

**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL**

LETÍCIA SHIROZAKI CUNHA

**Avaliação de Edificações com a utilização da Termografia
como ensaio não destrutivo – Estudo de caso**

Brasília

2016

LETÍCIA SHIROZAKI CUNHA

**Avaliação de Edificações com a utilização da Termografia
como ensaio não destrutivo – Estudo de caso**

Trabalho de Curso (TC) apresentado
como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia Civil
do UniCEUB - Centro Universitário de
Brasília

Orientador: Jorge Antônio da Cunha
Oliveira

Brasília
2016

LETÍCIA SHIROZAKI CUNHA

**Avaliação de Edificações com a utilização da Termografia
como ensaio não destrutivo – Estudo de caso**

Trabalho de Curso (TC) apresentado
como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia Civil
do UniCEUB - Centro Universitário de
Brasília

Orientador: Jorge Antônio da Cunha
Oliveira

Brasília, 08 de Junho de 2016.

Banca Examinadora

Eng°. Civil: Jorge Antônio da Cunha Oliveira, D.Sc.
Orientador

Eng°. Civil: Jocinez Nogueira Lima, M.Sc.
Examinador Interno

Eng°. Civil: André Del Negro
Examinador Externo

Agradecimentos

Aos meus pais, Nilson e Tânia, que sempre me incentivaram, apoiaram e educaram para me tornar uma pessoa melhor. Minhas irmãs, Carolina e Gabriela, que são minhas melhores companheiras que sempre me ajudam e torcem por mim. Muito obrigada.

Ao orientador professor Jorge Antônio da Cunha Oliveira que me apoiou, ensinou e compartilhou suas experiências profissionais.

A todos os companheiros e professores de curso que de contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional.

A minha família que sempre esteve entusiasmada ao meu lado me encorajando para a conclusão desta fase.

O meu obrigada a todos!

RESUMO

Atualmente a manutenção preditiva é essencial para que as obras atendam seu tempo de vida útil de maneira satisfatória e os usuários sintam-se seguros e confortáveis para usufruir dos empreendimentos. Existem ensaios não destrutivos que colaboram com uma manutenção preventiva a fim de evitar maiores problemas futuramente, como por exemplo o agravamento da manifestação patológica, maiores gastos com manutenção ou até mesmo acidentes. A termografia é um ensaio não destrutivo que vem sendo muito utilizado no mercado da engenharia civil e será mostrado neste trabalho através da realização de uma inspeção de fachada. O objeto de estudo deste trabalho foi o prédio do Centro Universitário de Brasília – UniCeub bloco 2 onde observou-se a fachada com a finalidade de detectar manifestações patológicas e mapear as regiões com necessidade de manutenção. Após a análise dos dados coletados, a termografia então mostrou-se eficaz na identificação de anomalias antes mesmo que sejam observadas a olho nu, possibilitando uma ação de reparo preventiva e beneficiando os usuários e proprietários.

Palavras chaves: Manifestações patológicas, termografia, manutenção.

ABSTRACT

Currently predictive maintenance is essential to the buildings meet your lifetime satisfactorily and users feel safe and comfortable to enjoy the developments. There are non-destructive tests that collaborating with preventive maintenance in order to avoid major problems in the future, such as the worsening of the pathological manifestation, higher maintenance costs or even accidents. Thermography is a non-destructive test that has been widely used in the civil engineering and will be shown in this work by conducting a facade inspection. The object of this study is the building of the Centro Universitário de Brasília – UniCEUB block 2, where the façade was observed in order to detect pathological manifestations and map the areas in need of maintenance. After the analysis of collected data, thermography then proved effective in identifying anomalies before they are visible to the naked eye, enabling preventive action to repair and benefiting users and owners.

Keywords: Pathological manifestation, thermography, maintenance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo Geral	5
2.2 Objetivos Específicos.....	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1 Raios Infravermelhos.....	6
3.2 Emissividade dos Materiais	7
3.3 Termografia infravermelha	8
3.5 Manifestações Patológicas	11
3.6 Normas.....	13
4.1 Estudo preliminar.....	17
4.2 Equipamento utilizado.....	20
4.3 Estudo de caso	21
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	28
6 CONCLUSÃO	30
7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	31
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Espectro eletromagnético	6
Figura 2 – Variação da emissividade em função do comprimento de onda	8
Figura 3 – Exemplos de termogramas.....	10
Figura 4 – Exemplos de câmeras termográficas.	11
Figura 5 - Exemplos de câmeras termográficas	11
Figura 6 – Percentual de incidência de manifestações patológicas.....	13
Figura 7 - Localização geográfica do UniCEUB.....	16
Figura 8 - Edifício do UniCeub (Bloco 2).....	17
Figura 9 - Imagem termográfica de fissura	18
Figura 10 - Imagem termográfica de fissura	19
Figura 11 - Imagem termográfica onde fica evidenciado os elementos estruturais, a alvenaria e o revestimento descolado	19
Figura 12 - Câmera Flir One.....	20
Figura 13 - Imagem do Bloco 2 do Uniceub	21
Figura 14 - Imagem da fachada do Bloco 2 onde é possível observar os elementos estruturais (vigas e pilares)	22
Figura 15 - Imagem natural da fachada do Bloco 2.....	22
Figura 16 - Imagem termográfica evidenciando a viga metálica com início do processo de corrosão	23
Figura 17 – Imagem natural da viga metálica	24
Figura 18 - Imagem termográfica evidenciando anomalias do revestimento cerâmico.....	25
Figura 19 - Imagem natural do revestimento cerâmico	25
Figura 20 – Imagem termográfica da escada que dá acesso à biblioteca.....	26
Figura 21 – Imagem natural da escada que dá acesso à biblioteca	27

1 INTRODUÇÃO

A verticalização das cidades brasileiras ocorreu, principalmente, entre os anos de 1950 e 1970. Grande parte das construções realizadas nesse período encontram-se atualmente degradadas, já que, com o crescimento acelerado das cidades, não ocorreram as devidas manutenções e com o tempo começaram a envelhecer surgindo patologias. Essas patologias causadas pela inexistência da devida manutenção geram diversos problemas para os proprietários bem como para os construtores.

A execução das obras tem como objetivo a permanência das características originais previstas no projeto, assim como sua duração, proporcionando segurança e conforto para os usuários. Entretanto, há vários fatores que podem promover anomalias nas edificações, como por exemplo, a escolha dos materiais, a execução dos serviços ou até mesmo o processo de utilização da estrutura durante um determinado período.

Dessa forma sociedade vem mudando sua concepção e percebe-se cada vez mais a conscientização sobre a necessidade de uma manutenção preventiva nas edificações para que estas tenham uma maior expectativa de vida útil mantendo suas propriedades de projeto.

Dentro desse contexto é de extrema necessidade a utilização de técnicas que detectem as patologias de modo eficaz e com isso possam evitar maiores problemas. Uma técnica que vem sendo aplicada é a termografia de infravermelho como inspeção não destrutiva, sendo essencial para a manutenção preventiva das edificações. Este método tem como princípio básico a obtenção da radiação infravermelha emitida pelos corpos com intensidade proporcional a sua temperatura. A partir daí é possível detectar pontos ou zonas onde a temperatura não está de acordo com um padrão pré-estabelecido ou conhecido e assim correlacionar com prováveis problemas que possam vir a ocorrer nas edificações.

Baseado neste raciocínio, neste trabalho será analisada uma edificação do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) situado na Asa Norte a fim de detectar falhas que possam comprometer a estrutura e segurança da obra, contribuindo assim

para que a corporação faça as devidas manutenções evitando com isto maiores gastos e garantindo a segurança dos usuários.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise não destrutiva de manifestações patológicas com a utilização de câmara termográfica, capaz de auxiliar na detecção de anomalias não visíveis a olho nu, sem causar danos à edificação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I.** Identificação de áreas com patologias;
- II.** Análise das imagens termográficas com enfoque no diagnóstico das manifestações patológicas;
- III.** Avaliação do estado de conservação das fachadas do prédio;
- IV.** Sugestão de medidas de correção e recuperação das áreas comprometidas;

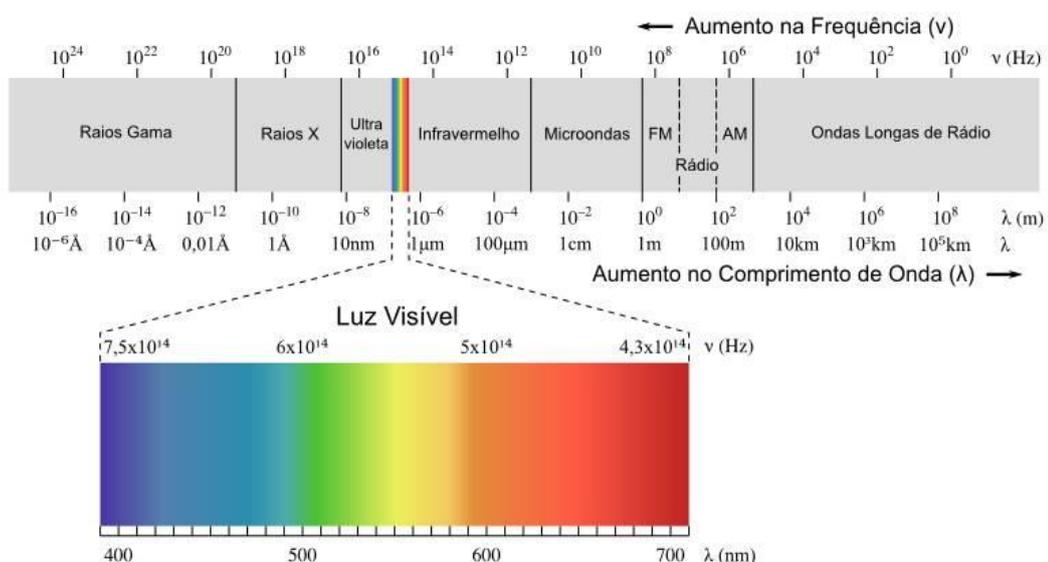
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Raios Infravermelhos

Em 1880, foi descoberto o infravermelho pelo astrônomo inglês Willian Herschel quando pesquisava qual a cor que produzia mais calor. O astrônomo teve como base o experimento realizado por Isaac Newton que no ano de 1666 definiu o espectro de cores através de um prisma, Herschel utilizou um termômetro de mercúrio e observou que no sentido da cor vermelha a temperatura aumentava, além disso ele constatou que em uma determinada região sem luz a temperatura marcada no termômetro era superior as demais cores, até mesmo da cor vermelha. Foi intitulada então de infravermelho já que, no espectro de cores, encontrava-se situada após a cor vermelha.

Nos seres humanos o olho tem capacidade de diferentes comprimentos de ondas que estão limitadas entre $0.4\mu\text{m}$ (violeta) para $0.7\mu\text{m}$ (vermelho). Dentro desse intervalo estão situadas todas as cores do espectro visível, porém o infravermelho não é visível ao olho humano, uma vez que, seu comprimento de onda não encontra-se em tal intervalo.

Figura 1 – Espectro eletromagnético



Fonte: <[HTTP://WWW.APRENDERCIENCIAS.COM/2011/10/UMA-ONDA-ELETROMAGNETICA-NA-FAIXA-DO.HTML](http://www.aprenderciencias.com/2011/10/uma-onda-eletromagnetica-na-faixa-do.html)> ACESSO EM ABRIL DE 2016

3.2 Emissividade dos Materiais

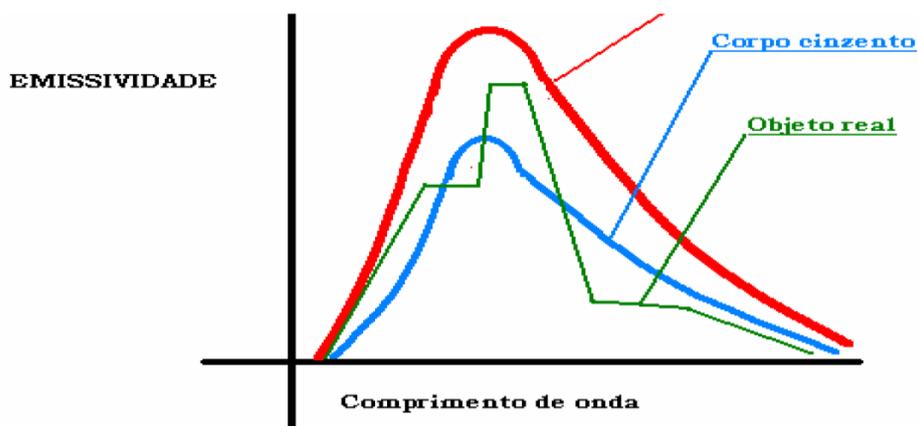
A emissividade (ϵ) é um fator que depende da direção de observação em relação a superfície e da temperatura desta, sendo a razão entre a radiância da superfície e a radiância do corpo negro, conforme Barreira (2004). Basicamente podemos definir a emissividade como a capacidade do material em radiar a energia quando comparada com um corpo negro perfeito, que absorve toda a luz recebida e não reflete nenhuma.

A emissividade de um material varia com a direção de observação relativa à superfície, com o comprimento de onda e com a temperatura. Os valores de emissividade vão de 0 (para um refletor perfeito) a 1 (para o emissor perfeito - Corpo Negro). (GAUSSORGUES, 1994).

As leituras de temperaturas aferidas pelo termovisor são dependentes da emissividade porque eles não medem diretamente a temperatura e sim a radiação emitida. Sendo assim a condição da superfície influencia na emissividade que significa a capacidade de uma superfície emitir mais ou menos radiação (MADDING, 2002).

O termografista deve conhecer a emissividade da superfície e informar ao termovisor para que as temperaturas medidas estejam corretas. Isso pode ser feito medindo a emissividade da superfície antes de se realizar a medição. Para reduzir os erros relacionados com a emissividade, o termografista deve buscar fazer a medição de temperatura nas áreas da patologia onde a emissividade é maior. Áreas com oxidação, corrosão, sujeira ou cavidades apresentam um incremento da emissividade e conseqüente aumento na exatidão da medida de temperatura realizada pelo termovisor. É indicado também que o termografista tenha uma visão mais perpendicular da superfície analisada a fim de evitar os erros de emissividade devido ao ângulo de visão (SANTOS, 2012).

Figura 2 – Variação da emissividade em função do comprimento de onda



- **Corpo negro: emissividade constante e igual a 1**
- **Corpo cinzento: emissividade constante e menor do que 1**
- **Corpo real: a emissividade varia com o comprimento de onda**

Fonte: <<http://www.mundomecanico.com.br/wp-content/uploads/2012/02/Termografia.pdf>>
acesso em abril de 2016

3.3 Termografia infravermelha

O monitoramento das condições de funcionamento das edificações, máquinas e sistemas elétrico é cada vez mais utilizado com a implantação de mais equipamentos de termografia. O uso do sensoriamento térmico e imagens térmicas para o monitoramento e manutenção preditiva, é um método muito comum entre todas as aplicações dentro da termografia. De verificações pontuais periódicas das temperaturas de mancais de máquinas de rotação ou quadros elétricos até uso para programas de manutenção preditiva totalmente documentada em grandes plantas (KAPLAN, 2007).

A termografia infravermelha consiste em um ensaio não destrutivo que tem como objetivo obter a temperatura superficial. E com isso, de acordo com a temperatura aferida é possível identificar patologias que não são visíveis a olho nu. Tal técnica vem sendo muito utilizada hoje em dia por ser considerada benéfica por

dois motivos, não há a necessidade de contato com a superfície em estudo e por produzir um termograma que indica os pontos exatos onde há imperfeições, falhas ou outros.

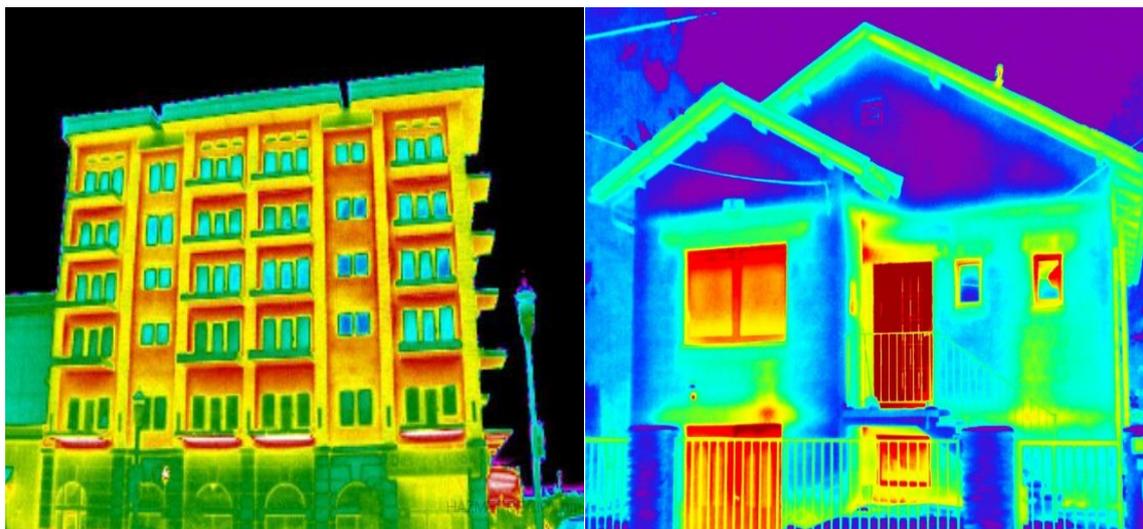
As imagens termográficas são geradas a partir da perturbação do fluxo de calor gerado internamente ou externamente. Estas perturbações produzem desvios na distribuição da temperatura superficial do objeto que possibilita a captação da radiação através do equipamento termográfico.

Esta técnica tem por base o princípio que todo corpo é constituído por moléculas e em decorrência da agitação destas emite uma radiação sendo possível a aferição desta por meio da câmara termográfica. Esta radiação é captada e há a conversão do comprimento de onda infravermelha para comprimentos do espectro visível ao olho humano.

A excitação molecular está diretamente ligada a temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura maior a excitação molecular e conseqüentemente maior a intensidade da radiação emitida pela superfície. Este fato permite que a termografia faça medidas de temperatura e visualize a distribuição térmica sem a necessidade de contato físico (SANTOS, 2012).

Para temperaturas típicas encontradas em equipamentos elétricos, normalmente a parte da radiação térmica é emitida dentro da faixa de infravermelho. Porém pode ser emitida nas faixas ultravioletas até nas faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético.

A radiação térmica, conhecida também como radiação eletromagnética, pode ser emitida nas faixas ultravioleta, visível, infravermelho e até na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético. Entretanto, para temperaturas típicas encontradas em equipamentos elétricos, a maior parte da radiação térmica é emitida dentro da faixa de infravermelho (CHRZANOWSKI, 2001).

Figura 3 – Exemplos de termogramas

Fonte: <<http://www.hazmeprecio.com/rehabilitacion-de-edificios/lleida/auditorias-y-rehabilitacion-energetica-de-edificios>> acesso em maio de 2016

3.4 Câmera Termográfica

Hoje existem vários sistemas para a medição da temperatura, o mais usual é a câmera termográfica que captura a energia infravermelha emitida pelo objeto observado e converte esta energia em um sinal eletrônico por meio da lente que concentra toda a energia captada em um detector infravermelho. Este sinal é processado e exibido em um display ou monitor de vídeo na forma de imagem térmica (termogramas) onde é calculado a temperatura de cada pixel.

Tendo assim como produto o termograma que representa a temperatura por meio das cores, e com o auxílio de uma escala que correlaciona cor e temperatura, é possível a obtenção de informações quanto a problemas ligados diretamente ou indiretamente com a temperatura.

A relação das cores e temperaturas é dada a partir do parâmetro de cores quentes e cores frias, ou seja, no círculo cromático a faixa do amarelo ao vermelho representa as cores quentes e a faixa do verde ao violeta são as cores frias. Portanto é possível associar as cores apresentadas nas imagens termográficas com as temperaturas com base neste princípio.

Figura 4 – Exemplos de câmeras termográficas.



Fonte: < <http://www.flir.com.br/home/>> acesso em maio de 2016

Figura 5 - Exemplos de câmeras termográficas



Fonte: < <http://www.flir.com.br/home/>> acesso em maio de 2016

3.5 Manifestações Patológicas

Trazido da Medicina o termo “patologia” vem do grego e significa “estudo das doenças”, é utilizado em diversas áreas como é o caso da Engenharia Civil, que

entende a edificação como um organismo vivo que interage com o meio ambiente e o usuário (QUEIROZ, 2003).

Podem ter diversas origens estas ocorrências de manifestações patológicas em edificações, tanto na fase de produção, quanto na utilização das mesmas. Sendo primordiais as fases de planejamento, de projeto, de escolha dos materiais e componentes, de execução (montagem) e de uso (manutenção e operação) (IOSHIMOTO, 1988).

Na prática as patologias nas construções são problemas, falhas ou defeitos que comprometem o desempenho parcial ou total da obra, sendo assim, necessário o diagnóstico da enfermidade. Feito o diagnóstico é fundamental que se conheça as formas de manifestação para que seja feita a correta intervenção a fim de sanar a adversidade definitivamente.

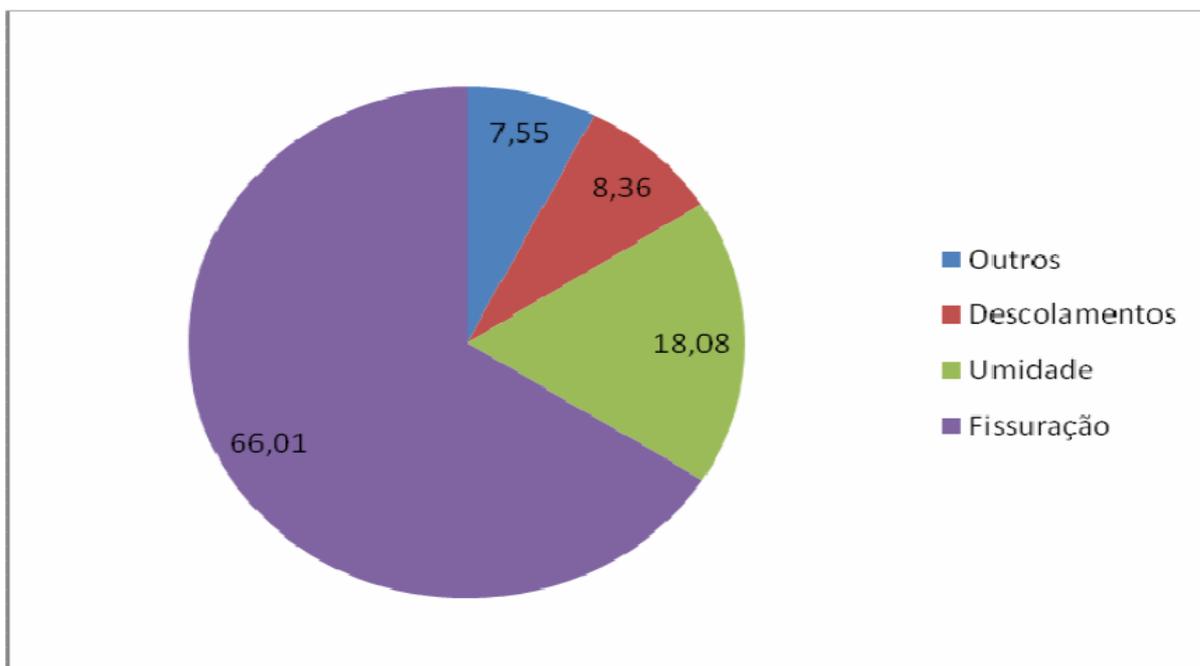
Existem diversos tipos de patologias que prejudicam o desempenho dos elementos constituintes de uma edificação, com diferentes origens, sendo as mais comuns:

- Deslocamento: pode ocorrer devido à grande variação térmica, falta de aderência, mão de obra não qualificada para execução do serviço e presença de umidade.
- Fissuras: são causadas por movimentações térmicas, sobrecargas, deformações de elementos de concreto e recalques.
- Infiltração: é a presença de água na estrutura devido fissuras, falhas no processo de impermeabilização ou até mesmo a água do solo que permeia entre os vazios do solo e aflora na superfície.
- Eflorescência: é o fenômeno responsável pelo surgimento de manchas brancas na superfície decorrente da água que penetra nas fissuras e transporta a cal do cimento no processo de evaporação.

Com o objetivo de analisar os problemas patológicos nas construções foram desenvolvidas diversas pesquisas. Uma delas foi realizada no estado do Rio Grande do Sul por Dal Molin (1988, p. 126), com dados adquiridos a partir de laudos da

Cientec/RS. Como resultado das residências analisadas, as principais manifestações patológicas foram fissuras (66,01%) e umidade (18,08%), de acordo com a figura 6.

Figura 6 – Percentual de incidência de manifestações patológicas



Fonte: Dal Molin (1988, p 126)

Muitas destas patologias são possíveis observar a olho nu, porém existem alguns tipos que são ocultas como o descolamento de revestimentos, sendo indicado a execução de ensaios para comprovar a suspeita destas anomalias ou não.

3.6 Normas

Dentro da termografia sua aplicação mais comum atualmente é o uso do sensoriamento térmico e imagens térmicas para o monitoramento e manutenção preditiva. Desde de verificações periódicas das temperaturas de quadros elétricos ou máquinas de rotação até o uso para programas de manutenção preditiva, sendo estes monitoramentos das condições de funcionamento auxiliado por equipamentos termográficos (KAPLAN, 2007).

A utilização desses equipamentos de termografia na construção civil teve início na Europa devido ao clima favorável que possibilitou a obtenção de resultados coerentes. Desta maneira a disseminação deste ensaio foi grande e observou-se a necessidade de estabelecer uma norma que regulamentasse os pontos fundamentais para a execução adequada de uma inspeção preditiva com ensaios não destrutivos. No ano de 1998 foi elaborada a norma EN 13187 – Comportamento térmico dos Edifícios – Detecção qualitativa de irregularidades térmicas nas construções – método de infravermelho pelo Comitê Europeu de Normalização.

Nesta norma existem vários itens de pré-condições que devem ser atendidos para que o ensaio apresente resultados satisfatório, dentre eles os mais relevantes são os seguintes:

- A diferença entre a temperatura interna e externa deve ser suficiente para a detecção de irregularidades térmicas;
- Não pode ocorrer luz solar direta;
- Não pode ser realizado quando ocorrer uma variação significativa do vento;

No Brasil também foram elaboradas normas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT:

- ABNT-NBR-16292/2014

Ensaio não destrutivo – Termografia – Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas

- ABNT-NBR-15718/2009

Ensaios não destrutivos – Termografia – Guia para verificação de termovisores

- ABNT-NBR-15424/2006

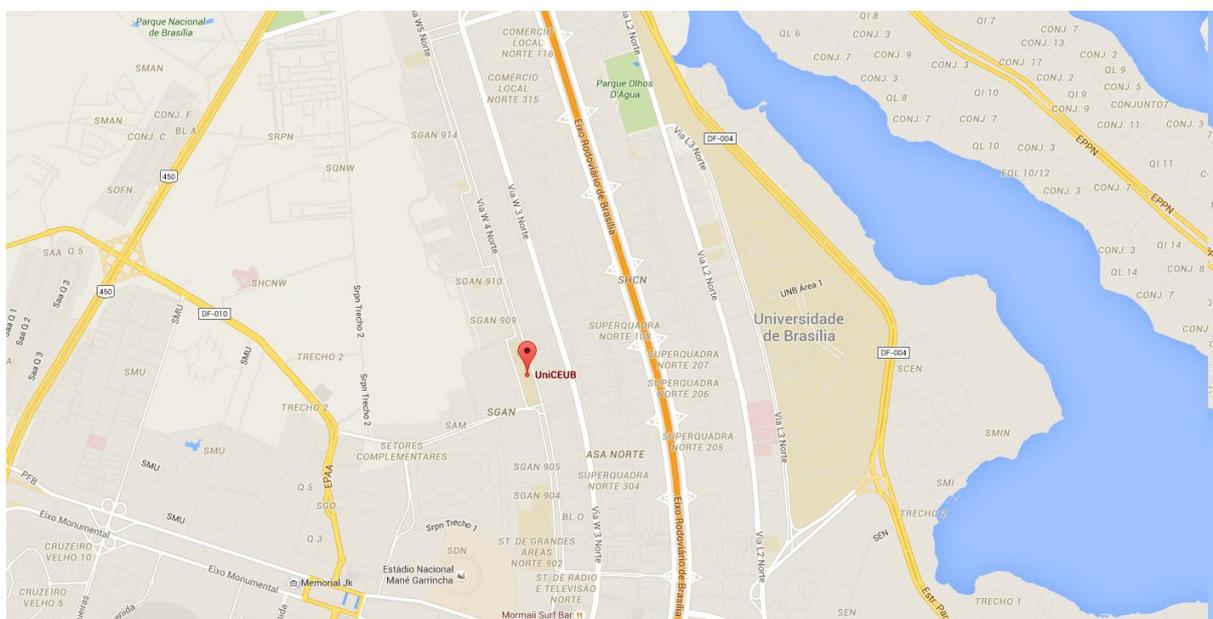
Ensaios não destrutivos – Termografia – Terminologia

Além disso existe a Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção (Abendi) que foi fundada em 1979 e possui em seu *website* inúmeros documentos, normas e referências que são bem relevantes para um termografista realizar o ensaio e sua análise.

4 METODOLOGIA

Este trabalho consiste na avaliação de desempenho do revestimento cerâmico da edificação localizada no Centro Universitário de Brasília - Uniceub. Optou-se por esse edifício pela sua localização e destaque pelo seu uso constante, servindo a todos os alunos do campus. O prédio em questão será analisada a fachada do Bloco 2, como apresentado na figura 8, do UniCeub situado na quadra 707/907 da Asa Norte por intermédio da termografia digital.

Figura 7 - Localização geográfica do UniCEUB



Fonte: <www.google.com.br/maps/place/UniCEUB/> acesso em junho de 2016

Com o objetivo de detectar as possíveis manifestações patológicas, utilizou-se de um ensaio não destrutivo através do uso de uma câmera termográfica e com isto procurou-se identificar pontos com anomalias que não são visíveis ao olho nu.

Realizou-se este ensaio primeiramente no meio do período da manhã, por volta das 11hr, porém como a edificação já estava recebendo a luz solar há um tempo considerável os elementos apresentaram temperaturas uniformes, o que não resultou em imagens termográficas interessantes, sendo estas desconsideradas. Desta

maneira repetiu-se o ensaio no início da manhã às 8hr gerando imagens termográficas nítidas para a análise das manifestações patológicas.

A fim de minimizar possíveis imprecisões nos resultados, foram realizados ensaios preliminares para dominar melhor o funcionamento do equipamento e praticar antes do ensaio definitivo.

Figura 8 - Edifício do UniCeub (Bloco 2)



Fonte: Próprio Autor (2016)

4.1 Estudo preliminar

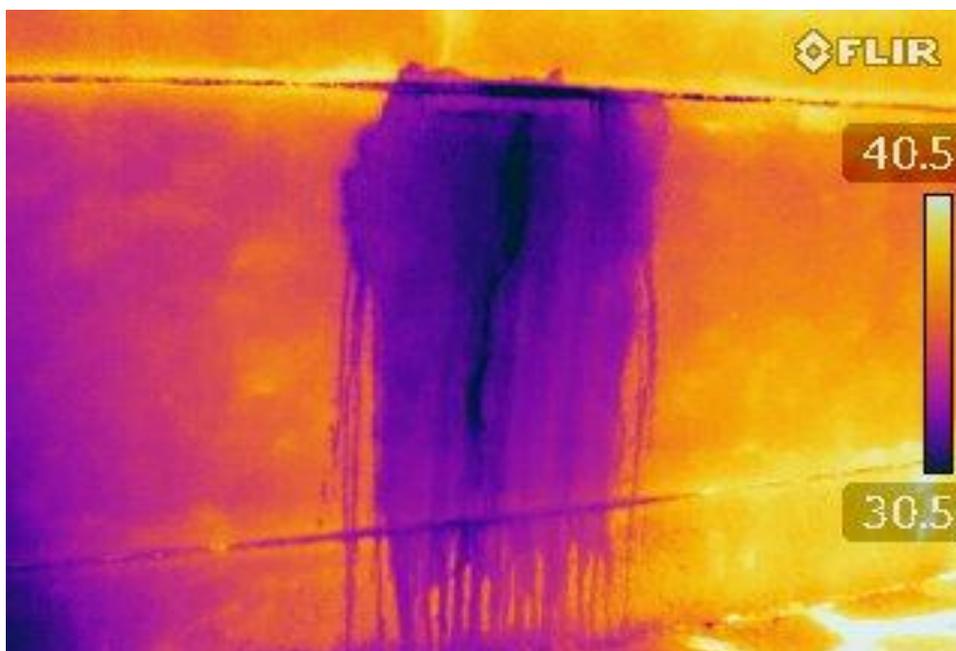
Optou-se, inicialmente, por realizar um estudo prévio antes de partir para a elaboração do estudo de caso do trabalho de conclusão de curso, com o objetivo de aperfeiçoar a técnica de capturar imagens termográficas e o manuseio do equipamento.

Os testes iniciais foram realizados em alguns blocos da Universidade Católica de Brasília em busca de manifestações patológicas.

A primeira imagem adquirida foi de uma fachada onde foi encontrada uma fissura e com a intenção de realçar a imperfeição, foi aplicada uma umidade através de um balde a fim de ressaltar a umidade excessiva e detectar assim através das fotos, figuras 9 e 10, pontos de manifestações patológicas. Tal procedimento teve como propósito aumentar a diferença de temperatura e assim ficar mais nítida a falha existente, pois a água penetra na fissura diminuindo, assim, a temperatura interna e a água que fica na parede seca rapidamente não influenciando na temperatura da superfície analisada.

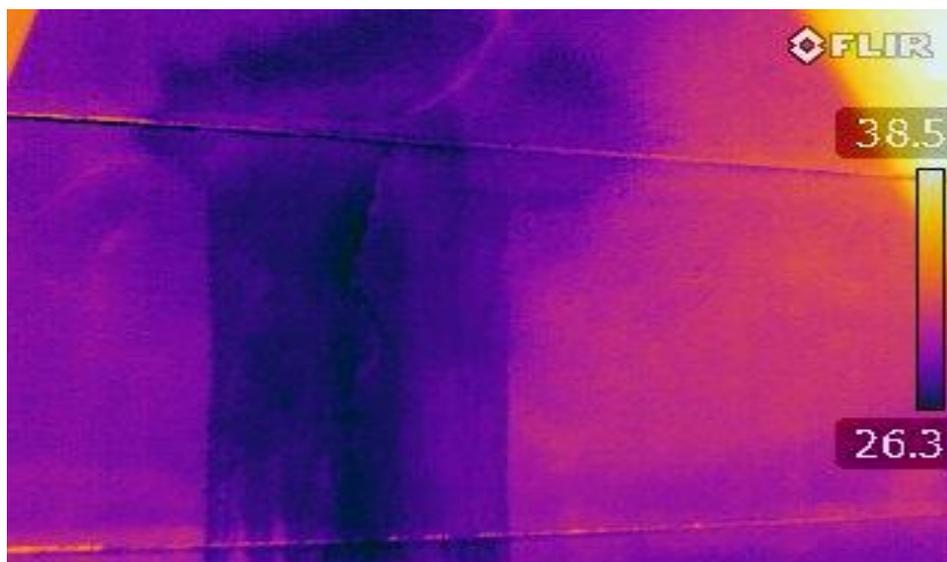
Sendo assim, observou-se que nas áreas onde a cor está escura (lilás) significa que a temperatura está menor e a cor mais clara (amarelada) representa maiores temperaturas, podendo-se concluir que na região da cor lilás é onde possivelmente há uma abertura indicando que existe uma fissura naquele ponto.

Figura 9 - Imagem termográfica de fissura



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Figura 10 - Imagem termográfica de fissura



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Em seguida, conforme é observado na figura 11, é possível visualizar os elementos estruturais de concreto armado (vigas e pilares) por possuírem uma resistência de transmissão de calor diferente dos elementos cerâmicos (alvenaria). Além disso constatou-se o descolamento do revestimento cerâmico na fachada.

Figura 11 - Imagem termográfica onde fica evidenciado os elementos estruturais, a alvenaria e o revestimento descolado



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

4.2 Equipamento utilizado

Para a realização deste ensaio de campo foi utilizado um adaptador para celular Flir One conforme apresentado na figura 12. Este equipamento capta os raios infravermelhos e gera imagens que correlacionam temperaturas através de cores da mesma forma que a câmera termográfica.

A câmera deve ser acoplada a um aparelho celular para a visualização das imagens, sendo também necessário a instalação de um *software* para que o equipamento funcione corretamente. Desta forma as imagens serão capturadas pela câmera acoplada e serão reproduzidas no visor do aparelho celular sendo salvas automaticamente na memória do próprio celular.

Figura 12 - Câmera Flir One



Fonte: < <http://www.flir.com.br/home/> > acesso em Maio de 2016

4.3 Estudo de caso

A edificação em análise é constituído por vigas, pilares, alvenaria de vedação e revestimento cerâmico basicamente. É um prédio que contém garagem no primeiro e segundo subsolo, salas de aula no térreo e existe a biblioteca central de acordo com a figura 13.

Figura 13 - Imagem do Bloco 2 do Uniceub



Fonte: < <https://www.google.com.br/maps>> acesso em Junho de 2016

A imagem apresentada na figura 14 foi capturada no período da manhã por volta das 8 horas, onde a incidência solar ainda não estava tão intensa possibilitando assim um maior nitidez na diferença de temperatura entre os materiais existentes nesta estrutura.

Na figura 15 observa-se a fachada do edifício com as cores reais e com o auxílio da figura 14 podemos associar e determinar exatamente onde os elementos estruturais, vigas e pilares, estão localizados.

Figura 14 - Imagem da fachada do Bloco 2 onde é possível observar os elementos estruturais (vigas e pilares)



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Figura 15 - Imagem natural da fachada do Bloco 2



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

A segunda imagem termográfica obtida foi da viga metálica estrutural da passarela que faz a conexão do prédio para a calçada. Nota-se que há um processo de corrosão localizado próximo a extremidade esquerda da viga, na figura 16 a região corroída está com uma temperatura mais elevada do que a região da viga que está em perfeitas condições, inclusive devido à ausência da pintura que desempenha a função de isolante térmico e protege o elemento de outras ações externas, como pode ser observado na figura 17.

Figura 16 - Imagem termográfica evidenciando a viga metálica com início do processo de corrosão



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Figura 17 – Imagem natural da viga metálica



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Em seguida verificou-se o revestimento cerâmico da edificação e notou-se a partir da figura 18 a existência de patologias nestes elementos. Há regiões onde o revestimento está parcialmente destacado concluindo-se que há falhas, a temperatura aferida pela câmera termográfica é mais alta, indicando assim possíveis zonas comprometidas.

Esta anomalia pode ocorrer por inúmeros fatores, porém neste caso a principal suspeita é que existe uma grande variação térmica. Durante o dia a fachada recebe diretamente a incidência solar, como apresentado na figura 19, elevando assim a temperatura e no entardecer inicia-se o processo de resfriamento acarretando em dilatações que não tem espaço para trabalharem e resultam no descolamento do revestimento.

Figura 18 - Imagem termográfica evidenciando anomalias do revestimento cerâmico



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Figura 19 - Imagem natural do revestimento cerâmico

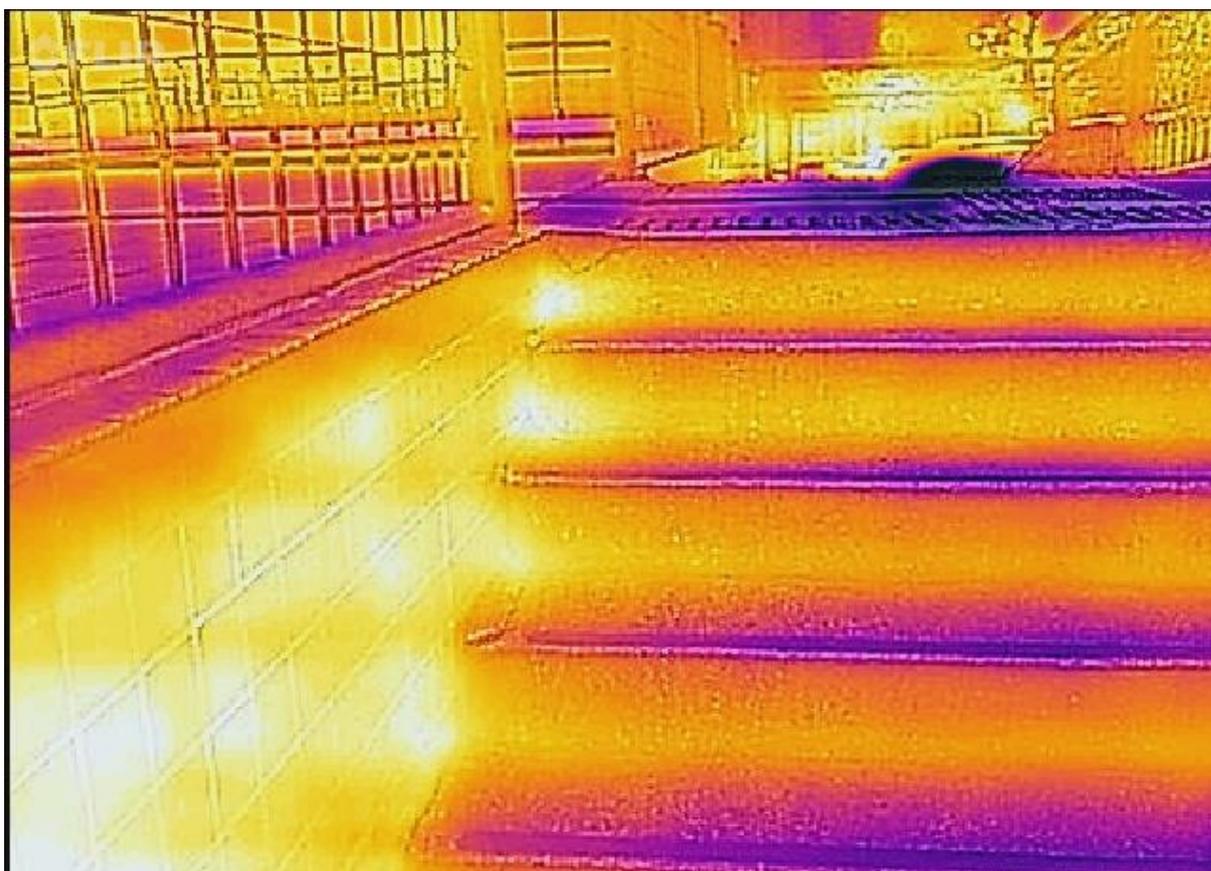


Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Observa-se nas figuras 20 e 21 a presença de fissuras, na imagem termográfica nota-se pontos mais claros no encontro dos degraus com a parede, constatando assim uma maior temperatura nesta zona. Estes elementos são de diferentes materiais, o que já acarreta um diferença na temperatura, porém além disso, observou-se a presença de fissuras.

Estas fissuras podem ter inúmeras causas como por exemplo erro de dimensionamento de projeto, má utilização, movimentação da estrutura por variação térmica, fadiga natural dos materiais, entre outros. Acredita-se que estas fissuras foram geradas pela variação térmica, pois estes elementos ficam expostos a insolação durante um extenso período e além disto o fato de ser compostos por materiais distintos que possuem propriedades específicas e quando submetidos a variação térmica não trabalham de forma monolítica.

Figura 20 – Imagem termográfica da escada que dá acesso à biblioteca



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

Figura 21 – Imagem natural da escada que dá acesso à biblioteca



Fonte: Próprio Autor (Maio de 2016)

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Baseado nas imagens termográficas foi possível identificar e analisar as manifestações patológicas encontradas, em seguida serão sugeridas algumas medidas de correção e recuperação das áreas comprometidas com o objetivo de manter a integridade da edificação e garantir a segurança dos usuários.

A termografia permitiu apontar exatamente as áreas comprometidas, detectando diferentes patologias, como a corrosão de um viga metálica, o deslocamento do revestimento cerâmico e fissuras.

Para a correção da anomalia encontrada na viga metálica, como mostrada nas figuras 16 e 17, recomenda-se inicialmente lixar, para eliminar o material já degradado, e em seguida executar a pintura com o objetivo de evitar contato umidade, assim impermeabilizando a estrutura e impedindo que ocorra o processo corrosivo novamente.

Em seguida detectou-se o deslocamento do revestimento cerâmico como apresentada na figura 18 que deve ser retirado e assentado novamente, com a utilização de uma argamassa com o traço correto e a execução do serviço de maneira ideal, garantindo o desempenho exigido pela norma e assegurando assim o período de vida útil destes elementos.

Por último foi constatado nas figuras 20 e 21 a presença de fissuras, principalmente entre os degraus e a parede que nas imagens foi possível observar a alta temperatura nestes pontos. Essas fissuras ocorrem devido a diferença das propriedades dos materiais constituintes que trabalham de formas distintas a variação térmica causando tensões excessivas que levam a ocorrência de fissuras. Para a recuperação da escada deve-se preencher as fissuras evitando que a água penetre maximizando o problema e recomenda-se a execução de uma junta de movimentação a fim de prevenir este tipo de patologia.

Considerando as imagens adquiridas no decorrer deste trabalho consegue-se avaliar o estado de conservação da fachada do edifício, foram encontrados áreas com

manifestações patológicas, no entanto, nenhuma em estado avançado que comprometa a atividade desta edificação. Classificando então o prédio do UniCEUB em bom estado de conservação, apesar das anomalias identificadas, estas não oferecem risco aos usuários e nem comprometem a infraestrutura.

6 CONCLUSÃO

A aplicação desta técnica para a realização de inspeções preditiva é uma realidade possível e apresenta um salto positivo na preservação e conservação das edificações, pois a termografia permite a medição da temperatura superficial de qualquer objeto através das radiações infravermelhas.

No decorrer deste trabalho verificou-se a presença de patologias sem causar danos a edificação, comprovando assim a eficácia deste método. Uma outra vantagem observada neste ensaio foi a determinação exata da região que apresenta anomalias.

A termografia mostrou-se capaz de avaliar o estado de conservação de uma fachada e fornecer imagens termográficas que possibilitam o diagnóstico das patologias por não necessitar de uma fonte externa de iluminação, de permitir a realização em tempo real e de larga escala.

Este trabalho alcançou os objetivos propostos através do ensaio da termografia que foi capaz de determinar os pontos onde há anomalias. A partir disto analisou-se as imagens termográficas obtidas e elaborou-se o diagnóstico das manifestações patológicas, possibilitando assim a avaliação do estado de conservação da edificação.

O estado de conservação da obra pode ser considerado bom, porém necessita de reparos. Os itens identificados com anomalias foram o revestimento cerâmico, as escadas e paredes com fissuras e a viga metálica com processo corrosivo que devem ser reparados a fim de evitar maiores gastos futuramente e até mesmo evitar acidentes.

Concluindo-se então que o ensaio da termografia, apesar da câmera termográfica ter um alto custo inicial, é um equipamento eficaz e de fácil manuseio que complementa as técnicas já existentes, como a análise visual e o ensaio de percussão.

7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Seguem algumas propostas para trabalhos futuros:

- Realizar um comparativo de imagens termográficas capturadas em horários diferentes durante o dia;
- Análise de infiltrações com a utilização da termografia;
- Testar a termografia como um ensaio para detecção de corrosão de armadura no concreto armado;

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, NIELSEN E SOUZA, JULLYANA. **“A análise de manifestações patológicas em paredes de concreto moldadas *in loco* utilizando a termografia como ensaio não destrutivo”** – 1º Congresso de Patologia das Construções. 2014.

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) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR-16292** – Ensaio não destrutivos – Termografia – Medição e compensação da temperatura aparente refletida utilizando câmeras termográficas 2014.

_____. **NBR-15718** – Ensaio não destrutivos – Termografia – Guia para verificação de termovisores 2009.

_____. **NBR-15424** – Ensaio não destrutivos – Termografia – Terminologia 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO – ABENDI; <http://www.abendi.org.br/abendi/>, visualizado em 06/2016.

BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios.** 2004. 196 f. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção: patologias, reabilitação.** São Paulo: Oficina de textos, 2010.

CIRNE, L. S. R.; OLIVEIRA, F. L.; DUMÊT, T. B. **Levantamento das principais patologias de revestimentos de fachadas de edifícios na cidade de Salvador.** Relatório de Pesquisa. Comunidade da Construção. Salvador. 2006.

CHRZANOWSKI, K.; **“Non-Contact Thermometry – Measurement erros”**; SPIE PL, Research and development Treaties, Vol 7, Warsaw, 2001.

CORTIZO, E. C. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnósticos de anomalias em edificações:** ênfase em edificações do patrimônio histórico. 2007. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

DAL MOLIN, D. C. C.; **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul.** 1988. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GAUSSORGUES, G.; **“Infrared Thermography”**; Microwave Technology Series 5; Chapman & Hall, 1994.

IOSHIMOTO, E.; **Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais.** In: TECNOLOGIA de edificações. São Paulo: PINI: IPT, 1988.

KAPLAN, H.; **“Practical Applications of Infrared Thermal Sensing and Imaging Equipment”**; 3a Edition SPIE Press Vol. TT34, 2007.

LILIAN, S. A. **Utilização de termografia na detecção de problemas ocultos em revestimentos.** 2013. 21 f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.

MADDING, R.; ORLOVE, G.; KAPLAN, H.; **“Twenty Five Years of ThermoSense: Monitoring of Oil-filled Utility Assets”**; Proc. SPIE, 2003.

MARIO, M. **Uso da termografia como ferramenta não destrutiva para avaliação de manifestações patológicas ocultas.** 2011. 60 f. Trabalho de diplomação (graduação em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARÍLIA, M. F. S. **Patologia da construção – Elaboração de um catálogo.** 2004. 199 f. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

MAURO, M.; **“Uso da termografia como ferramenta não destrutiva para avaliação de manifestações patológicas ocultas”**; 70 f. Dissertação (graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

QUEIROZ, M. N.; **“Rompendo os tapumes: uma proposta de interação vivenciada através da restauração na comunidade de São Sebastião das Águas Claras/MG”**; 262 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

SANTOS, L. **“Classificação e Modelagem de Fatores de Influência sobre inspeção Termográficas em Ambientes Desabrigados”**. 161 f. Dissertação (Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica). 2012.