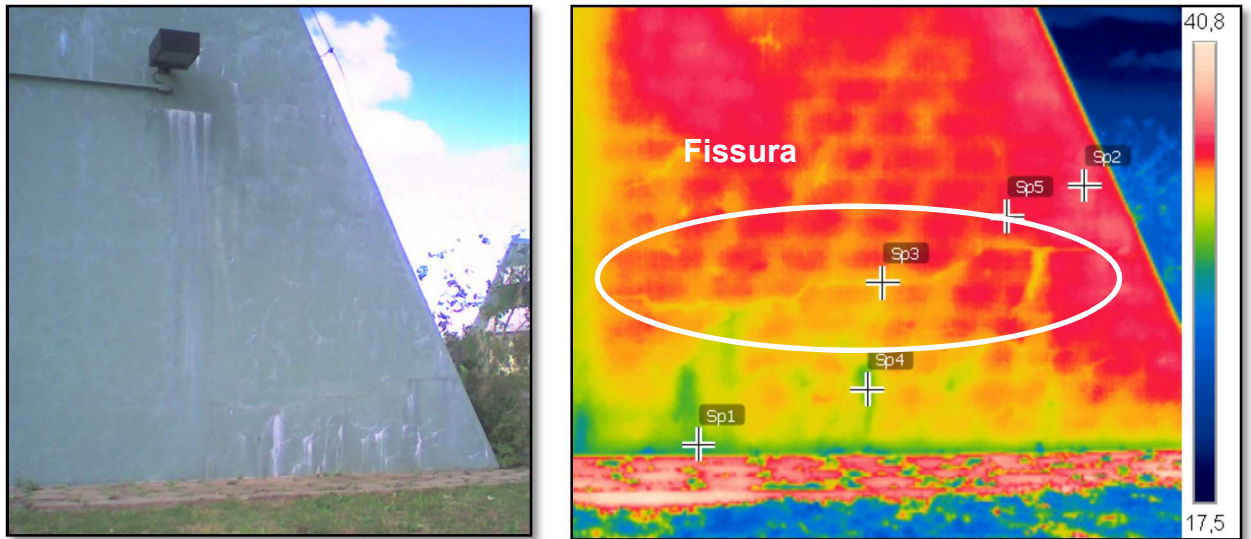
Figura 42 – Imagem aproximada da base da fachada



Fonte: Acervo do autor

Com o auxílio da câmera termográfica fez-se então a segunda análise, a qual busca identificar a influência dessas patologias na temperatura da Fachada 3.

Figura 43 - Imagem termográfica da base da Fachada 3



Fonte: Acervo do autor

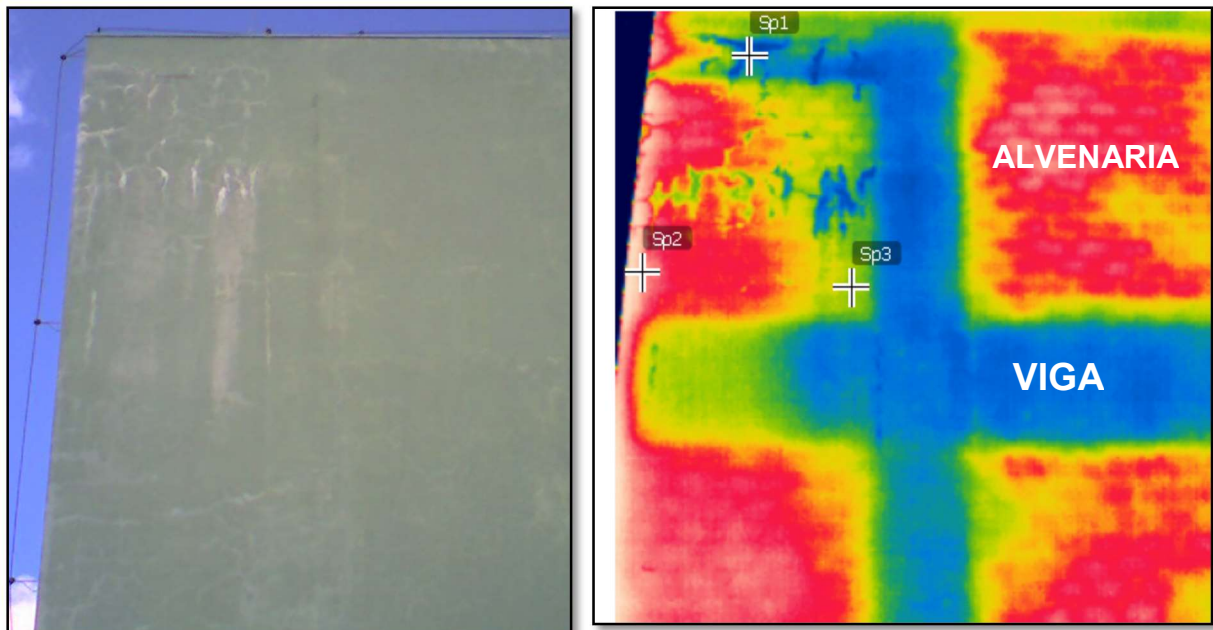
Com a Figura 43, é possível notar uma grande variação da temperatura nas extremidades da fachada, mostrando de forma clara as fissuras já vistas nas imagens anteriores e também as manchas de umidade. Os pontos Sp1, Sp2 e Sp3, Sp4 e Sp5 possuem as seguintes temperaturas representados na Tabela 5.

Tabela 5 - Temperatura encontrada em cada ponto

Tipo	Temperatura
Sp1	29,9°C
Sp2	36,7°C
Sp3	33,6°C
Sp4	31,3°C
Sp5	35,6°C

Fonte: Elaboração própria

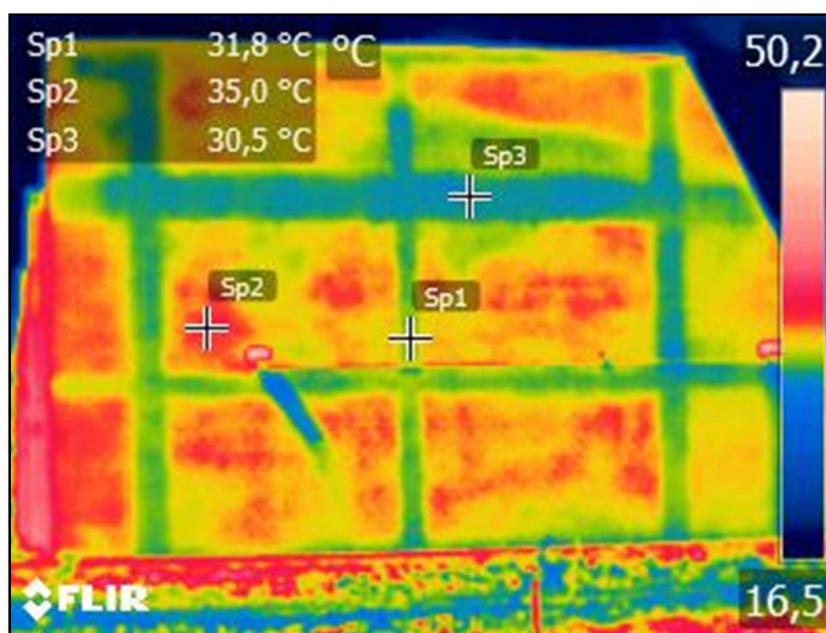
Figura 44 - Imagem termográfica no topo da Fachada 3



Fonte: Acervo do autor

Na Figura 44, os pontos Sp1, Sp2 e Sp3 representam a temperatura neste ponto da fachada, que são respectivamente $30,9^{\circ}\text{C}$, $36,3^{\circ}\text{C}$ e $32,8^{\circ}\text{C}$, nota-se novamente uma variação de temperatura. Percebe-se que essa variação ocorre nos elementos que possuem materiais diferentes, onde a temperatura mais baixa encontra-se nos elementos de concreto armado (vigas e pilares), seguida por uma temperatura mais alta na alvenaria, e pôr fim a maior temperatura localiza-se na extremidade da fachada.

Figura 45- Imagem Termográfica da Fachada 3



Fonte: Acervo do autor

Já com as Figuras 44 e 45 pode-se comprovar as manchas causadas pela água e as fissuras horizontais demonstradas anteriormente na Figura 41.

Após a realização da análise das imagens definindo então as manifestações patológicas encontradas, chegou-se aos seguintes diagnósticos:

- **Eflorescências:** como descrito no item 2.2.3.7 as eflorescências são causadas pelo fluxo de água presente na estrutura que acaba dissolvendo e trazendo para a superfície sais solúveis que se depositam de forma esbranquiçada. Assim como visto anteriormente a fachada possui vários pontos com umidade o que torna propício a desenvolver eflorescências.

- **Fissuras:** primeiramente pode ser visto fissuras mapeadas em quase toda a extensão da fachada, e também fissuras horizontais nos extremos, esse tipo de patologia costuma aparecer quando existe grandes movimentações térmicas entre o revestimento e a estrutura causando retração da argamassa, o que ficou evidente a partir das imagens termográficas.

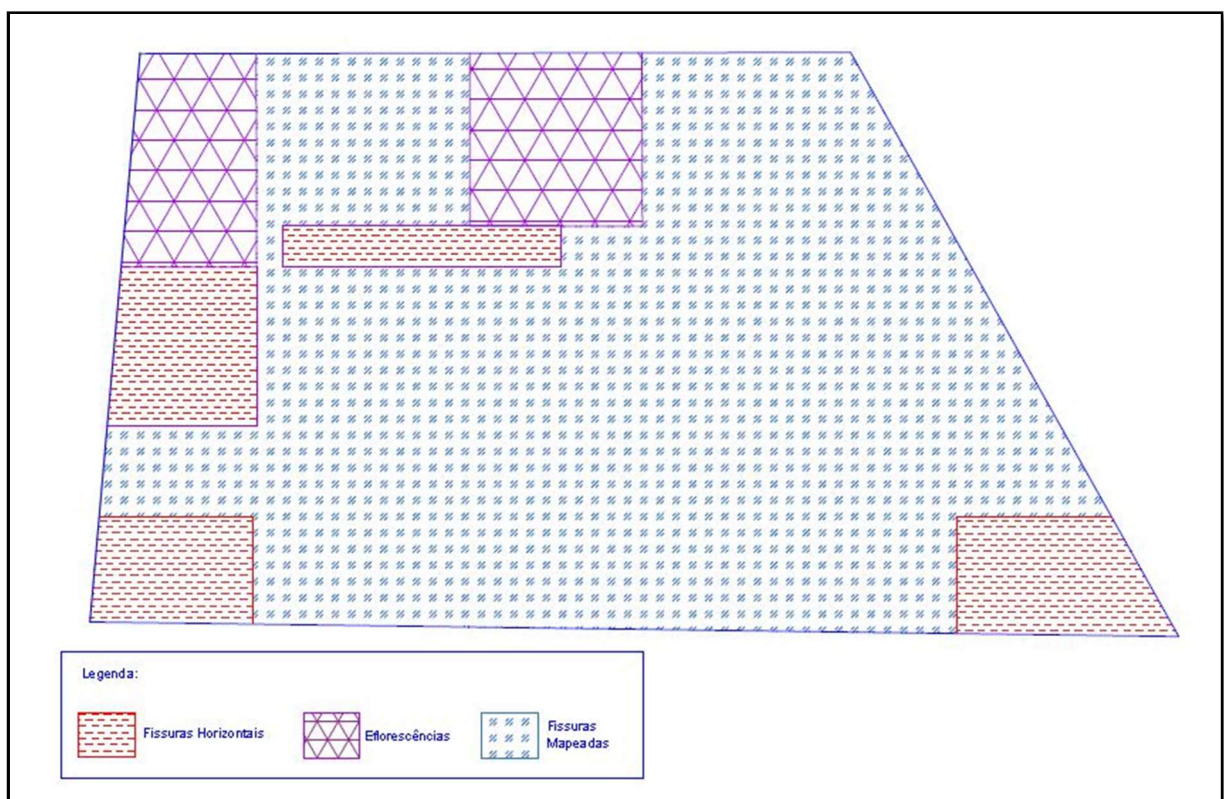
- **Manchas:** com a ocorrência de chuvas, a água acumula-se na superfície e acaba adentrando pelas fissuras, e então causando o aparecimento dessa patologia. Como trata-se de um prédio com poucos anos de utilização, é possível enxergar apenas manchas causadas pela umidade acumulada na fachada, possivelmente se

as patologias não forem tratadas essa evolua com o aparecimento de microrganismos na superfície.

4.3.3.1 Mapa de incidência da Fachada 3

Na Figura 46, é possível visualizar o mapa de incidência de danos da Fachada 3. Percebe-se que as fissuras mapeadas se encontram ao longo de toda a extensão da fachada, demonstrando-se assim que da maneira estimada das áreas de incidência, 100% da estrutura já se encontra com alguma manifestação patológica.

Figura 46 - Mapa de incidência da Fachada 3



Fonte: Acervo do autor

Na Tabela 6, encontram-se as áreas obtidas para cada manifestação patológica a partir do mapa de incidência.

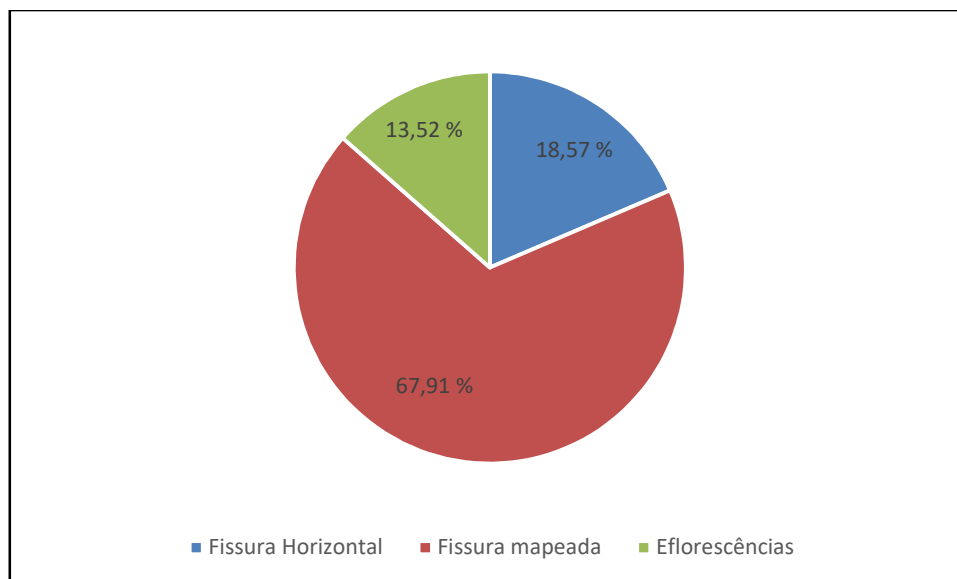
Tabela 6 - Área de incidência

Manifestação Patológica	Área de Incidência (m ²)
Fissuras Horizontais	18,85
Fissuras Mapeadas	68,94
Eflorescências	13,73
Área total da fachada	101,52

Fonte: Elaboração própria

Como pode ser visto na Figura 47, a partir da área total então determinou-se que 67,91% das patologias encontradas na fachada são fissuras mapeadas, seguidas das fissuras horizontais 18,57%, e por fim 13,52% das eflorescências.

Figura 47 - Porcentagem de manifestações patológicas na estrutura



Fonte: Elaboração Própria

4.3.4 Fachada 4

A Fachada 4, localiza-se no Prédio denominado de Laboratório Engenharia Mecânica, campus Alegrete. O método construtivo consiste em concreto armado, com vedações em tijolos cerâmicos e argamassa como revestimento. A edificação foi liberada para o uso em 17 de novembro de 2011, possuindo assim 6 de ocupação. A fachada possui 9 metros de altura, e 11,28 metros de comprimento, totalizando uma

área de 101,52 m². Como esta fachada está na posição nordeste, o maior índice de insolação ocorre no período da manhã. As imagens termográficas foram capturadas em um dia ensolarado, com temperatura média de 25°C, umidade relativa de 24%, sensação térmica de 27°C, e com vento de 23km/h.

A Figura 48 demonstra a Fachada 4, a ser analisada.

Figura 48 - Fachada 4



Fonte: Acervo do autor

Em uma primeira análise da Fachada 4 a partir da Figura 48, é possível notar algumas manifestações patológicas como eflorescências, fissuras mapeadas e manchas de umidade.

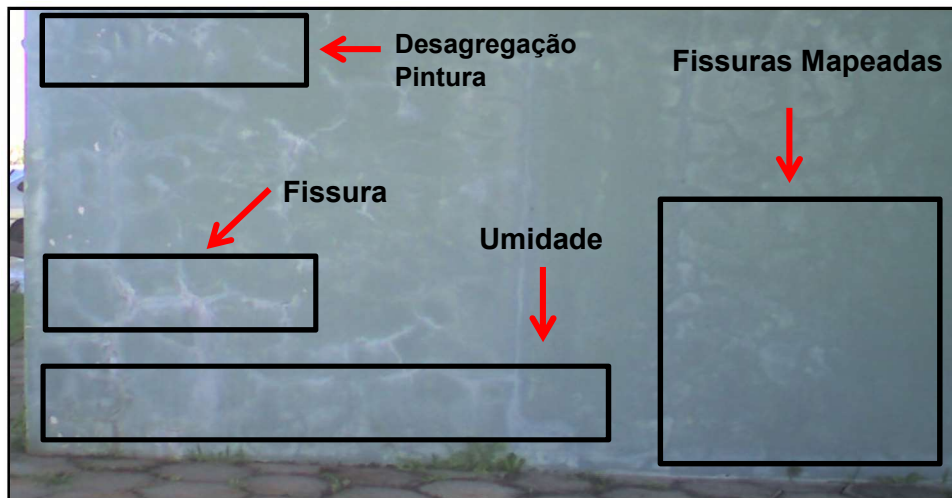
Utilizando o mesmo método de aproximação da câmera, veremos se é possível notar mais manifestações patológicas não vistas na Figura 49.

Figura 49 - Canto inferior direito da fachada



Fonte: Acervo do autor

Figura 50 - Canto inferior esquerdo da fachada

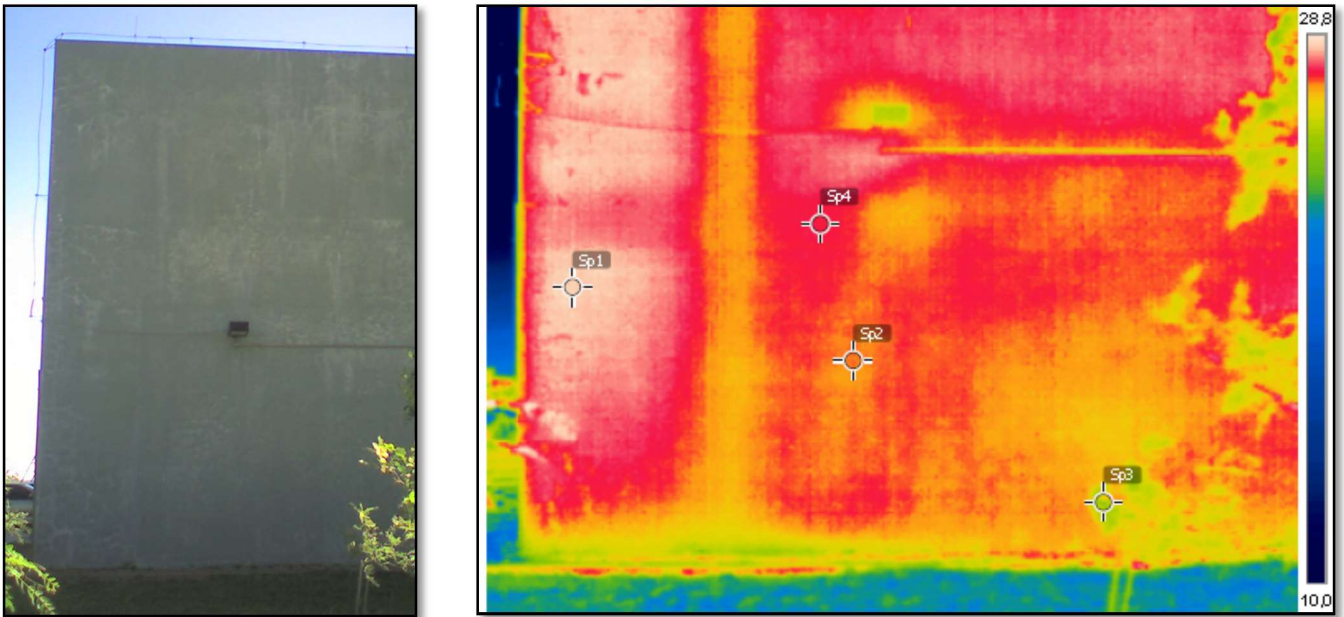


Fonte: Elaboração Própria

Analisando então as Figuras 49 e 50 é visível que existem inúmeras patologias nesta fachada como: fissuras mapeadas nas extremidades, umidade, desagregação da pintura, fissuras verticais, eflorescências e fissuras horizontais.

A seguir será mostrado as imagens termográficas capturadas desta fachada, analisando então as temperaturas encontradas em cada ponto dessa, buscando identificar qual a influência da temperatura nas manifestações encontradas.

Figura 51 - Comparação entre imagem convencional e imagem termográfica



Fonte: Acervo do autor

Analisando as duas imagens da Figura 51, é possível perceber que existe alguns obstáculos atrapalhando na captura da imagem. Os pontos Sp1 a Sp4, possuem as temperaturas descritas na Tabela 7. O ponto Sp3 foi colocado apenas para sinalizar que existe uma árvore naquela região.

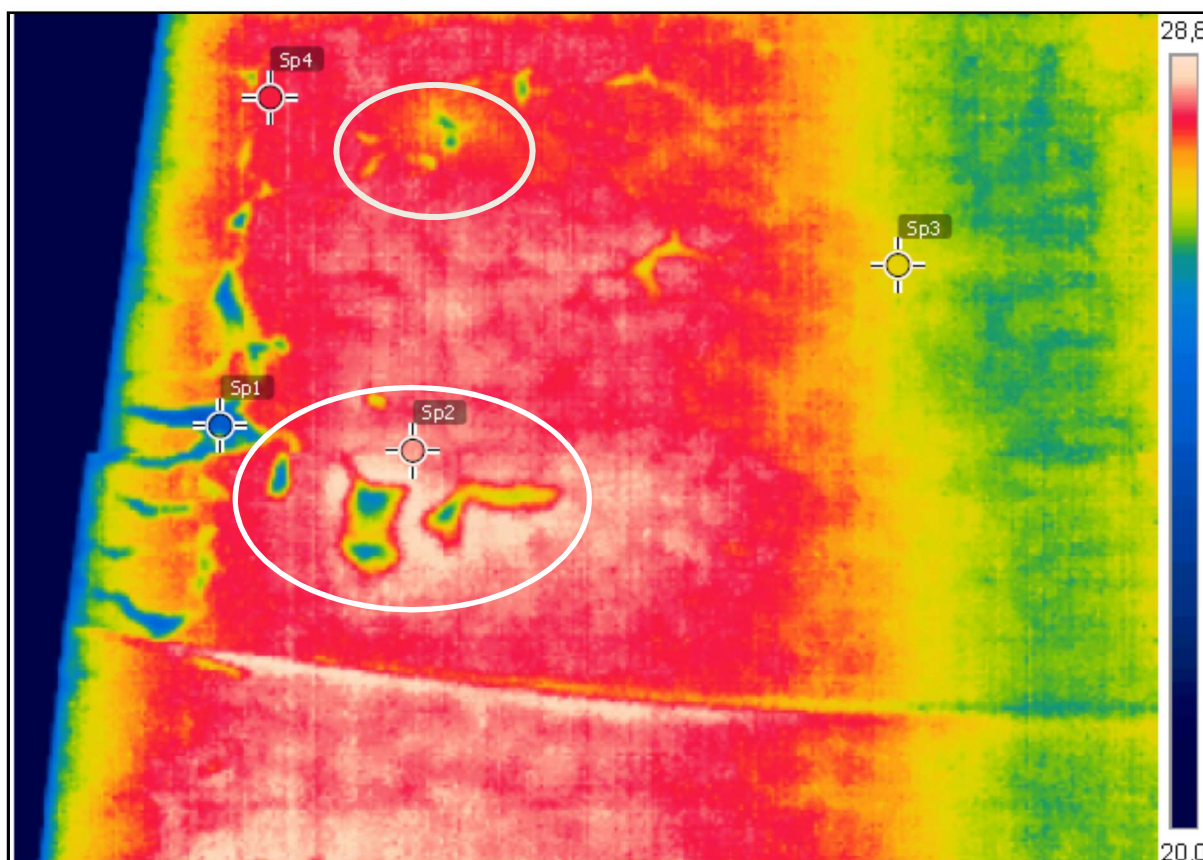
Tabela 7 - Temperatura dos pontos descritos na figura 50

Tipo	Temperatura
Sp1	28,5°C
Sp2	27,3°C
Sp3	25,4°C
Sp4	27,5°C

Fonte: Elaboração própria

Os pontos com maior temperatura encontram-se nas extremidades da fachada, exceto pela extremidade inferior que possui a menor temperatura comparada entre os pontos descritos, devido à falta de incidência solar nessa região.

Figura 52 - Extremidade superior esquerda da fachada



Fonte: Acervo do autor

Na Figura 52, consegue-se perceber as manifestações patológicas já descritas. Os pontos Sp1-24,7°C, Sp2-28,3°C, Sp3-27,2°C e Sp4-28,0°C.

Nas regiões formadas pelas elipses na Figura 52 encontram-se as fissuras mapeadas, bem como as eflorescências. É de fácil percepção que essas regiões possuem grande variação da térmica, e que isso influencia de forma profunda no surgimento de manifestações patológicas.

Após essas considerações feitas a partir das imagens coletadas, conclui-se os seguintes diagnósticos, para as manifestações patológicas encontradas.

- **Eflorescências:** como foi possível notar através das imagens termográficas a fachada possui vários pontos com umidade, facilitando que ocorra a percolação de água, e o transporte dos sais solúveis, fazendo com que se desenvolva as eflorescências.

- **Fissuras:** primeiramente pode ser visto fissuras mapeadas em quase toda a extensão da fachada, essas ocorrem devido a movimentações higrotérmicas da estrutura com o revestimento, causando assim a retração da argamassa. As fissuras

verticais encontradas devem-se possivelmente ao enfraquecimento da ligação dos elementos de concreto armado com a vedação da estrutura. Já as fissuras horizontais devem ter sido causadas pela expansão da argamassa de assentamento.

- **Manchas:** nesta fachada ocorre essa patologia da mesma maneira como foi descrito para a Fachada 3, a água acumula-se na superfície e acaba adentrando pelas fissuras, causando o surgimento dessa patologia.

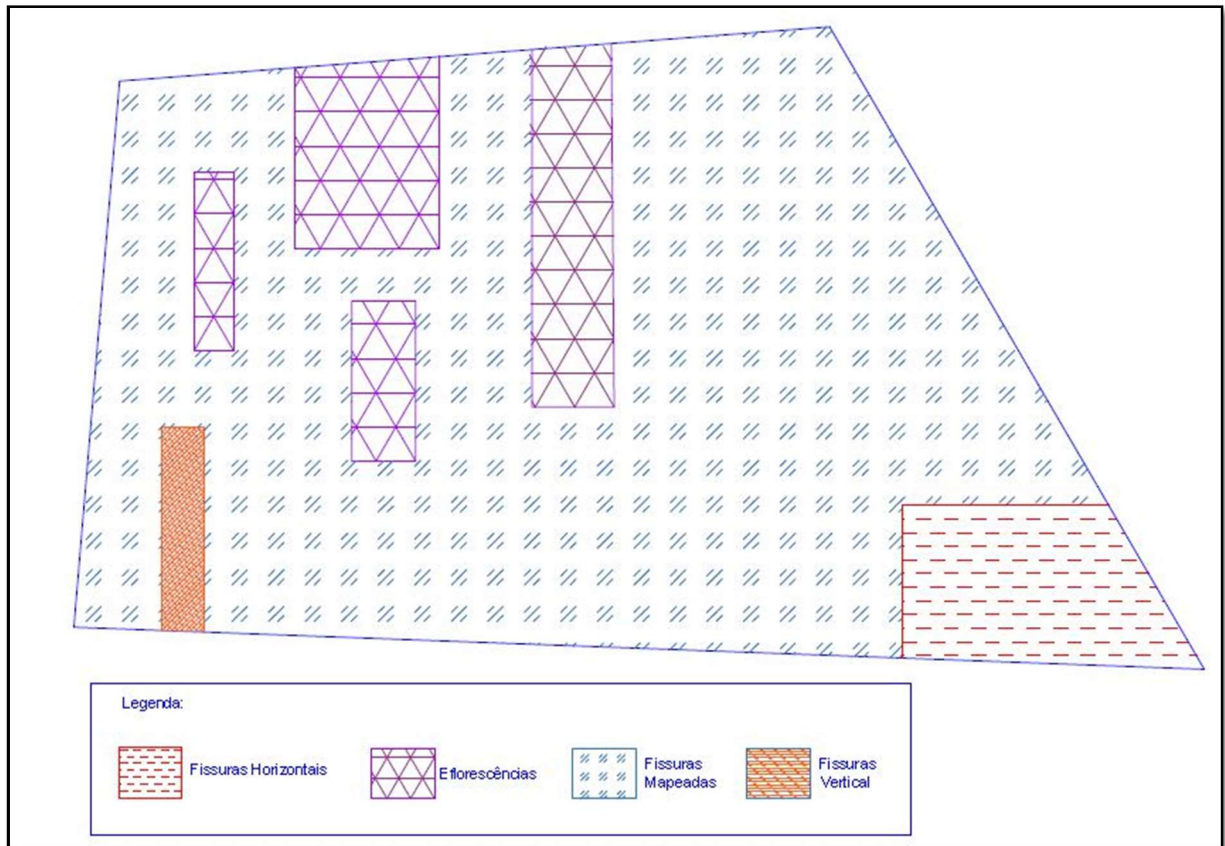
- **Desagregação da pintura:** como existe um grande número de pontos de umidade na fachada, isso faz com que ocorra o destacamento da tinta, outro ponto que pode ativar o aparecimento dessa patologia é a aplicação da tinta sobre uma superfície com poeira ou alguma impureza.

4.3.4.1 Mapa de incidência da Fachada 4

Na Figura 53, demonstra-se o mapa de incidência encontrado para a Fachada 4 em estudo.

Nota-se então que a maior parte da estrutura se encontra com fissuras mapeadas, fazendo com que 100% da fachada já tenha sido deteriorada por alguma manifestação patológica.

Figura 53 - Mapa de incidência da Fachada 4



Fonte: Acervo do autor

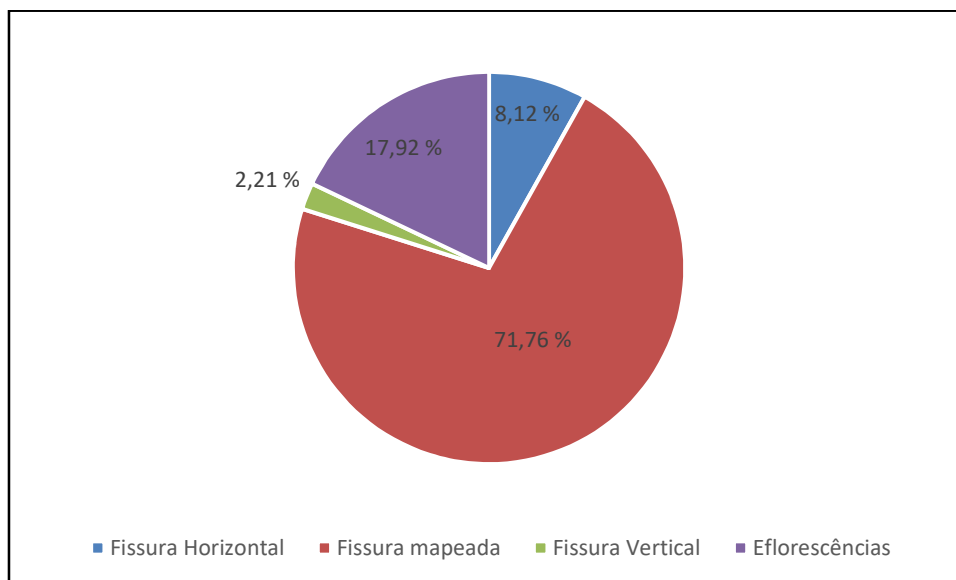
Na Tabela 8, encontram-se as áreas de incidência encontradas para cada manifestação patológica, bem como a área total da fachada.

Tabela 8 - Área de incidência

Manifestação Patológica	Área de Incidência (m ²)
Fissuras Horizontais	8,24
Fissuras Mapeadas	72,85
Fissuras Verticais	2,24
Eflorescências	18,19
Área total da fachada	101,52

Fonte: Elaboração própria

Figura 54 - Porcentagem das manifestações patológicas na fachada



Fonte: Elaboração Própria

A partir da Figura 54, verifica-se que 71,76% da área total da estrutura encontra-se com fissuras mapeadas, seguida pelas eflorescências 19,92%, fissuras horizontais 8,12% e por fim as fissuras verticais 2,21%

4.4 Análise global dos resultados

No Quadro 4, foi realizado um resumo de todas as manifestações patológicas encontradas nas fachadas, bem como o respectivo diagnóstico para este tipo de anomalia.

Quadro 4 – Resumo das manifestações patológicas encontradas e seu respectivo diagnóstico.

Fachadas	Diagnostico
Fachadas 1, 3 e 4	Eflorescências: existe nestas fachadas vários pontos com umidade, facilitando que ocorra a percolação de água, e o transporte dos sais solúveis, fazendo com que se desenvolva as eflorescências.
Fachadas 1, 3 e 4	Manchas: com a ocorrência das chuvas, a água acumula-se na superfície e acaba percolando para dentro da estrutura

Continua...

Continuação...

	<p>pelas fissuras, causando o surgimento dessa patologia.</p>
<p>Fachadas 1, 2 e 4</p>	<p>Desagregação da pintura: como existe um grande número de pontos de umidade na fachada, isso faz com que ocorra o destacamento da tinta, outro ponto que pode ativar o aparecimento dessa patologia é a aplicação da tinta sobre uma superfície com poeira ou alguma impureza.</p>
<p>Fachada 2</p>	<p>Bolhas: existem alguns fatores que podem desencadear esse tipo de patologia como: umidade, sujeira na superfície, reboco fraco, bem como excesso de demão de tinta. Neste caso é possível notar que existe umidade na região onde existe este tipo de patologia, levando a concluir-se então que esta seja a causa para a origem dessa manifestação.</p>
<p>Fachada 2</p>	<p>Retração da pintura: essa patologia possivelmente ocorreu devido a aplicação da tinta sobre superfície úmida, fazendo com que se ocorra a retração após a secagem da tinta.</p>
<p>Fachadas 1, 3 e 4</p>	<p>Fissuras: primeiramente pode ser visto fissuras mapeadas em quase toda a extensão das fachadas, essas ocorrem devido a movimentações higrotérmicas</p>

Continua...

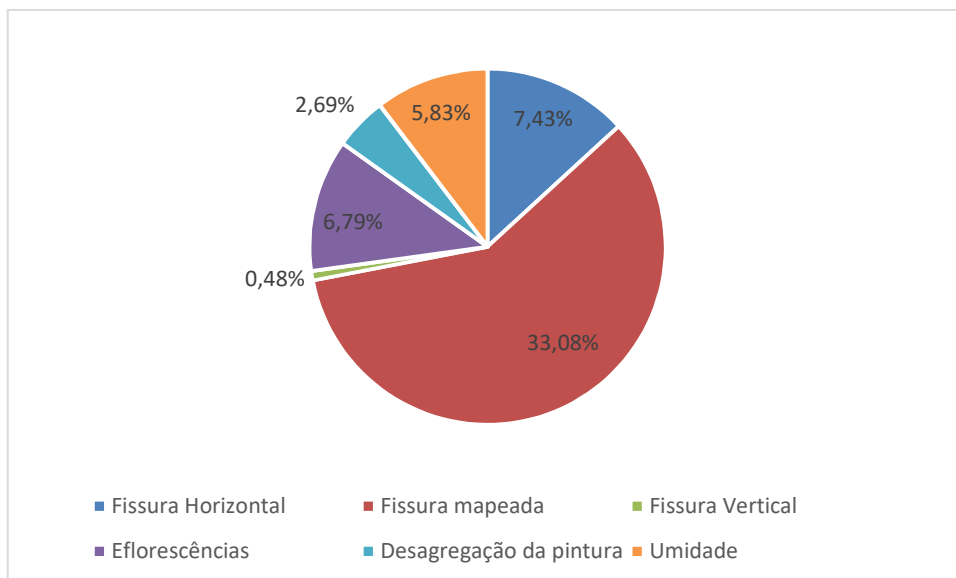
Continuação...

	<p>da estrutura com o revestimento, causando assim a retração da argamassa. As fissuras verticais encontradas devem-se possivelmente ao enfraquecimento da ligação dos elementos de concreto armado com a vedação da estrutura. Já as fissuras horizontais devem ter sido causadas pela expansão da argamassa de assentamento.</p>
--	--

Fonte: Elaboração Própria

A partir de todos os mapas de incidência realizados para cada fachada estudada, foi possível então encontrar a porcentagem de cada manifestação patológica total das quatro fachadas analisadas, expostas na Figura 55.

Figura 55 - Porcentagem total das manifestações patológicas nas fachadas



Fonte: Elaboração Própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi possível por meio de inspeções *in loco* verificar uma quantidade considerável de manifestações patológicas nas fachadas, e com o auxílio da termografia pode-se visualizar outras anomalias ocultas, como a umidade. Isso faz com que a termografia digital atue na identificação de manifestações patológicas de forma satisfatória, apesar de ainda ser pouco utilizada em estudos no Brasil.

A principal vantagem da utilização de imagens termográficas neste estudo, foi a possibilidade de observar pontos de umidade nas fachadas, que pode se observar em pontos mais frios na superfície. Outro item importante é a visualização onde há locais com fissuras, pois com o acúmulo de água nesses pontos, faz com se observe temperaturas mais elevadas neste local.

As fissuras encontradas na fachada foram: horizontais, verticais e mapeadas. Essas geralmente ocorrem pela variação térmica, que acaba dilatando e comprimindo a estrutura até que se forme esse tipo de manifestação patológica. Deve-se então realizar reparos na estrutura para que com o passar do tempo e o acúmulo de umidade não faça com que gere mais manifestações patológicas.

Foram encontradas também manchas de umidade, eflorescências e desagregação da pintura. Quando existe o acúmulo de água dentro da estrutura, essa acaba formando manchas de umidade na superfície, o que também contribui para a percolação dos sais solúveis, fazendo com que ocorra eflorescências. Esses pontos de umidade também fazem com que ocorra o destacamento da tinta, que também pode ocorrer caso a aplicação da tinta seja feita sobre uma superfície com poeira ou alguma impureza.

Com os dados recolhidos sobre cada fachada, foi possível perceber que todas essas possuem pouco tempo de uso, o que torna preocupante a situação a qual elas se encontram, devendo-se assim realizar uma intervenção na estrutura, antes que essa esteja completamente comprometida.

Sendo assim, a metodologia desenvolvida neste trabalho atingiu o objetivo da pesquisa, uma vez que foi possível constatar as manifestações patológicas e suas possíveis causas.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Coletar e estudar imagens termográficas em diferentes estações do ano;

- Realizar o mesmo estudo, porém nas paredes internas da Universidade Federal do Pampa;

REFERÊNCIAS

ANJOS, Leandro Oliveira – **Identificação das Principais Patologias de Fachadas em Edifícios no Município de Alegrete/RS**. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal do Pampa. 2016.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de casos**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

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

AZEREDO, Hélio Alves de, 1921- **O edifício e seu acabamento**/Hélio Alves de Azeredo – São Paulo: Edgard Blücher, 1987.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 4ª ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008.

BARREIRA, E.; ALMEIDA R.M.S.F; DELGADO J.M.P.Q. **Infrared thermography for assessing moisture related phenomena in building components**. Construction and Building Materials, Volume 110, 1 maio 2016, p. 251-269.

BARREIRA, Eva Sofia Botelho Machado – **Aplicação da Termografia ao Estudo do Comportamento Higrotérmico dos Edifícios**. 2004 . 163f. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, março de 2004.

BAUER, Elton; LEAL, Franz E Castelo Branco – **Condicionantes das medições termográficas para avaliação da temperatura em fachadas**. X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza 7 a 9 de maio de 2013.

BAUER, Elton; PAVÓN, Elier; HILDENBERG, Antonio – **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/RS, 28 a 30 de abril de 2015.

BAUER, L. A. Falcão – **Materiais de Construção: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto**. Volume 2, 5ª Edição. Editoria JC Livros Técnicos e Científicos. 2008.

BAUER, Elton; SILVA, Maria de Nazaré B.; ZANONI, Vanda A. G. – **Mensuração da Degradação e Vida Útil em Fachadas**. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Porto Alegre, 28 a 30 de abril de 2015.

BREITBACH, Aécio de M.; PADARATZ, Ivo Jose; GLEIZE, Philippe Jean Paul. – **Avaliação Termográfica de Fachadas**. X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza 7 a 9 de maio de 2013.

CAMPANTE, Edmilson Freitas; BAÍA, Luciana Leone Maciel – **Projeto e Execução de Revestimento Cerâmico** – São Paulo. O Nome da Rosa, 2008.

CARASEK, H. Argamassa. In *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 1ª ed. São Paulo: IBRACON, 2007, v.2, p. 870-904.

CARVALHO, Isabella Chaves; PIKANÇO, Marcelo de Souza; MACEDO, Alcebíades Negrão – **Identificação de Patologias em Fachadas e Metodologia de Análise: Estudos de casos na Universidade Federal do Pará**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, volume 9, N°2, p. 38-56, 2014.

CARVALHO, Liliane Zoch - **Levantamento de Manifestações Patológicas de Edificações do Patrimônio Cultural do Município de Alegrete-RS**. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal do Pampa. 2015.

CEOTTO, Luiz H. et al. **Revestimentos de Argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Recomendações Técnicas Habitare. Volume 1. ANTAC – Porto Alegre, 2005.

CORTIZO, Eduardo Cabaleiro – **Avaliação da Técnica de Termografia Infravermelha para Identificação de Estruturas Ocultas e Diagnostico de Anomalias em Edificações: Ênfase em Edificações de Patrimônio Histórico**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2 de julho de 2007.

FIORITO, A. J. **Manual de argamassas e revestimento: estudos e procedimentos de execução** – 2 Edição - São Paulo: Pini, 2009.

FREITAS, Juliana Gomes de; CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo – **Aplicação de Metodologia para Inspeção de Revestimentos de Argamassa em Fachadas**. X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza 7 a 9 de maio de 2013.

FREITAS, Sara S. de; FREITAS P., Vasco; BARREIRA, Eva - **Detection of façade plaster detachments using infrared thermography – A nondestructive technique**. *Construction and Building Materials*, volume 70, 15 novembro 2014, p. 80-87.

HALLIDAY, D.; KRANE, K. S.; RESNICK, R. **Física 2**. 6ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002

JUNIOR, Alcides Costa Emanuelli; PADARATZ, Ivo José; PINTO, Roberto Caldas de Andrade – **Emprego do ultrassom, eco-impacto e termografia infravermelha para detectar falhas de injeção em cabos de protensão (pós tensionados)**. Anais do 53º Congresso Brasileiro CBC2011, novembro de 2011.

KRUG, Lucas Fernando – **Manifestações Patológicas em Edificação Construída na Década de 1930: Um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí/RS. 2006.

LIA, L. R. B.; QUITES, E. E. C. **Introdução à transferencia de calor**. 2005.

LUZ, Marcos de Almeida – **Manifestações Patológicas em Revestimentos Cerâmicos de Fachada em Três Estudos de Caso na Cidade de Balneário Camboriú**. 172f. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

MENDONÇA, Luís Viegas; AMARAL, Miguel Martins; CATARINO, Pedro Soares – **A termografia por infravermelhos como ferramentas para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios**. SPY Building Inspeção de Edifícios. 2013.

MENDONÇA, L. V. **Termografia por infravermelhos: inspeção de betão**. Revista Engenharia e Vida. Nº 16. Setembro 2005, pg. 53-57.

PEREIRA, Manuel Fernando Paulo. **Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural**. 2005. 445 f. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Escola de Engenharia Universidade do Minho. (Guimarães Portugal)

REIS, Wallace Pazeto da Silva – **Revestimento Cerâmico de Fachada: Projeto do Produto e da Produção**. 99f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

ROSCOE, Márcia Taveira – **Patologias em Revestimento Cerâmico de Fachada**. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B.. **Produção de Revestimentos Cerâmicos para Paredes de Vedação em Alvenaria - Diretrizes Básicas**. Notas de aula. p.29. São Paulo, 2001.

SANTOS, L. **Termografia infravermelha em subestações de alta tensão desabrigadas**. 129f. Dissertação (Mestrado). Programa da Pós-Graduação em Engenharia Energia. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá/MG, 2006.

SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS)**. 2005. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVA, Marinilda Nunes Pereira da; SILVA, Marly Nunes Pereira da; BARRIONUEVO, Bruno de Uzeda Serralvo; FEITOSA, Igor Marinho; SILVA, Givanildo Santos da – **Revestimento Cerâmicos e suas Aplicabilidades**. Cadernos de Graduação – ciências exatas e tecnológicas. Maceió, v.2, n.3, p87-97, maio de 2015.

TERRA, Ricardo Curi – **Levantamento de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachadas das Edificações da Cidade de Pelotas/RS**. Dissertação (mestrado em Engenharia). Porto Alegre, 2001.