



INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA POR INFRAVERMELHOS EM CONSTRUÇÕES CIVIS

SILVA, Elcio Lyndon (1); BARROS, Teóstenes de Sousa (2)

(1) Universidade de Pernambuco - UPE, elcio_junior300@hotmail.com

(2) Universidade de Pernambuco - UPE, teosousa94@gmail.com

RESUMO

Para uma correta manutenção das construções é essencial proceder de forma investigativa, a fim de obter as causas que devem fundamentar uma intervenção assertiva. Este estudo tem como objetivo apresentar uma revisão do atual estado da arte no Brasil, no que tange a termografia infravermelha como ensaio não destrutivo em construções civis como um todo, com a finalidade de construir um panorama dos avanços dessa tecnologia no país. A princípio, foram selecionados recentes trabalhos nacionais e internacionais. Em seguida foi realizado uma revisão do tipo narrativa, organizando de forma sistematizada os conceitos e os resultados obtidos em cada estudo analisado. Com os dados organizados, observou-se que no Brasil as pesquisas se destacam na detecção de problemas em fachadas e, por ser uma tecnologia que vem sendo desenvolvida a pouco tempo, ainda carece de estudos que fundamente de forma mais profunda as análises, que em alguns casos, podem ser de alta complexidade.

Palavras-chave: Inspeção, Ensaios não destrutivos, Termografia infravermelha, Câmera termográfica.

ABSTRACT

For a correct maintenance of the constructions it is essential to proceed in an investigative way, in order to obtain the causes that should be the basis of an assertive intervention. This study aims to present a review of the current state of the art in Brazil, regarding infrared thermography as a non - destructive test in civil constructions as a whole, in order to build a panorama of the advances of this technology in the country. At the beginning, recent national and international papers were selected. Next, a narrative review was carried out, systematizing the concepts and results obtained in each study analyzed. With the data organized, it was observed that in Brazil the researches stand out in the detection of problems in façades and, because it is a technology that has been developed in a short time, still lacks studies that ground deeper the analyzes, than in some cases, can be highly complex.

Keywords: inspection, Non-destructive testing, infrared thermography, Thermographic camera.

1 INTRODUÇÃO

A deterioração estrutural e funcional é um fenômeno que está associado ao envelhecimento das construções, à vista disso se torna evidente a necessidade da realização de manutenções, preventivas ou corretivas, que permitam recuperar o desempenho e, portanto, prolongar o tempo de vida útil das estruturas. Contudo, uma manutenção assertiva é precedida de um bom diagnóstico, o que exige o desenvolvimento de técnicas que permitam a investigação do estado de conservação dos elementos a serem avaliados.

A realização de inspeções é necessária para a identificação de danos nas estruturas, entretanto, na maior parte dos casos, inspeções visuais não permitem a identificação de problemas que ainda não foram manifestados superficialmente, além de restringir o diagnóstico ao nível de experiência do inspetor. Por outro lado, para Kee, *et al.* (2012), a realização de testes destrutivos demanda muito trabalho e tempo e são inviáveis para aplicação em grandes áreas da estrutura, o que não permite uma percepção do estado real de degradação global da construção. Nesse contexto, os métodos de ensaios não destrutivos podem ser aplicados rapidamente em toda a obra, proporcionando análises mais detalhadas, fornecendo dados qualitativos e quantitativos de forma mais representativa.

De acordo com Clark *et al.* (2003), a termografia infravermelha é uma técnica de ensaio não destrutivo que consiste em medir e visualizar a radiação infravermelha emitida por um objeto. As câmeras termográficas são capazes de medir essas radiações que não são visíveis ao olho humano, além disso, as discontinuidades provocadas por danos internos fazem com que os materiais emitam energia com intensidades diferentes, permitindo a detecção dos problemas.

Diversos estudos relacionados a esse tema vêm sendo desenvolvidos em escala mundial. Esses estudos demonstram as potencialidades dessa técnica, evidenciando também a possibilidade de seu uso em conjunto com outras. Alguns autores como Sakagami e Kubo (2002), Barreira, E. (2004), Maierhofer *et al.* (2006), Abdel-Qader *et al.* (2008), Washer *et al.* (2010), Kee, S. *et al.* (2012), Oh, T. *et al.* (2013), Vaghefi *et al.* (2015), Hiasa, S. *et al.* (2016), Hiasa, S. *et al.* (2017a), Hiasa, S. *et al.* (2017b) desenvolveram análises e testes de tecnologias que constatarem avanços e melhorias na detecção com precisão da localização, do tamanho e da profundidade de defeitos em estruturas de concreto.

No Brasil, a utilização da técnica termográfica é relativamente nova. Podem ser mencionados vários estudos brasileiros que demonstram a recente evolução da termografia como ensaio não destrutivo em diversas aplicações nas construções do país, principalmente no que tange às inspeções de fachadas de edifícios. Dentre esses estudos, destacam-se: Cortizo (2007), Mário (2011), Bauer *et al.* (2014), Freitas *et al.* (2014), Caldeira e Padaratz (2015), Bauer e Pavón (2015), Silva *et al.* (2016), Milanez (2017), Takeda e Mazer (2018), Rocha *et al.* (2018), Borba Júnior *et al.* (2018), Ottoni *et al.* (2018), Santos *et al.* (2018) e Santos *et al.* (2019).

Sendo assim, o objetivo dessa pesquisa consiste em analisar as potencialidades da termografia infravermelha como ensaio não destrutivo para inspeção de obras de construções civis, além disso, objetiva realizar um estudo sistemático a fim de obter um panorama dos avanços dessa tecnologia no Brasil.

2 METODOLOGIA

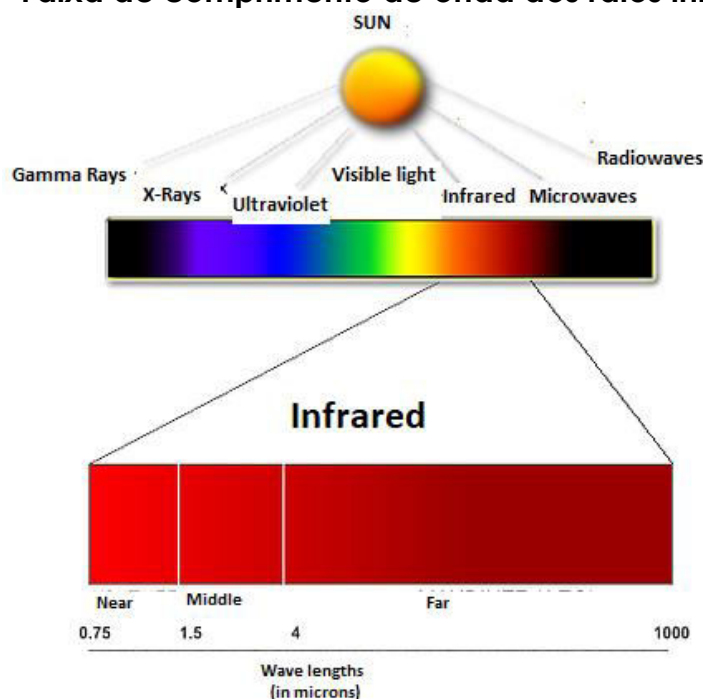
Esta pesquisa concentrou-se em expor, por meio de uma revisão do tipo narrativa, os principais aspectos abordados em estudos brasileiros publicados em revistas e nos anais dos principais congressos relacionados ao tema.

A princípio, foram selecionados artigos que tratam da termografia infravermelha como um ensaio não destrutivo em construções civis de um modo geral, buscando tanto estudos realizados em laboratórios como em campo. Foram selecionados também, alguns artigos internacionais, a fim de apresentar, de maneira breve, os avanços em outras regiões. Além dos artigos supracitados, buscou-se alguns estudos nacionais em formato de teses e dissertações, com conteúdo acadêmico de maior abrangência.

3 RESULTADOS

Inicialmente denominados de “raios caloríficos”, os raios infravermelhos possuem comprimentos de ondas entre 0,75 e 1000 μm (micrometro) (Figura 1) e é emitido por todo corpo com temperatura acima do zero absoluto ($-273,15^\circ\text{C}$). De acordo com Barreira, E. (2004), os raios infravermelhos foram descobertos em 1800 pelo astrônomo Sir Frederick William Herschel, apenas no final da década de 60 surgiram as primeiras câmeras comerciais capazes de detectar esse tipo de radiação. Desde então, diversas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para obtenção de equipamentos cada vez mais eficazes, de forma a permitir uma detecção mais precisa e posterior representação mais nítida da escala de temperatura dos objetos analisados.

Figura 1 – Faixa de comprimento de onda dos raios infravermelhos



Fonte: Firtech Nanotechnologies (2018)

Segundo Clark *et al.* (2003), a radiação é função da temperatura por meio da equação: $E = \epsilon\sigma T^4$, onde E é a radiação (W/m²), ϵ é a emissividade do material, σ é a constante de Stefan-Boltzmann (5,67x10⁻⁸W/m²K⁴) e T é a temperatura (Kelvin). Desta forma, as câmeras termicas medem a radiação emitida, calculam e representam, por meio de imagens com diferentes escalas de cores, as diferentes temperaturas de um objeto.

As falhas internas originam diferenças de temperaturas na superfície de uma estrutura. Maierhofer *et al.* (2006) menciona que essa tecnologia é principalmente adequada para a detecção de heterogeneidades em concreto e em alvenarias em profundidades de até 100cm.

A temperatura do ambiente pode interferir na nitidez das imagens, por esse motivo, o horário de realização do ensaio é de grande relevância para o resultado das análises. Existem recomendações diferentes, de autores diferentes, no que se refere ao horário ideal, entretanto a maioria dos autores concordam que os melhores resultados são obtidos durante o dia, contudo o horário exato depende, dentre outros fatores, da profundidade dos danos a serem detectados. (WASHER, G. *et al.* (2010), KEE, S *et al.* (2012), VAGHEFI *et al.* (2015), HIASA, S. *et al.* (2016)).

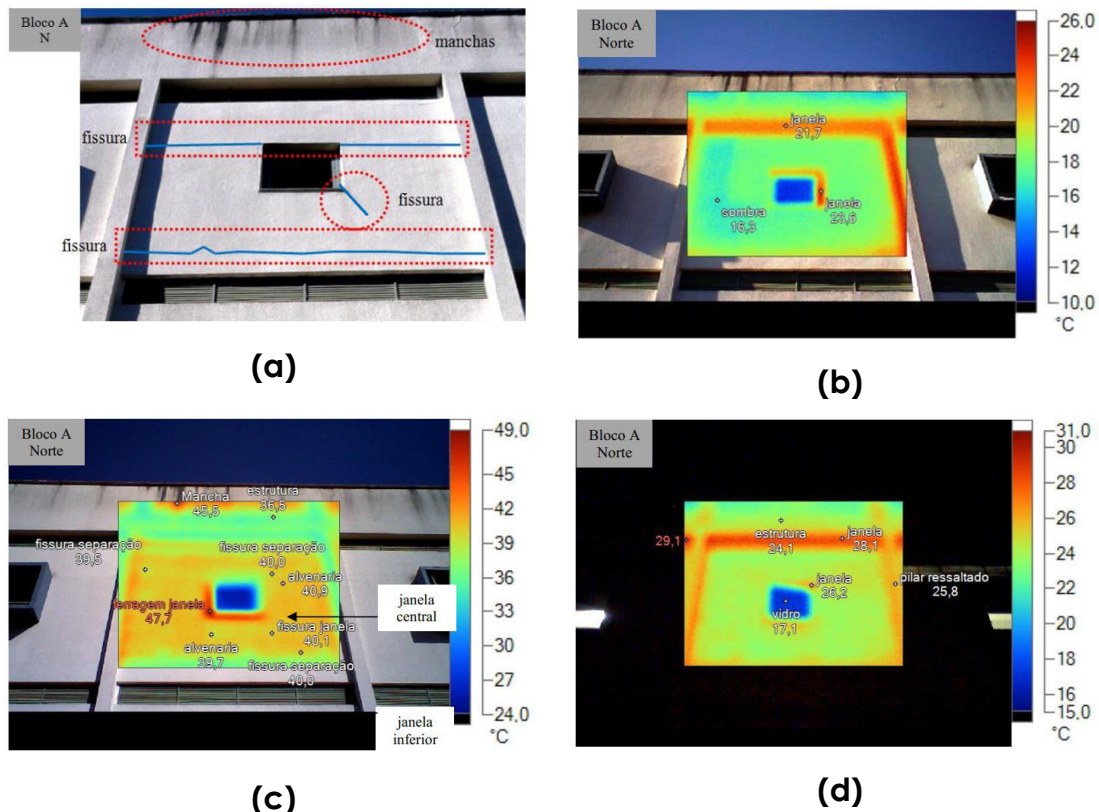
Deste modo, devido à dependência da percepção correta dos resultados com as condições do ambiente, percebe-se que o uso da termografia pode ter recomendações distintas em países com climas diferentes.

No Brasil, vários autores fizeram menção à essa influência das condições ambientais. Cortizo (2007) percebeu que a região externa da edificação estudada apresentou resolução visual melhor quando as imagens foram coletadas no período da tarde, quando a temperatura ambiente diminui, por outro lado, as imagens da região interna tiveram melhor qualidade quando capturadas no período em que os valores da temperatura são crescentes.

Em seu estudo, Mário (2011) observou que a presença de umidade no revestimento das fachadas inspecionadas inverteu o comportamento da temperatura superficial quando comparado com o revestimento seco, sendo este um fator que pode interferir na interpretação dos resultados.

Freitas *et al.* (2014) capturaram imagens termográficas de uma mesma edificação em dois dias distintos, um dia seco e outro chuvoso, no período da manhã, da tarde e da noite. As manifestações patológicas foram melhor identificadas no horário da tarde, no dia de clima seco. As fissuras são identificadas por meio da diferença de temperatura entre as fissuras (em torno de 39,5 °C), as manchas (em torno de 45,5 °C) e na alvenaria sem defeito (em torno de 40,9 °C), conforme observa-se na Figura 2.

Figura 2 – Identificação de danos em fachadas em dia de clima seco. (a) Danos existentes na fachada analisada. (b) Imagem capturada às 8h. (c) Imagem capturada às 15h. (d) Imagem capturada às 21h.



Fonte: Freitas *et al.* (2014)

De acordo com Bauer *et al.* (2014), a constatação de diferentes temperaturas em regiões próximas (ΔT) e de mesmo fluxo térmico é um dos critérios mais evidentes para classificar, de forma quantitativa, a seriedade de uma anomalia. Contudo, o autor conclui que apenas a variação de temperatura não pode ser considerado como um parâmetro confiável, sendo necessário ponderar parâmetros como temperatura da fachada e os fluxos de calor existentes.

Portanto, a termografia é uma técnica de grande potencial para identificação de problemas em fachadas, todavia, por essa região receber muita influência do meio externo, é necessário um controle rigoroso de variáveis como a temperatura ambiente, incidência de ventos, a umidade e a emissividade do objeto (BAUER e PAVÓN (2015); SILVA, *et al.* (2016); MILANEZ (2017); TAKEDA e MAZER (2018); BORBA JÚNIOR *et al.* (2018); SANTOS, C. *et al.* (2018) e OTTONI *et al.*, 2018)

Alguns estudos em áreas internas de edificações foram desenvolvidos. A região interna apresenta algumas particularidades, porém, também sofre variações nos resultados decorrentes de variações das condições do ambiente externo (OTTONI *et al.* (2018) e Rocha *et al.* (2018)). Contudo, a

termografia também se mostrou muito eficiente para esse fim, sendo necessário, porém, considerar as características de permeabilidade do revestimento (SANTOS *et al.*, 2019).

O Quadro 1 resume os principais aspectos concernentes às pesquisas estudadas nesse trabalho.

Quadro 1 – Síntese dos principais resultados dos estudos nacionais discutidos na presente pesquisa

| Autores | Objetivo do estudo | Tipo de estudo | Principais resultados |
|------------------------------|--|-----------------------|--|
| Cortizo (2007) | Estudar a termografia para identificação de anomalias ocultas em edificações do Patrimônio Histórico Cultural | Em campo | Modelo de análise matemática que permite aumento da confiabilidade dos diagnósticos |
| Mário (2011) | Verificar a eficiência da termografia para identificar danos ocultos em edificações | Em campo | O ensaio possibilita a detecção de problemas ocultos, porém não substitui a análise visual convencional |
| Freitas <i>et al.</i> (2014) | Identificar fissuras utilizando a termografia, bem como o horário e o período do ano mais adequado para a realização do ensaio | Em campo | Contribuição da termografia para mapeamento das manifestações patológicas, constatando que a região fissurada possuiu cerca de 1°C a menos que o revestimento sem defeitos |
| Bauer <i>et al.</i> (2014) | Estudar critérios de identificação de anomalias aplicáveis à inspeção de fachadas | Em laboratório | Para uma análise quantitativa mais assertiva a medição de um Delta-T deve ser combinada com a análise de outros parâmetros |
| Caldeira e Padaratz (2015) | Estudar a contribuição da termografia infravermelha para detecção de danos na aderência entre concreto e PRFV | Em laboratório | Lâmpada incandescente se mostrou eficaz na identificação de falhas na aderência simuladas em laboratório |
| Bauer e Pavón (2015) | Analisar as características do uso da termografia para identificação de manifestações patológicas de fachadas de edifícios | Em campo | É uma técnica de inspeção de grande potencial, entretanto de análise complexa, necessitando de profissional qualificado com conhecimento técnico em termografia |

| Autores | Objetivo do estudo | Tipo de estudo | Principais resultados |
|-----------------------------------|---|-----------------------|---|
| Silva <i>et al.</i> (2016) | Apresentar a termografia para inspecionar fachadas com revestimento cerâmico | Em campo | O melhor período para análise é aquele que o objeto libera maior quantidade de calor, e não o período onde há o pico de temperatura |
| Milanez (2017) | Analisar a influência do vento no ensaio de termografia infravermelha | Em laboratório | Ventos com velocidades a partir de 2m/s começam a mostrar influência no contraste térmico obtido |
| Takeda e Mazer (2018) | Discutir o potencial da análise termográfica na avaliação de fachadas de edifícios | Em campo | A termografia pode contribuir para identificação de áreas que precisam ser submetidas à análises mais criteriosas |
| Rocha <i>et al.</i> (2018) | Analisar a viabilidade do ensaio de termografia para identificação de infiltrações em áreas internas de edificações | Em campo | Condições ambientais externas também influenciam nos resultados dos ensaios realizados na região interna da edificação |
| Borba Júnior <i>et al.</i> (2018) | Analisar o estado de conservação de uma fachada usando a técnica de termografia | Em campo | A técnica pode aprimorar, agilizar e facilitar a identificação de manifestações patológicas |
| Otoni <i>et al.</i> (2018) | Utilizar a termografia como ferramenta auxiliar na identificação de umidade ascensional | Em campo | A técnica contribuiu para a identificação das manifestações patológicas |
| Santos <i>et al.</i> (2018) | Detectar infiltrações com a termografia infravermelha | Em campo | Contribui para detecção, porém a qualidade dos resultados é influenciada por fatores externos |
| Santos <i>et al.</i> (2019) | Analisar a termografia para identificar infiltrações em paredes internas | Em laboratório | As propriedades permeáveis influenciam na detecção das infiltrações |

Fonte: Autores (2019)

4 CONCLUSÃO

A elaboração do presente estudo proporcionou uma revisão sobre os principais aspectos relativos ao ensaio de termografia infravermelha, discutidos recentemente no Brasil. Deste modo, foi possível observar que diversos estudos de campo e de laboratório foram desenvolvidos, de forma que as variáveis envolvidas no ensaio estão cada vez mais controladas.

Para uma análise qualitativa eficaz é necessário levar em consideração tanto fatores externos – velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade do ar – como fatores próprios do material que compõe o objeto – umidade do objeto, tipos de revestimento e emissividade da superfície.

Por fim, é possível concluir que a termografia por infravermelhos é uma técnica de grande potencial, porém exige do inspetor conhecimento específico para análise correta dos resultados, tendo em vista que por mais que o procedimento de captura de imagens seja simples, as variáveis envolvidas no processo resultam em resultados complexos de serem analisados. Dessa maneira se faz necessário o desenvolvimento de mais estudos, a fim de obter resultados mais consistentes e representativos e assim colaborar para a composição de procedimentos de análises normatizados.

REFERÊNCIAS

- BARREIRA, E. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 2004. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2004.
- BAUER, E.; CASTRO, E.; OLIVEIRA FILHO, A.; PAVÓN, E. Critérios para aplicação da termografia de infravermelho passiva como técnica auxiliar ao diagnóstico de patologias em fachadas de edifícios. *In: ENCONTRO LUSO-BRASILEIRO DE DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO*, 1, Salvador, p. 619-630, 2014, **Anais [...]**, Salvador, 2014.
- BAUER, E.; PAVÓN, E. Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios. **Concreto & Construções**, Brasília, p. 93-98, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282119247>. Acesso em: 14 mar. 2019.
- BORBA JÚNIOR, J.; MAMEDE, J.; SILVA, R.; EWEN, T.; TARÃO, T. Avaliação termográfica de patologias em fachada. *In: ENCONTRO LUSO-BRASILEIRO DE DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO*, 3, São Carlos, p.1-13, 2018, **Anais [...]**, São Carlos, 2018.
- CALDEIRA, M.; PADARATZ, I. Potencialidades da termografia infravermelha na avaliação de danos na aderência entre concreto e PRFV. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, Florianópolis, v.8, n.3, p. 296-322, 2015.
- CLARK, M.; MC CANN, D.; FORDE, M. Application of infrared thermography to the non - destructive testing of concrete and masonry bridges. **NDT&E International**, n. 36, p. 265–275, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0963-8695\(02\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0963-8695(02)00060-9). Acesso em: 13 mar. 2019.
- CORTIZO, E. C. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em edificações do Patrimônio Histórico**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, Brasil.

- FIRTECH NANOTECHNOLOGIES. **Far Infrared Rays – Fir (Far Infrared Radiation)**. 2018. Disponível em: <https://www.firtech.gr/en/posts_en/far-infrared-rays-fir-far-infrared-radiation/>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- FREITAS, J. G.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre v. 14, n. 1, p. 57-73, 2014.
- HIASA, S.; BIRGUL, R.; CATBAS, N. Infrared thermography for civil structural assessment: demonstrations with laboratory and field studies. **Springer: J. Civil Struct Health Monit.** v.6, n.3, p. 619-636, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13349-016-0180-9>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- HIASA, S.; BIRGUL, R.; CATBAS, N. Investigation of effective utilization of infrared thermography (IRT) through advanced finite element modeling. **Construction and Building Materials.** v. 150, p. 295-309, 2017a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.175>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- HIASA, S.; BIRGUL, R.; CATBAS, N. A data processing methodology for infrared thermography images of concrete bridges. **Computers & Structures.** v.190, p. 205-218, 2017b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2017.05.011>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- KEE, S.; OH, T.; POPOVICS, J.; ARNDT, R.; ZHU, J. Nondestructive bridge deck testing with air-coupled impact-echo and infrared thermography. **J. Bridge Eng.** v.17, n.6, p. 928-939, 2012. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000350](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000350). Acesso em: 12 mar. 2019.
- MAIERHOFER, C.; ARNDT, R.; ROLLIG, M.; RIECK, C.; WALTHER, A.; SCHEEL, H.; HILLEMEIER, B. Application of impulse-thermography for non-destructive assessment of concrete structures. **Cement & Concrete Composites.** v.28, n.4, p. 393-401, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.02.011>. Acesso em: 14 mar. 2019.
- MÁRIO, M. **Uso da termografia como ferramenta não destrutiva para avaliação de manifestações patológicas ocultas**. 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- MILANEZ, M. **Influência do vento na detecção de defeitos em estruturas de concreto utilizando termografia infravermelha**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- OH, T.; KEE, S.; ARNDT, R.; POPOVICS, J.; ZHU, J. Comparison of NDT Methods for Assessment of a Concrete Bridge Deck. **Journal of Engineering Mechanics.** v.139, n.3, p. 305-314, 2017. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0000441](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000441). Acesso em: 14 mar. 2019.
- OTTONI, T.; STEINDORF, E.; LIMA, R.; SOARES, J. Estudo sobre manifestações patológicas provenientes de umidade ascensional utilizando câmera

termográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 60, Foz do Iguaçu, p.1-14, 2018, **Anais [...]**, Foz do Iguaçu, 2018.

- QADER, I. A.; YOHALI, S.; ABUDAYYEH, O.; & YEHIA, S. Segmentation of thermal images for non-destructive evaluation of bridge decks. **NDT&E International**. v.41, n.5, p. 395-405. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2007.12.003>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- ROCHA, J.; SANTOS, C.; OLIVEIRA, J.; ALBUQUERQUE, L.; PÓVOAS, Y. Detecção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso. **Revista Ambiente Construído**. v. 18, n. 4, p. 329-340. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400308>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- SAKAGAMI, T.; KUBO, S. Development of a new non-destructive testing technique for quantitative evaluations of delamination defects in concrete structures based on phase delay measurement using lock-in thermography. **Elsevier: Infrared Physics & Technology**. n.43. p. 311-316, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1350-4495\(02\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S1350-4495(02)00157-3) (2002). Acesso em: 14 mar. 2019.
- SANTOS, C.; ROCHA, J.; PÓVOAS, Y. Utilização da termografia infravermelha para detecção de focos de umidade em paredes internas de edificações. **Revista Ambiente Construído**. v.19, n.1, p. 105-127, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212019000100296>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- SANTOS, C.; ROCHA, J.; BATISTA, P.; TAVARES, Y. Potencialidade da termografia infravermelha na detecção de infiltrações em edificações. In: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 6. Rio de Janeiro, 2018, **Anais [...]**, Rio de Janeiro, 2018.
- SILVA, A.; VIÉGAS, D.; PÓVOAS, Y. O uso da termografia infravermelha para detecção de manifestações patológicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, São Paulo, 2016, **Anais [...]**, Porto Alegre: São Paulo, 2016.
- TAKEDA, O.; MAZER, W. Potencial da análise termográfica para avaliar manifestações patológicas em sistemas de revestimentos de fachadas. **Revista ALCONPAT**. v.8, n.1, p. 38-50, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i1.181>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- VAGHEFI, K.; AHLBORN, T.; HARRIS, D.; BROOKS, C. Combined Imaging Technologies for Concrete Bridge Deck Condition Assessment. **Journal of Performance of Constructed Facilities**. v.29, n.4, p. 1-8, 2015. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000465](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000465). Acesso em: 14 mar. 2019.
- WASHER, G.; FENWICK, R.; BOLLENI, N. Effects of Solar Loading on Infrared Imaging of Subsurface Features in Concrete. **Journal of Bridge Engineering**. v.15, n.4, p. 384-390, 2010. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000117](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000117). Acesso em: 13 mar. 2019.