



Thermography in the Technical Inspection of Buildings **Termografia na Inspeção Técnica de Edifícios**

Tiago de Abreu Carqueijo; tiago.abreu.c@gmail.com

Universidade da Beira Interior

Joao Carlos Goncalves Lanzinha - jcg@ubi.pt

Universidade da Beira Interior

Abstract

Infrared thermography is a NDT non-destructive technique commonly used to evaluate thermal performance of building elements. However, the establishment of objective criteria for the planning, measurement and the interpretation of the thermograms is not simple. The international standards describe the fundamental parameters that affect the thermographic inspection and suggest what procedures to adopt when performing a thermographic test. This article aims to evaluate the conditions the thermographic equipment usage with the goal to support technical inspections of residential buildings, ensuring more detailed and deeper analysis when followed by simple visual inspection. Through thermographic measurements performed in situ, in multi-family dwelling buildings of different construction eras, such as 50's, 60's and 70's decades, and by complying with the appropriated standards, the thermographic potentialities in the aid of technical inspections of buildings was evaluated, particularly at the level of their envelope elements. The assessment of the recorded results and the speed of execution, combined with the advantage of providing results in real time, makes possible to state that the thermography can be used as a complementary tool in the technical inspections of buildings. Nevertheless, some previous cautions are required in the interpretation of such thermograms, since infrared thermography also detects temperature variations resulting from the influence of anomalies or obstacles.

Resumo

A termografia de infravermelhos é uma técnica não destrutiva utilizada habitualmente na avaliação do desempenho térmico dos elementos construtivos dos edifícios. No entanto, o estabelecimento de critérios objetivos para planeamento, realização de medições e interpretação dos termogramas obtidos não é simples. As normas internacionais descrevem os parâmetros fundamentais que afetam as inspeções termográficas e sugerem quais os procedimentos a adotar aquando da realização de um ensaio termográfico. O presente artigo visa avaliar as condições de utilização do equipamento de termografia com o objetivo de apoiar inspeções técnicas a edifícios habitacionais, garantindo-se a obtenção de análises mais detalhadas e profundas quando acompanhadas com a inspeção visual simples. Através de medições termográficas realizadas in situ, em edifícios de habitação multifamiliares de diferentes épocas construtivas 50, 60 e 70, e mediante o cumprimento das normas aplicáveis, avaliaram-se as potencialidades da termografia no auxílio às inspeções técnicas de edifícios especialmente ao nível da sua envolvente exterior. A comparação dos resultados registados e a rapidez de execução, aliada à vantagem de disponibilizar resultados em tempo real, permite afirmar que a termografia pode ser utilizada como ferramenta complementar nas inspeções técnicas dos edifícios. No entanto, são necessários alguns cuidados na interpretação dos termogramas, visto que a termografia de infravermelhos também deteta variações de temperatura resultantes da influência de outras anomalias ou obstáculos.

Keywords

infrared thermography; multifamily buildings; technical inspection of buildings; rehabilitation



Termografia na Inspeção Técnica de Edifícios

1. Enquadramento

A degradação dos edifícios provocada pelo passar dos anos e o aparecimento de patologias associadas a diversas causas, torna-se uma situação usual e desagradável se nenhuma intervenção for feita. Em edifícios existentes, a necessidade de combater essa degradação e de reabilitar torna-se primordial. A realização de uma inspeção técnica no sentido de avaliar o estado de conservação do edifício e decidir quais as zonas que necessitam rápida intervenção, é em tudo relevante. Para apoiar a inspeção, as técnicas de diagnóstico não destrutivas são fundamentais e a termografia de infravermelhos é uma técnica recomendada que convém analisar e utilizar em maior escala.

Uma grande parte das patologias dos materiais e componentes está associada a variações de temperatura, sendo por isso, a sua medição um importante auxílio na compreensão de fenómenos que estão na origem de patologias. A envolvente de um edifício exerce um papel fundamental para o seu desempenho térmico sendo através dela que ocorrem trocas de calor entre o ambiente exterior e interior. Se estiver bem isolada termicamente, não há grandes perdas de calor e os gastos térmicos de climatização serão menores. Sempre que existir uma variação brusca de temperatura na envolvente, é possível registá-la num termograma e tentar identificar a sua origem.

Como em Portugal, grande parte dos modelos de avaliação se regem por inspeções visuais dos elementos em análise, a necessidade de implementar a técnica de termografia de infravermelhos no sentido de poder provar a ocorrência de determinadas anomalias, quer a nível interno quer externo é crucial.

Assim sendo, a aplicação desta técnica em inspeções de edifícios na avaliação das variações de temperaturas pode ser extremamente económica, eficaz e até mesmo promissora na sua utilização de rápida análise. A termografia de infravermelhos é uma técnica não destrutiva que permite realizar medições em tempo real sem que haja contacto entre o equipamento e o elemento a medir, permitindo ainda que em edifícios habitacionais antigos ou até mesmo de carácter histórico seja possível identificar a localização de problemas com relativa precisão e acompanhar o comportamento dos seus habitantes.

2. Princípios fundamentais da termografia de infravermelhos

2.1. Fatores que influenciam a medição termográfica

Apesar da termografia de infravermelhos ser um tipo de técnica de inspeção de simples utilização, a interpretação dos resultados obtidos nem sempre é fácil podendo levar a conclusões erradas se não forem tomadas certas precauções antes e até mesmo durante a realização dos ensaios. Em todos os ensaios realizados *in situ* no exterior, existem fatores que devem ser tidos em conta antes do início do ensaio a fim de se obter conclusões credíveis.

Na análise dos termogramas obtidos é frequente confundir a existência de anomalias do elemento em análise com alterações da temperatura superficial resultante de fatores exteriores, tais como:

- Emissividade dos materiais;
- Refletividade dos materiais;
- Atenuação atmosférica;
- Outros fatores que influenciam a realização de ensaios termográficos.



2.1.1. Outros fatores que influenciam a realização de ensaios termográficos

São vários os fatores que influenciam a realização de ensaios termográficos. Se os ensaios forem realizados *in situ*, os fatores externos podem provocar alterações diretas nos resultados obtidos se não forem tidos em conta. Os fatores externos que podem influenciar os ensaios termográficos são os seguintes:

a) Sombreamento; b) Presença de árvores na envolvente; c) Cabos elétricos e postes de iluminação; d) Pessoas; e) Veículos automóveis; f) Superfícies com diferentes acabamentos e cores; g) Condições atmosféricas; h) Distância do objeto de análise ao equipamento; i) Emissividade; j) Parâmetros introduzidos na câmara termográfica; k) Condições de medição (envolvente); l) Ângulo de medição; m) Vento; n) Imagem térmica desfocada; o) Efeito da sujidade superficial; p) Ventiladores/extratores ou radiadores.

- a) A existência de sombras sobre o edifício, consequente de edifícios vizinhos, árvores ou outros elementos devem ser tidos em conta na análise dos resultados obtidos, uma vez que provocam fenómenos anormais no aquecimento das fachadas e como consequência podem ser realizadas análises incorretas das medições obtidas [1].

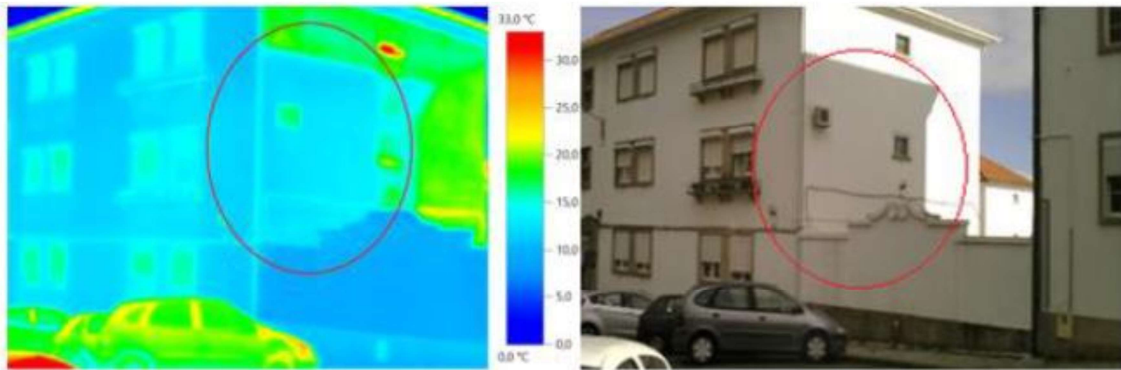


Figura 1 - Efeito do sombreamento de um edifício vizinho nas medições termográficas [1].

- b) As árvores para além de provocarem fenómenos de sombreamento dos edifícios, causam também obstruções entre o equipamento de medição e o objeto em análise. O efeito de sombreamento altera o valor da temperatura superficial da fachada do edifício [1].

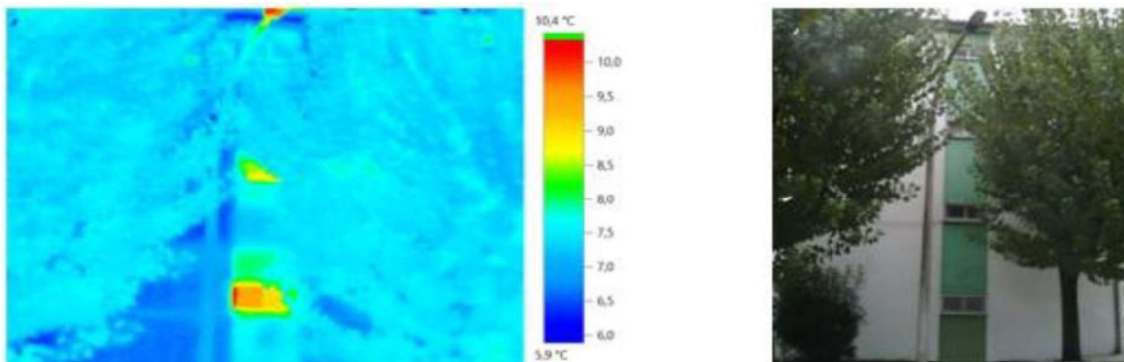


Figura 2 - Obstrução das árvores aquando das medições termográficas no edifício [1].



2.2. Normas aplicadas na termografia de infravermelhos

Sendo a termografia de infravermelhos uma técnica não-destrutiva e bastante utilizada na Engenharia Civil, a necessidade de implementar normas e regras foi bastante importante no sentido de regulamentar os procedimentos termográficos.

Em seguida será apresentada uma listagem de alguma regulamentação existente sobre a aplicação da termografia com o objetivo de auxiliar inspeções técnicas a edifícios. No entanto, é de salientar que não é conhecida qualquer norma definida para a inspeção pelo exterior da envolvente de edifícios com recurso à termografia de infravermelhos.

Tabela 1 - Listagem de alguma legislação regulamentar [2].

ASTM (Norma Americana)	ASTM C 1060 - 11 ^a (2015)
	ASTM C 1153 - 97 (2010)
	ASTM E 1933 - 99 ^a (2010)
ISO (Norma Internacional)	ISO 6781 (1983)
EN (Norma Europeia)	EN 13187 (1999), ISO 6781 modificada

Apesar de certas limitações, a norma EN 13187 (1999) é mais completa e fornece informação mais relevante no que à realização de ensaios termográficos diz respeito do que a norma americana ASTM C1060 (2015).

2.3. Recomendações práticas de uma inspeção termográfica

Existem dois tipos de inspeção termográfica: Inspeção no interior e/ou inspeção no exterior. A escolha do tipo de inspeção depende principalmente do que se pretende analisar, mas também de outros fatores externos, como por exemplo, as condições meteorológicas existentes.

Efetuaram-se várias inspeções termográficas em edifícios de diferentes épocas construtivas durante a estação de arrefecimento. Aproveitando o aquecimento natural da fachada, resultante da incidência de radiação solar direta (método direto), efetuou-se análises pelo exterior pelo fato de se pretender avaliar o estado de conservação dos edifícios bem como o comportamento térmico destes.

O trabalho desenvolvido permitiu perceber que, apesar da aparente simplicidade da termografia de infravermelhos, a análise dos termogramas não é fácil porque existem vários fatores que influenciam os resultados. Para facilitar a compreensão dos termogramas e evitar diagnósticos errados, em seguida será apresentado um guia prático de inspeção baseado na experiência adquirida.

I. Descrição geral do edifício:

Antes de iniciar a inspeção termográfica, é importante fazer um levantamento informativo acerca do edifício em análise, permitindo posteriormente a realização de um relatório de inspeção mais completo e auxiliar na interpretação dos termogramas [1].

- Determinar as condições gerais do edifício: tipo de construção, materiais constituintes, analisar a envolvente em redor e o estado do edifício;
- Determinar as condições meteorológicas e avaliar se permitem a realização da inspeção com o objetivo de obter resultados credíveis.



II. Procedimento:

Obtido o panorama geral das condições do edifício ao nível da sua construção, situação atual e condições meteorológicas procede-se então à inspeção. Opta-se por um método: ativo ou passivo, dependendo do objetivo da inspeção e da avaliação da situação encontrada. Abaixo apresentam-se recomendações para o procedimento termográfico e cuidados a ter numa inspeção termográfica pelo exterior [1]:

- Colocar a câmara termográfica perpendicular ao edifício, usando um tripé;
- Manter a câmara nivelada e evitar ângulos com a perpendicular à superfície em análise superiores a 60° com a horizontal;
- Evitar medições com distâncias superiores a 10m;
- Evitar que a radiação solar atinga diretamente a lente da câmara;
- Evitar o fenómeno de reflexão com materiais do edifício;
- Calibrar a câmara consoante as condições encontradas;
- Definir um intervalo/gama de temperaturas;
- Focar as imagens térmicas e reais.

2.4. Relatório termográfico

Após finalizadas as inspeções termográficas, é necessário e conveniente realizar um relatório termográfico a fim de organizar e apresentar os resultados obtidos.

Consoante as exigências impostas pela norma EN 13187 (1999), foi possível conceber um relatório tipo para as inspeções termográficas quantitativas e qualitativas ao longo deste trabalho. Este relatório é organizado por partes onde cada uma descreve os dados registados [1]:

1. Dados gerais;
2. Localização;
3. Condições de ensaio;
4. Descrição do edifício;
5. Características da envolvente do edifício;
6. Condições meteorológicas;
7. Informação recolhida;
8. Tabela resumo dos envidraçados
9. Análise dos resultados.

Nome	Orientação	Dimensões	Área	Tipo de vidro	Características	Tipo de proteção

Figura 3 - Proposta de modelo termográfico [1].



3. Equipamentos de medição

O avanço tecnológico na Engenharia Civil tem evoluído de forma notória ao longo dos últimos anos o que se torna uma grande vantagem no que aos ensaios não-destrutivos na inspeção de edifícios diz respeito.

Através da deteção da radiação térmica emitida que é invisível ao olho humano, as câmaras termográficas conseguem transformá-la numa imagem visível com uma escala de cores em função da gama de temperaturas possibilitando para além da avaliação do desempenho térmico dos edifícios, a inspeção e identificação de heterogeneidades existentes em elementos estruturais ou não-estruturais de forma mais perceptível e segura sem que haja contacto/destruição do(s) elemento(s) em análise. Com recurso às câmaras termográficas, consegue-se por vezes descortinar graves anomalias que à priori se pensava serem de menor impacto impedindo a ocorrência de possíveis graves acidentes ou permitindo uma intervenção rápida reduzindo o valor económico numa possível reparação [3].

3.1. Câmara termográfica Testo 885 - 1

A Testo 885 - 1, é uma câmara termográfica robusta e manejável desenvolvida pela Testo S.A. Soluções e instrumentos de medição, existente no LABSED - Laboratório de Saúde na Edificação da Universidade da Beira Interior. Este equipamento de alta sensibilidade e precisão, permite determinar e representar a distribuição da temperatura de objetos em análise convertendo a energia infravermelha emitida em sinais elétricos através de um detetor de infravermelhos permitindo assim ao operador obter uma imagem térmica colorida ou monocromática em tempo real e de fácil análise.



Figura 4 - Câmara termográfica Testo 885 - 1 [1].

3.2. Anemómetro de molinete Testo 410 - 2

Existente no LABSED e com o intuito de obter valores credíveis da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), humidade relativa (%) e velocidade do vento (m/s) necessários na calibração da câmara termográfica, foi utilizado o Anemómetro de molinete Testo 410 - 2. É um instrumento de medição pequeno e é fácil de manusear.



Figura 5 - Anemómetro de molinete Testo 410 - 2 [1].



4. Inspeção técnica e diagnóstico de edifícios

São seis os modelos de avaliação do estado de conservação aplicada a edifícios habitacionais:

- MAEC - Método de Avaliação do Estado de Conservação dos imóveis [4];
- MEXREB - Metodologia de Diagnóstico Exigencial de apoio à Reabilitação de Edifícios [5];
- ITE - Inspeção Técnica de Edifícios antigos [6];
- ITSH - Inspeção Técnica de Salubridade na Habitação [7];
- ITCHEE - Inspeção Técnica das Condições de Habitabilidade para Edifícios Existentes [7];
- ISLUH - Inspeção Técnica para Licença de Utilização na Habitação [7].

Contudo, destes seis métodos, quatro (MAEC, ITSH, ITCHEE e ISLUH) baseiam-se somente na inspeção visual onde são identificadas as anomalias presentes nos elementos construtivos, limitando-se assim a uma análise mais superficial das anomalias. Os restantes métodos, MEXREB e ITE, revelam um carácter mais técnico do ponto de vista do conhecimento dos sistemas construtivos efetuando uma análise baseada no cálculo de alguns parâmetros.

Para que se determine de uma forma mais detalhada e profunda as causas das possíveis anomalias detetadas nas vistorias, é necessário a realização de ensaios e medições com a utilização de equipamentos apropriados. A termografia de infravermelhos é assim uma técnica não destrutiva que pode ter grande interesse e aplicabilidade no apoio às inspeções técnicas em edifícios. Com esta técnica é possível detetar singularidades da envolvente, detetar elementos estruturais ou não estruturais, detetar zonas onde existam perdas térmicas (pontes térmicas planas e lineares), é possível detetar deficiências no isolamento térmico e é possível fazer uma análise qualitativa da envolvente. São soluções que poderão ser complementares a inspeções técnicas de edifícios habitacionais e que poderão ajudar na resolução de problemas.

5. Aplicação a casos de estudo

Após a apresentação do relatório de inspeção termográfica proposto, pretende-se agora aplicá-lo em casos concretos. Aplica-se a técnica em inspeções exteriores a fachadas dos edifícios das diferentes épocas construtivas de acordo com a Norma EN 13187 (1999). As medições termográficas são aplicadas em diversas situações meteorológicas e em diversas fases do dia com o objetivo de avaliar o estado de conservação dos edifícios, a ocorrência de eventuais perdas de calor e pontes térmicas e até mesmo o comportamento dos habitantes.



Legenda:

- 1a - Edifício construído nos anos 50
- 2a (I) - Edifício construído nos anos 60 - Bloco A
- 2a (II) - Edifício construído nos anos 60 - Bloco A
- 2b (I) - Edifício construído nos anos 60 - Bloco B
- 2b (II) - Edifício construído nos anos 60 - Bloco B
- 2c (I) - Edifício construído nos anos 60 - Bloco C
- 2c (II) - Edifício construído nos anos 60 - Bloco C
- 3a (I) - Edifício construído nos anos 70 - Bloco F
- 3a (II) - Edifício construído nos anos 70 - Bloco E

Figura 6 - Foto aérea dos edifícios em estudo (adaptado do Google maps) [1].



As medições no período noturno foram realizadas durante 1 semana completa entre os dias 15-02-2017 e 21-02-2017 com a realização dos ensaios termográficos ser feita entre as 20:45h e as 22:30h. No período diurno não foi possível realizar durante 1 semana completa os ensaios devido à ocorrência de fatores climáticos impróprios para a realização de ensaios termográficos. No entanto, as medições termográficas do período diurno foram realizadas de forma complementar e servem de comparação aos ensaios do período noturno visto que a norma EN 13187 (1999) recomenda que ensaios termográficos realizados no exterior de edifícios sejam executados posteriormente ao pôr-do-sol. Ainda assim, estas medições diurnas foram efetuados entre as 09:30h e as 12h [1].

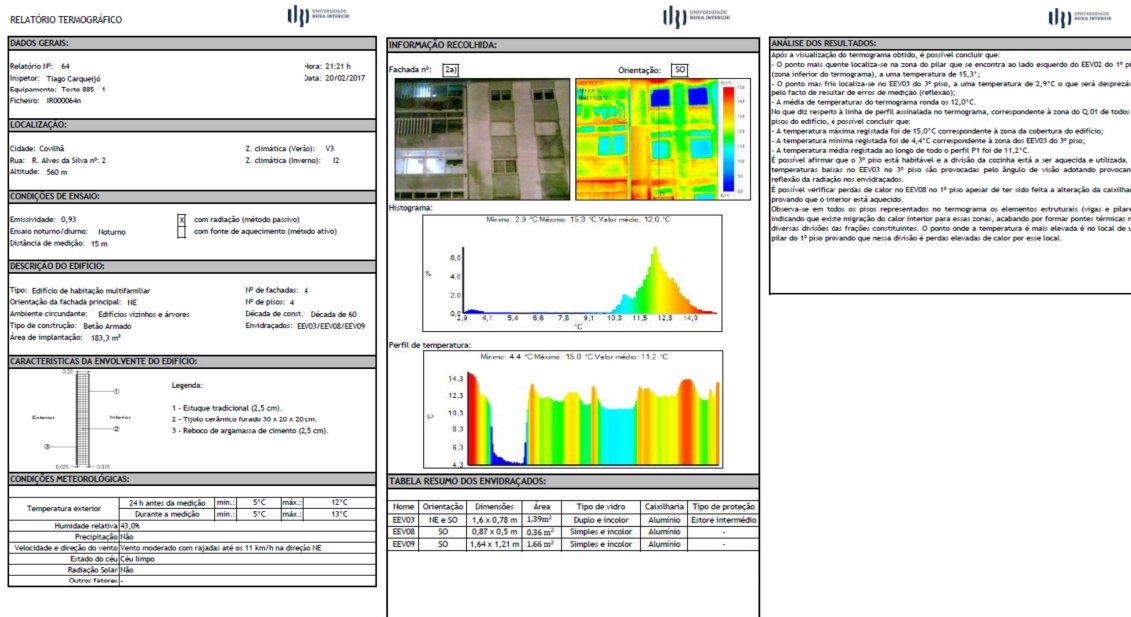


Figura 7 - Exemplo de um relatório termográfico [1].

Na figura seguinte, (Figura 8) é possível verificar as temperaturas mínimas, máximas e médias de diversas áreas das fachadas nos dias de teste apresentados.

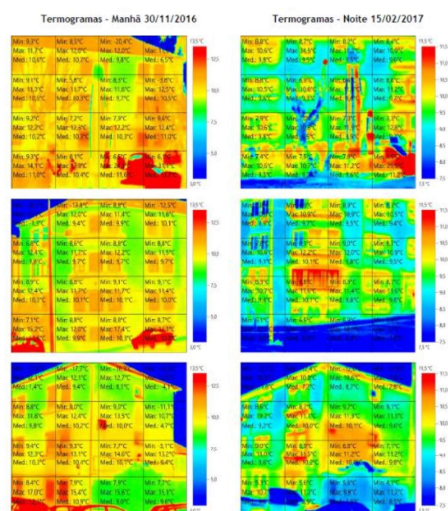


Figura 8 - Valores das temperaturas mínimas, máximas e média de diversas áreas de vários termogramas [1].

Em média, as temperaturas apresentadas no período noturno são inferiores às do período diurno, como seria de esperar. Com o nascer do sol às 07:33h do dia 30-11-2016, é possível



afirmar que após 3,5h, hora da realização do ensaio, as temperaturas das fachadas do edifício se encontram alteradas pela radiação solar incidente. No período noturno com o pôr-do-sol a ser às 18:04h do dia 15-02-2017, após 4h, é possível afirmar que só em certas áreas se verifiquem temperaturas minimamente alteradas pela absorção da radiação solar durante o dia mas, a nível geral as temperaturas que as fachadas do edifício apresentam excluindo as áreas influenciadas pelos habitantes encontram-se à temperatura ambiente [1].

Para além da utilização da termografia de infravermelhos como técnica não destrutiva na obtenção de termogramas das fachadas dos edifícios foi possível também estudar o comportamento dos habitantes, analisar as condições de ocupação/ não ocupação dos edifícios e a forma como os residentes utilizam e aquecem as diferentes divisões das suas frações ao longo do dia e em períodos mais dilatados.

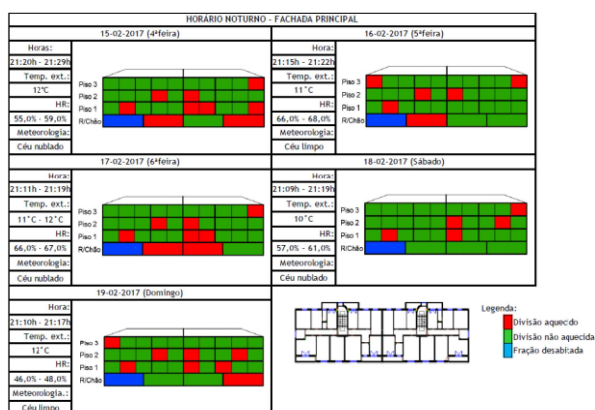


Figura 9 - Ilustração das condições de ocupação/ não ocupação por parte dos habitantes nas diferentes frações dos edifícios.

6. Conclusões

O estudo desenvolvido teve como principal objetivo validar o método não destrutivo da termografia de infravermelhos no auxílio a inspeções técnicas de edifícios. Visto que a maioria das metodologias existentes em Portugal para a inspeção técnica de edifícios se guiam pela inspeção visual simples, a implementação de equipamentos de medição termográfica para apoio é fundamental.

Apesar de ser uma técnica aparentemente simples e sem exigências especiais, a correta interpretação dos termogramas é uma tarefa complexa e por vezes delicada, devido à complexidade dos fenómenos físicos de transferência de calor nos edifícios, aos obstáculos circundantes e parâmetros envolvidos que dependem das condições climáticas. Pelo estudo dos conceitos teóricos e a aquisição de competências necessárias, a aplicação desta técnica deve ser feita por técnicos especializados.

A utilização desta técnica mediante as recomendações e procedimentos da regulamentação existente permite a obtenção de resultados credíveis. No entanto, refere-se que não se conhece qualquer regulamento aplicável a inspeções técnicas realizadas no exterior dos edifícios. Verifica-se a necessidade de implementar novos regulamentos ou criar procedimentos dentro da regulamentação existente. Contudo, todos os procedimentos efetuados nas inspeções termográficas dos casos de estudo seguem a norma EN 13187 (1999), que estabelece os procedimentos para a deteção qualitativa de irregularidade térmicas nas envolventes do edifício.

Recorrendo ao equipamento termográfico disponível no LABSED, Laboratório de Saúde na Edificação, Teste 885 - 1, equipamento de alta sensibilidade e precisão devidamente calibrado, foi possível realizar as medições e inspeções termográficas desejadas e posteriormente



conceber o respetivo relatório. Foi possível também analisar as condições de ocupação/não ocupação dos edifícios e a forma como os residentes utilizam e aquecem as diferentes divisões das suas frações ao longo do dia e também da semana.

Com o relatório termográfico proposto, é possível obter informações de nível qualitativo da envolvente exterior dos edifícios de forma prática e objetiva podendo complementar as inspeções técnicas de cariz mais visual com informações mais detalhadas. A sua aplicação a um conjunto de edifícios multifamiliares de diferentes épocas construtivas, permitiu avaliar a utilidade de aplicação deste tipo de inspeção termográfica fornecendo informações fundamentais para o desempenho das inspeções técnicas.

Os períodos de realização das medições e as condições climáticas presentes, como referidas anteriormente, consideram-se fatores influentes importantes na obtenção de termogramas completos e credíveis. No período noturno é possível obter termogramas com melhor qualidade enquanto no período diurno, devido à influência da radiação solar incidente, as temperaturas apresentadas nos termogramas são influenciadas pela radiação solar. Assim, a realização de medições no período diurno deve ser feita com céu encoberto e ao nascer do sol.

Em suma, a aplicação da técnica de termografia de infravermelhos quando aplicada corretamente e adequadamente, é uma ferramenta com muito potencial e que proporcionará de uma maneira prática e objetiva informações mais aprofundadas do estado dos edifícios e qual a influência dos seus habitantes nas condições de conforto e utilização, tornando-se uma mais-valia para a obtenção de inspeções técnicas mais rigorosas e permitindo, em alguns casos, prever e resolver problemas antecipadamente.

Referências

[1] - Carqueijo, T.; “Termografia na Inspeção técnica de Edifícios,” dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UBI - Universidade da Beira Interior, Covilhã, julho de 2017.

[2] - International association of certified thermographers.
http://iactthermography.org/standards_building.html (06/12/2015).

[3] - Silva D.; “Diagnóstico de patologias em fachadas utilizando termografia” dissertação de mestrado em Engenharia Civil, FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, setembro de 2012.

[4] - “Paiva, J. Pedro, J.; “Métodos de avaliação do estado de conservação de edifícios”, Edições LNEC, 27 de março de 2005.

[5] - Lanzinha, J. C.; “Reabilitação de edifícios. Metodologia de diagnóstico e intervenção” tese de doutoramento em Engenharia Civil, UBI - Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2006.

[6] - Lanzinha, J. N.; “Inspeção técnica de edifício antigos” dissertação de mestrado em Engenharia Civil, FEUP - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, janeiro de 2014.

[7] - Pinto, F.F.A.; “Inspeção técnica e salubridade na habitação,” dissertação de mestrado em Engenharia Civil, UBI - Universidade da Beira Interior, Covilhã, junho de 2016.



FACULDADE
ENGENHARIA

ISSN: 2183-9891

FACULTY OF ENGINEERING

COVILHÃ | PORTUGAL

A VISION FOR THE FUTURE

Covilhã | Portugal

December 5 6 7

ICEUBI 2017

International
Congress on Engineering



PROCEEDINGS

www.iceubi.ubi.pt

 UNIVERSIDADE
BEIRA INTERIOR



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS



COVILHÃ
A TECEM O FUTURO

Covilhã | Portugal
December 5 6 7

ICEUBI 2017

International
Congress on Engineering



International Conference on Engineering
University da Beira Interior
“A Vision for the Future”

Conferência Internacional de Engenharia
Universidade da Beira Interior
“Uma Visão para o Futuro”

Conferencia Internacional de Ingeniería
Universidad da Beira Interior
“Una visión para el futuro”

Covilhã (Portugal), December 5-7, 2017

OFFICIAL LANGUAGES: English, Portuguese and Spanish

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
CALÇADA DA FONTE DO LAMEIRO
6200-358 COVILHÃ | PORTUGAL

Tel: +351 275 242 059
E-mail: iceubi2017@ubi.pt
<http://iceubi.ubi.pt>

ICEUBI 2017

INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING UNIVERSITY OF BEIRA INTERIOR - A VISION FOR THE FUTURE

ORGANIZED BY

FACULTY OF ENGINEERING OF UNIVERSITY OF BEIRA INTERIOR
CALÇADA DA FONTE DO LAMEIRO
6200-358 COVILHÃ | PORTUGAL
<http://www.ubi.pt/Entidade/Engenharia>

INSTITUTIONAL SUPPORT



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS



CONFERENCE CHAIRMAN

JOÃO LANZINHA

CONFERENCE VICE-CHAIRMAN

JORGE MIGUEL SILVA

EDITORS

JOÃO CARLOS LANZINHA
JORGE MIGUEL SILVA
ANTÓNIO ESPÍRITO SANTO
CLEMENTE PINTO
HELDER CORREIA
MADALENA PEREIRA
MIGUEL ÂNGELO SILVESTRE
PAULO FAZENDEIRO
PEDRO DOMINGUES DE ALMEIDA
PEDRO GABRIEL ALMEIDA

The editors do not assume any responsibility for the accuracy, completeness or quality of the information provided by any article published.

The information and opinion contained in the publications of are solely those of the individual authors and do not necessarily reflect those of the editors. Therefore, we exclude any claims against the author for the damage caused by use of any kind of the information provided herein, whether incorrect or incomplete. The appearance of advertisements in this Scientific Publications (Abstracts Proceedings - ICEUBI 2017) is not a warranty, endorsement or approval of any products or services advertised or of their safety. The Editors does not claim any responsibility for any type of injury to persons or property resulting from any ideas or products referred to in the articles or advertisements. The sole responsibility to obtain the necessary permission to reproduce any copyright material from other sources lies with the authors and the ICEUBI 2017 Conference cannot be held responsible for any copyright violation by the authors in their article. Any material created and published by ICEUBI 2017 Conference is protected by copyright held exclusively by the referred Congress. Any reproduction or utilization of such material and texts in other electronic, or printed publications is explicitly subjected to prior approval by ICEUBI 2017 Congress.

ISBN: 978-989-654-402-7 (book of abstracts)
ISBN: 978-989-654-403-4 (proceedings)
ISBN: 978-989-654-404-1 (CD)
ISBN: 978-989-654-405-8 (USB Pen drive)
ISSN: 2183-9891

Printed in Portugal by Serviços Gráficos da Universidade da Beira Interior.
Photograph of cover and back cover belongs to University of Beira Interior.