

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA NAS REGIÕES DAS FACHADAS COM TERMOGRAFIA

Patrícia Mota Milhomem¹
patriciamotamilhomem@gmail.com

2.º Luiz Augusto Gimenez Aidar²
luiz.augusto_aidar@hotmail.com

3.º Elton Bauer³
elbauerlem@gmail.com

ÁREA: (TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO)

Resumo

As fachadas tendem a estarem sujeitas a incidência dos agentes de degradação climáticos, sol e chuva, que se agravam conforme a exposição dos seus elementos, levando aos processos e mecanismo de degradação. Com o surgimento das normas de requisitos e desempenho das edificações, faz-se necessário o controle da qualidade dos materiais e aperfeiçoamento das técnicas de diagnóstico para maior eficiência e prolongamento da vida útil do sistema. Dessa forma, o presente artigo busca apresentar a termografia infravermelha como método não destrutivo para identificar em campo as anomalias presentes nas regiões das fachadas, devido a diferença de temperatura apresentada por essas áreas nas imagens térmicas. No entanto, para sua melhor utilização é necessário sólido conhecimento das variáveis envolvidas, destaca-se nesse trabalho o ângulo de análise entre a câmera e a edificação, como também, a distância. Para tanto, foi escolhido dois edifícios em condições similares na região de Brasília-DF, porém, um com revestimento em argamassa e outro em placas cerâmicas com o intuito de comparar em ambos sistemas o comportamento da temperatura. À vista dessas análises constatou-se que a variação dos parâmetros de obtenção das imagens (ângulo e distância) afetam as temperaturas obtidas nos termogramas.

Palavras-chave: Termografia Infravermelho

Fachada
Temperatura média
Ângulo de incidência

¹ Mestranda, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasil.

² Mestrando, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasil.

³ Doutor, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasil.



ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE LAS REGIONES DE LAS FACHADAS CON TERMOGRAFÍA

Patrícia Mota Milhomem⁴
patriciamotamilhomem@gmail.com

2.º Luiz Augusto Gimenez Aida⁵
luiz.augusto_aidar@hotmail.com

3.º Elton Bauer⁶
elbauerlem@gmail.com

AREA: (TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO)

Resumen

Las fachadas tienden a estar sujetas a la incidencia de los agentes de degradación climáticos, sol y lluvia, que se agravan conforme a la exposición de sus elementos, llevando a los procesos y mecanismo de degradación. Con el surgimiento de las normas de requisitos y desempeño de las edificaciones, se hace necesario el control de la calidad de los materiales y perfeccionamiento de las técnicas de diagnóstico para una mayor eficiencia y prolongación de la vida útil del sistema. De esta forma, el presente artículo busca presentar la termografía infrarroja como método no destructivo para identificar en campo las anomalías presentes en las regiones de las fachadas, debido a la diferencia de temperatura presentada por esas áreas en las imágenes térmicas. Sin embargo, para su mejor utilización es necesario un sólido conocimiento de las variables involucradas, se destaca en este trabajo el ángulo de análisis entre la cámara y la edificación, así como a la distancia. Para ello, se eligieron dos edificios en condiciones similares en la región de Brasilia-DF, sin embargo, uno en revestimiento en cemento y agregado fino y otro en placas cerámicas con el objetivo de comparar en ambos sistemas el comportamiento de la temperatura. A la vista de estos análisis se constató que la variación de los parámetros de obtención de las imágenes (ángulo y distancia) afectan las temperaturas obtenidas en los termogramas.

Palabras clave: Termografía Infrarrojo

Fachada

Temperatura media

Ángulo de incidencia

⁴ Maestranda, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Brasilia, Brasil.

⁵ Maestrando, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Brasilia, Brasil.

⁶ Doutor, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Brasilia, Brasil.

Introdução

Os revestimentos exteriores das paredes têm um papel importante na estanquidade à água, como também, fazem diferença no isolamento térmico, protegem as alvenarias e estruturas exercendo uma influência relevante na sua durabilidade. Além de contribuir significativamente no aspecto estético dos edifícios.

A inspeção predial configura-se como ferramenta útil para avaliação das condições de conservação das edificações em geral, para atestar se os procedimentos de manutenção adotados são suficientes e existentes, além de fornecer subsídios para orientar o plano e programas de manutenção (1).

Atualmente, existem varias técnicas e ferramentas utilizadas na inspeção predial, dentre elas, vem se destacando a termografia por infravermelho, técnica não destrutiva, de fácil utilização e que proporciona simplicidade na inspeção, contudo, requer sólido conhecimento das variáveis envolvidas (2).

A análise termográfica pode ser feita de forma ativa ou passiva. De acordo com Maldague (3) na passiva o material contém uma parcela de calor armazenada ou recebe estímulo de uma fonte natural (energia solar), esta visa-se localizar pontos onde a temperatura é diferente (pontos quentes ou frios), identificando-se assim o elemento danificado (4). Na termografia ativa, o comportamento do componente é estudado sob estimulação térmica, que pode ser aplicado em intervalos (por pulsação termografia) ou de uma forma mais prolongada (aquecimento gradual) (5)(6).

No estudo das variáveis, estas se dividem em duas categorias. As provenientes do equipamento e as relacionadas com o alvo. As advindas do equipamento são: foco, lente, resolução geométrica, determinam o alcance das inspeções com base no tamanho das anomalias a serem investigadas e a distância que pode ser realizado o estudo para uma boa precisão da imagem. As relacionadas ao alvo: Temperatura ambiente, umidade relativa, temperatura aparente refletida e emissividade permitem obter termogramas com valores reais e precisos das temperaturas. Outras variáveis que podem induzir erros nos termogramas são os problemas de reflexão e o ângulo de análise com a edificação (2)(7).

Um das variáveis mais importantes nas medidas termográficas é a emissividade. A mesma é definida como a relação entre as energias térmicas irradiadas por um determinado material e por um corpo preto (8)(9). Seu valor depende da temperatura da superfície, do comprimento de onda da radiação e o ângulo em que é visualizado com uma câmera termográfica (10)(11).

A temperatura superficial varia com a emissividade e esta, com a angulação. Para não-metals, a emissividade é alta e quase não muda para ângulos entre 0° e cerca de 60° da perpendicular. Após 60°, seu valor varia rapidamente (3)(9)(10). Quando se emprega termografia quantitativa, na identificação de patologias, essas distorções podem se tornar críticas levando a erros de análise dos termogramas.

Portanto, com o intuito de investigar a variação nos termogramas relacionadas a mudanças nas condições de obtenção das imagens, foram escolhidos dois edifícios residenciais localizados no Distrito Federal – DF. Um composto por fachadas em placas cerâmicas e outro com revestimento em argamassa. Ambos estudados pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília – UnB.

Metodologia

Com o intuito de fundamentar *in loco* as alterações na temperatura superficial dos termogramas provocadas pela variação dos ângulos observadas pelos autores em ensaios de laboratório. Foram escolhidos dois edifícios pertencentes ao banco de dados do LEM, um com revestimento em argamassa e outro em placas cerâmicas (Figura 1).



Figura 1: Fachadas inspecionadas revestimento em argamassa e placas cerâmicas, respectivamente.

Os termogramas foram obtidos na região do topo e na região intermediária entre o terceiro e quarto pavimento dos dois edifícios, a uma distância de 10 m, 22m e 32m na horizontal, permitindo obter diferentes angulações entre a câmera e alvo, assim como, diferentes distâncias entre os mesmos, conforme mostra no esquema da inspeção (Figura 2 e Tabela 1).

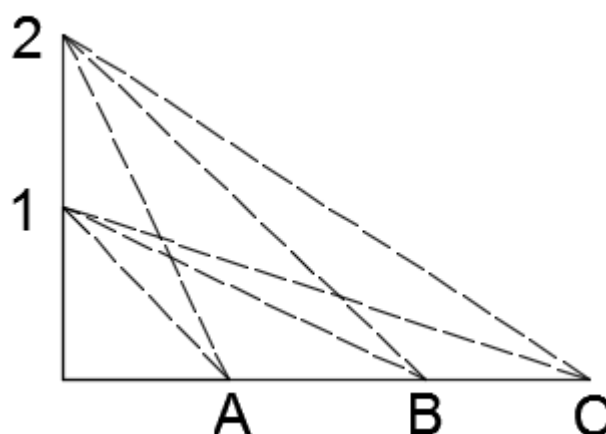


Figura 2: Pontos de inspeção.

Tabela 1: Descrição dos pontos de inspeção.

Ponto	Distância (m)	Altura (m)	Hipotenusa (m)	Ângulo com a horizontal (graus)
A1	10,0	10,5	14,5	46,4
A2	10,0	21,0	23,3	64,5
B1	22,0	10,5	24,4	25,5
B2	22,0	21,0	30,4	43,7
C1	32,0	10,5	33,7	18,2
C2	32,0	21,0	38,3	33,3

As Figuras 3 e 4 mostram os termogramas obtidos da região do topo e intermediária do edifício com revestimento em argamassa. E as Figuras 5 e 6 do edifício com revestimento cerâmico.

As regiões em destaques foram escolhidas para obtenção da temperatura média. Para aferição da temperatura média em diversos ângulos entre a câmera e o alvo, foi utilizada a ferramenta área do *software* QuickReport 1.2 SP2 selecionando áreas com menor variação de temperatura, possivelmente sem defeito e mais homogênea, replicando para todos os termogramas da mesma região (topo ou intermediária).

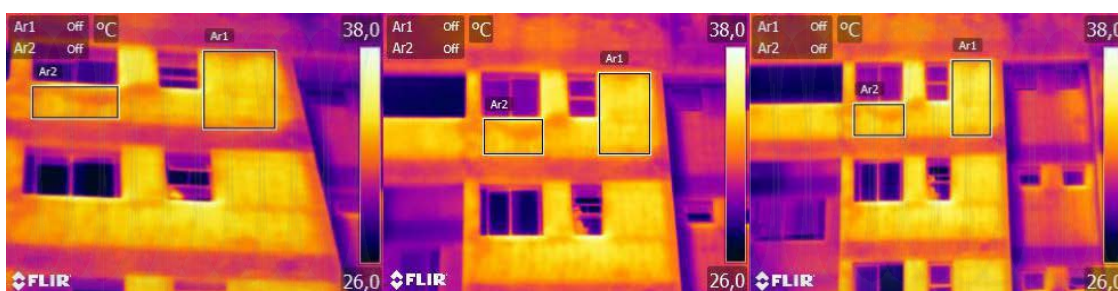


Figura 3: Termogramas da região do topo da fachada com revestimento em argamassa, distância de 10m; 22m e 32m, respectivamente.

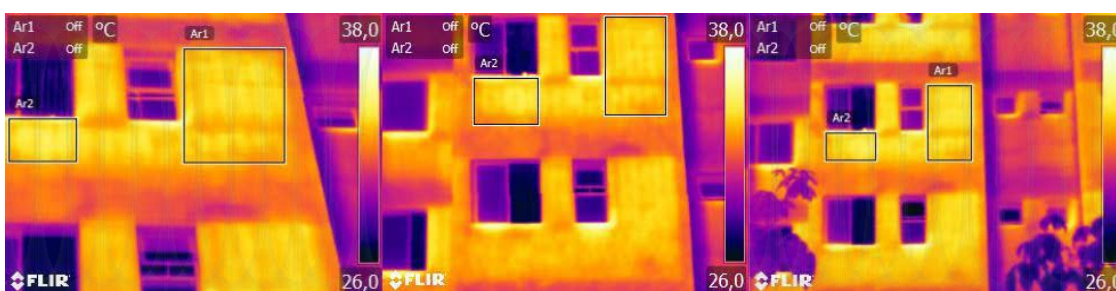


Figura 4: Termogramas da região intermediária da fachada com revestimento em argamassa, distância de 10m; 22m e 32m, respectivamente.

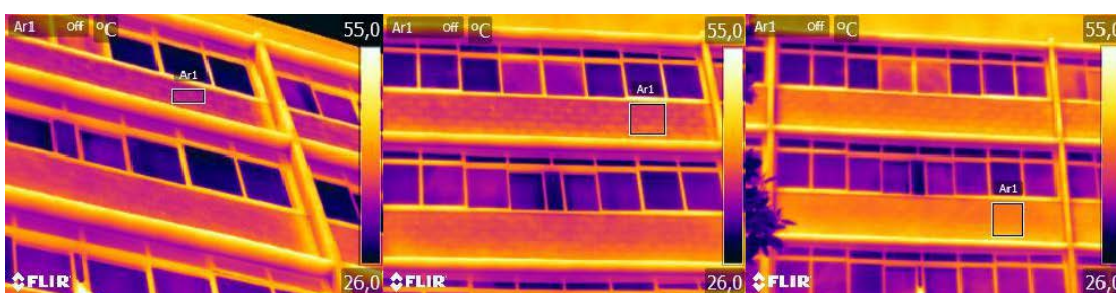


Figura 5: Termogramas da região do topo da fachada em revestimento cerâmico, distância de 10m; 22m e 32m, respectivamente.

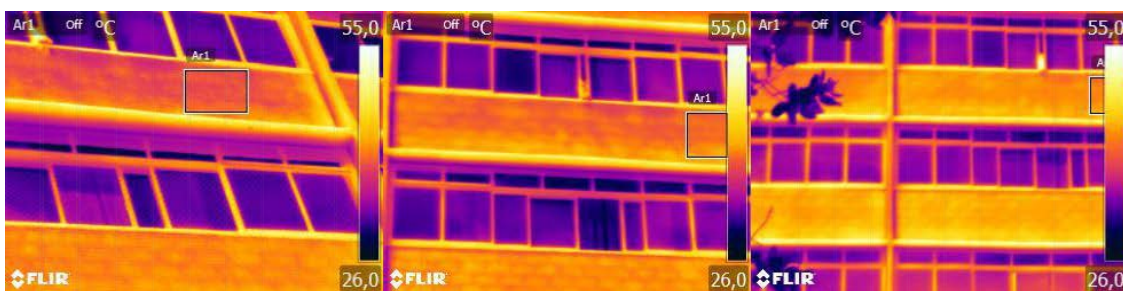


Figura 6: Termogramas da região intermediária da fachada em revestimento cerâmico, distância de 10m; 22m e 32m, respectivamente.

A câmera infravermelha utilizada para obter os termogramas alcança faixa de -20 a 120 ° C, precisão de 2%, faixa espectral de 7,5 a 13 μm , resolução de 320 x 240 pixels, lente FOL 18 mm e IFOV (com 25° lentes) 1,36 mRad.

Para cada ensaio, foram coletadas informações da temperatura ambiente e umidade relativas medidas através do Meterlink MO297, assim como, foi utilizado o método do papel alumínio para cálculo da temperatura refletida (12). Os valores de emissividade foram obtidos pelos autores em ensaios previamente realizados em laboratório para placas cerâmicas e revestimento em argamassa com base na ASTM E1933 -14 (13).

Resultados

Neste tópico serão apresentados e analisados os dados obtidos após a execução da inspeção. Foram observadas as variações da temperatura aferida em diferentes angulações e diferentes distâncias. A Tabela 1 apresenta para os diferentes pontos de análise já identificados anteriormente, os valores das temperaturas médias dentro da área de análise.

Tabela 2 - Localização e temperatura média nos pontos.

Ponto	Temperatura média na região (°C)	
	Placa	Argamassa
A1	38,9	33,7
A2	36,1	33,4
B1	41,6	34,0
B2	43,1	34,1
C1	43,9	34,4
C2	39,9	34,3

De posse desses dados foram traçados os gráficos apresentados na Figura 7 e Figura 8, os quais relacionam as temperaturas médias com os ângulos de obtenção das imagens para o revestimento em placa e para em argamassa, respectivamente. Em ambos os gráficos são apresentados dados representativos da região intermediária e do topo do edifício.

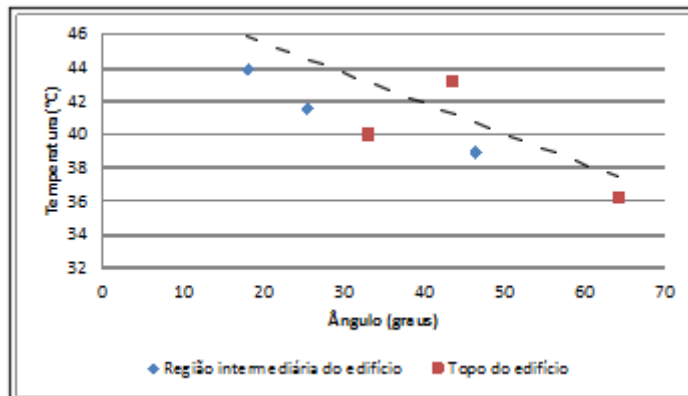


Figura 7: Temperaturas médias para diferentes ângulos para o revestimento em placas cerâmicas.

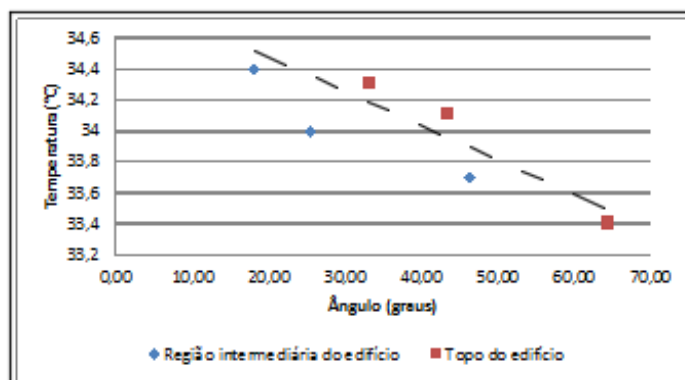


Figura 8: Temperaturas médias para diferentes ângulos para o revestimento em argamassa.

Verifica-se nesses gráficos que há uma tendência de redução da temperatura média com o aumento do ângulo de obtenção das imagens. Tal discrepância pode estar relacionada com os erros correlacionados aos aspectos de medição apresentados por Barreira *et. al.*(14); Azenha *et. al.* (15) e Maldague (16).

Em segundo plano, analisou-se a variação da temperatura média relacionada à distância de aquisição da imagem, obtendo-se assim os gráficos presentes na Figura 9 e na Figura 10 para o revestimento em placa cerâmica e em argamassa, respectivamente. Cabe reafirmar que, assim como na Figura 7 e na Figura 8, são apresentados dados representativos da região intermediária e do topo do edifício.

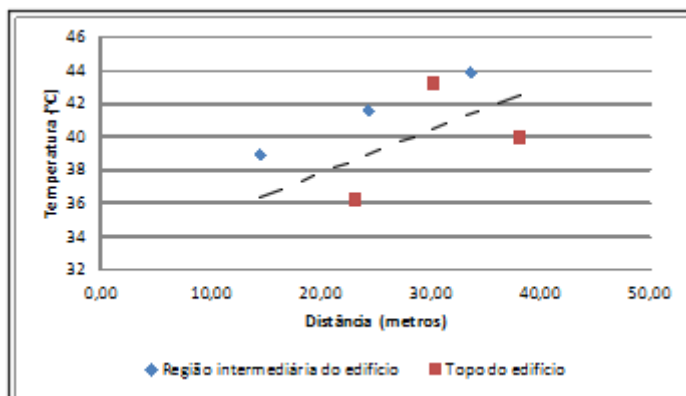


Figura 9: Temperaturas médias para diferentes distâncias para o revestimento em placa cerâmica.

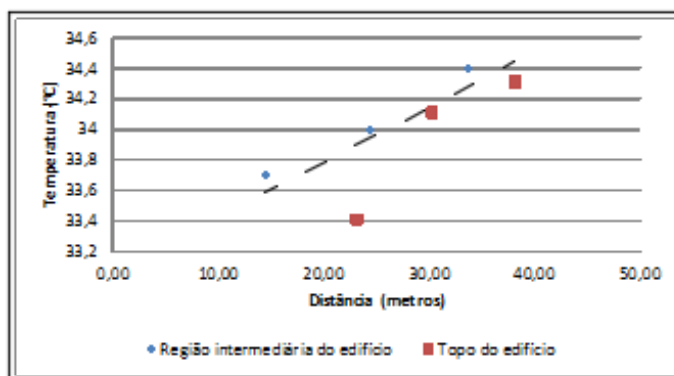


Figura 10: Temperaturas médias para diferentes distâncias para o revestimento em argamassa.

Através dos gráficos, verifica-se que com o aumento da distância de aferição das imagens, há um aumento na temperatura média obtida na região de análise.

Analisando-se a linha de tendência dos gráficos apresentados anteriormente, constata-se que a correlação dos dados de temperatura com a variação do ângulo mostra-se mais explicativo quando comparado aos dados relacionados à distância.

Conclusão

No uso da termografia quantitativa como forma de inspeção vários fatores podem gerar distorções. A bibliografia apresenta diversas conclusões quanto a temperatura refletida e emissividade, entretanto, não há muitos estudos que correlacionem as distorções causadas devido às variações nas condições de medição. Contudo, os dados apresentados no artigo em questão demonstram que tais condições (ângulo e distância) afetam os valores de temperatura verificados no termograma.

Com isso, constata-se que a variação dos parâmetros de obtenção das imagens afetam as temperaturas obtidas nos termogramas. O que se comprova com as variações obtidas tanto quando houve variação do ângulo, quanto com a variação da distância de obtenção das imagens. Ademais, verifica-se que a variação angular é mais representativa quanto à variação da temperatura verificada no termograma, quando comparada à variação devido à distância entre a câmera e o alvo.



Bibliografia

- (1) SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas – Efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. Dezembro de 2014. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Brasília, DF, Brasil: Universidade de Brasília – UNB, 2016.
- (2) BAUER, E.; PAVON, E. **Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios**. ISSN 1809-7197. Ano XLIII 79. Jul-Set, 2015.
- (3) MALDAGUE, X.P.V. **Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing**. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- (4) BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BS EN 13187:1999), **Thermal Performance of Buildings – Qualitative Detection of Thermal Irregularities in Building Envelopes – Infrared method (ISO 6781:1983 Modified)**, BSI Group, London, UK, 1999.
- (5) THEODORA KEAS *et al.* **NDT inspection of plastered mosaics by means of transiente thermography and holographic interferometry**. NDT&E International, 2012, Vol. 47, pp. 150-156.
- (6) BAUER *et al.* **Infrared thermography – evaluation of the results reproducibility**. Structural Survey, 2015, Vol. 33 Iss 1 pp. 20 – 35
- (7) EDIS, E.; FLORES, I. C.; BRITO, J. **Building Thermography: Detection of Delamination of Adhered Ceramic Claddings Using the Passive Approach**. Springer Science+Business Media. New York, 2014.
- (8) CLARK, M.R.; MCCANN, D.M.; FORDE, M. **Application of infrared thermography to the non-destructive testing of concrete and masonry bridges**. NDT&E Int, 2003, 36(4), 265–275.
- (9) BARREIRA *et al.* **Sensibility Analysis of the Parameters Affecting Infrared Thermal Images for the Evaluation of Building Pathologies**. Defect and Diffusion Forum Vol 353, 2014, pp 23-27 Online: 2014-05-21.
- (10) BARREIRA, E.S.B.M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios**. 196 f. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004.
- (11) AVDELIDIS, N. and MOROPOULOU, A. **Emissivity considerations in building thermography**. Energy and Buildings, 2003, Vol. 35 No. 7, pp. 663-667.
- (12) ASTM E1862-14, **Standard Practice for Measuring and Compensating for Reflected Temperature Using Infrared Imaging Radiometers**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org
- (13) ASTM E1933-14, **Standard Practice for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org.
- (14) BARREIRA *et al.* **Sensitivity analysis of quantitative infrared thermography**. 1st International Symposium on Building Pathology, 2015.
- (15) AZENHA, M. FARIA, R. FIGUEIRAS, H. **Thermography as a technique for monitoring early age temperatures of hardening concrete**. Construction and Building Materials, 2011, vol 25 4232–4240.
- (16) MALDAGUE X. **Nondestructive evaluation of materials by infrared thermography**. 1993. London, Springer-Verlag, 224 p.