Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018

Abril de 2018

ANÁLISE DAS POSSÍVEIS VARIAÇÕES NOS TERMOGRAMAS PROVOCADAS POR ALTERAÇÕES NO ÂNGULO DE OBTENÇAO DA IMAGENS

L. AIDAR
Engenheiro Civil/Mestrando
Universidade de Brasília
Distrito Federal, Brasil
luiz.augusto_aidar@hotmail.com

P. MILHOMEM
Engenheira Civil/Mestranda
Universidade de Brasília
Distrito Federal, Brasil
patriciamotamilhomem@gmail.com

E. BAUER
Engenheiro civil, Doutor, Professor
Universidade de Brasília
Distrito Federal, Brasil
elbauerlem@gmail.com

RESUMO

A termografia é uma técnica de inspeção não destrutiva e não intrusiva que, através da detecção de radiação infravermelha, constata temperaturas de uma superfície, convertendo-as em imagens visíveis, sem que haja a necessidade de contato com essa. Para isso, utiliza-se câmeras de infravermelho que geram termogramas (imagens térmicas) a partir da energia emitida pela superfície dos materiais, as quais devem ser tratadas através de softwares, a fim de se corrigir erros referentes a considerações de emissividade e temperatura refletida. Esse tipo de inspeção pode ser utilizado para mapear regiões de fachada e, dessa forma, constatar defeitos presentes nesse sistema. O referente trabalho busca analisar as possíveis variações nos termogramas provocadas por alterações nos condicionantes de medição ângulo. Para tal será utilizada a termografia ativa, onde o objeto de estudo é exposto à excitação térmica através de uma fonte de calor não natural e variar-se-á a distância e o ângulo entre o objeto e a câmera sem alteração nos demais condicionantes de medição (emissividade, temperatura do ambiente e definições do equipamento), nos condicionantes térmicos (condições do objeto e sua envolvente) ou nos referentes às fontes externas (sombras e reflexos). Dessa forma, constatou-se assim como outros pesquisadores que há grande dificuldade de medir a emissividade para ângulos superiores a 60°.
Palavras-chave: Termografia ativa; termogramas; emissividade; ângulo;

ABSTRACT

Thermography is a non-intrusive non-destructive inspection technique that, through the detection of infrared radiation, detects temperatures on a surface, converting them into visible images, without the need for contact with it. For this, infrared cameras are used that generate thermograms (thermal images) from the energy emitted by the surface of the materials, which must be treated through softwares, in order to correct errors referring to considerations of emissivity and reflected temperature. This type of inspection can be used to map façade regions and, in this way, to verify defects present in this system. The reference work seeks to analyze the possible variations in thermograms caused by changes in the conditioners of angle measurement. To this end, the active thermography will be used, where the object of study is exposed to thermal excitation through an unnatural source of heat and the distance and angle between the object and the camera will be varied without alteration in the other measurement conditions (emissivity, ambient temperature and equipment definitions), thermal conditions (object conditions and their surroundings) or external sources (shadows and reflections). In this way, it was verified like other researchers, it is very difficult to measure the emissivity for angles greater than 60 °.
Keywords: Active thermography; thermograms; emissivity; angle;

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos é comum surgir patologias nas edificações, principalmente, na envolvente do edifício por estar diretamente expostas aos agentes de degradação. Para investigar as causas e comportamento das manifestações patológicas decorrentes desses agentes, atualmente, existem diversas técnicas não destrutivas, dentre essas, vem se destancando a termografia por infravermelho pela agilidade e simplicidade na inspeção. No entanto, a interpretação correta dos termogramas requer bom conhecimento da técnica e capacidade de mensurar as váriáveis envolvidas.

Segundo Maldague (2001) a termografia pode ser dividida em ativa e passiva. Na termografia passiva o material contém uma parcela de calor armazenada ou recebe estímulo de uma fonte natural (energia solar), sua temperatura é monitorada de modo que as anomalias podem ser identificadas por meio de desvios e alterações. Visa localizar pontos onde a temperatura é diferente (pontos quentes ou frios), identificando assim o elemento danificado. Na termografia ativa, o comportamento do componente é estudado sob estimulação térmica, que pode ser aplicado em intervalos (por pulsação termográfica) ou de uma forma mais prolongada (aquecimento gradual). O monitoramento ocorre durante o aquecimento e por um período posterior (THEODORAKEAS *et al*., 2012; BAUER *et al*., 2015)

Com a termografia ativa deseja-se coletar imagens com características quantitativas. Na literatura há alguns relatos do uso da termografia ativa para a identificação de estruturas e falhas não visíveis. Comprovando o maior potencial, tanto de quantidade quanto de qualidade, nas verificações dos defeitos encontrados. Para tanto é necessário sólido conhecimento das variáveis termográficas envolvidas (CORTIZO, 2007; GRINZATO, 1997).

As variáveis podem ser divididas 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 (BAUER e PAVÓN, 2015; EDIS, COLEN e BRITO, 2014).

De acordo com Barreira *et al*., 2014 a emissividade é um dos parâmetros mais importantes nas medidas termográficas, especialmente em estudos quantitativos, onde se deseja obter medições reais da temperatura da superfície. A emissividade é definida como a relação entre as energias térmicas irradiadas por um determinado material e por um corpo preto (CLARK MR, 2003). O valor da emissividade depende da temperatura da superfície, do comprimento de onda da radiação e o ângulo em que é visualizado com uma câmera termográfica (BARREIRA, 2004; AVDELIDIS e MOROPOULOU, 2003). Para materiais sólidos, a variação de emissividade com temperatura e comprimento de onda geralmente pode ser ignorada no intervalo de temperaturas tipicamente encontradas nos edifícios (NJ WALKER *apud* TAYLOR, 2014).

A dependência angular da emissividade implica diferentes emissividades aparentes para uma superfície não plana. Para não-metais, a emissividade é alta e quase não muda para ângulos entre 0º e cerca de 60º em relação à perpendicular com a superfícies avaliada.. Após 70º, seu valor diminui rapidamente. Para o metal os valores de emissividade são mais baixos e praticamente constantes entre 0º e 40º, aumentando rapidamente para ângulos mais altos (MALDAGUE, 2001; BARREIRA, 2004; BARREIRA *et al*., 2014).

A emissividade também varia com a temperatura. A representação das temperaturas da superfície usando termografia inclui um processo de calibração, haja vista, que a câmera Infravermelho (IR) não mede diretamente a temperatura. O detector de uma câmera IR é um fluxo sensível dentro de um certo espectro de comprimentos de onda infravermelhos. O sinal do detector é então processado de acordo com algoritmos na câmera IR de modo que o fluxo radiativo medido seja convertido em uma leitura de temperatura (TAYLOR, 2014).

Para efeitos de calibração de imagem térmica, um objeto atribui um único valor de emissividade. Os objetos com alta emissividade emitem uma proporção relativamente maior de radiação IR e refletem uma proporção

correspondentemente menor de radiação IR a partir dos arredores. Isso os torna mais confiáveis para avaliar as temperaturas de superfície usando a termografia em comparação com objetos com baixa emissividade (TAYLOR, 2014).

Dessa forma, nesse trabalho enfatizará as variáveis oriundas do alvo, principalmente, emissividade, temperatura ambiente e refletida associados a diferentes ângulos de análise. Com o intuito de verificar as interdependências entre as variáveis e limitações na obtenção termogramas mais precisos, seguindo análises realizadas por Maldague (2001), Barreira (2004) e Barreira *et al.* (2014).

2. METODOLOGIA

A metodologia experimental para investigar as possíveis variações nos termogramas provocadas por alterações no ângulo de medição foi dividida em duas sequências. Inicialmente, realizadas em placas cerâmicas com textura rugosa em uma base de argamassa de cimento e areia com dimensões de 25x50 cm, como mostra a Figura 1. Percebe-se sobre parte da superfície a presença de faixas de fita preta e com papel alumínio corrugado, as primeiras são utilizadas como padrão de comparação para determinação da emissividade como descrito na ASTM 1933-99, quanto o segundo como padrão da determinação da temperatura refletida segundo ASTM E1862-10.

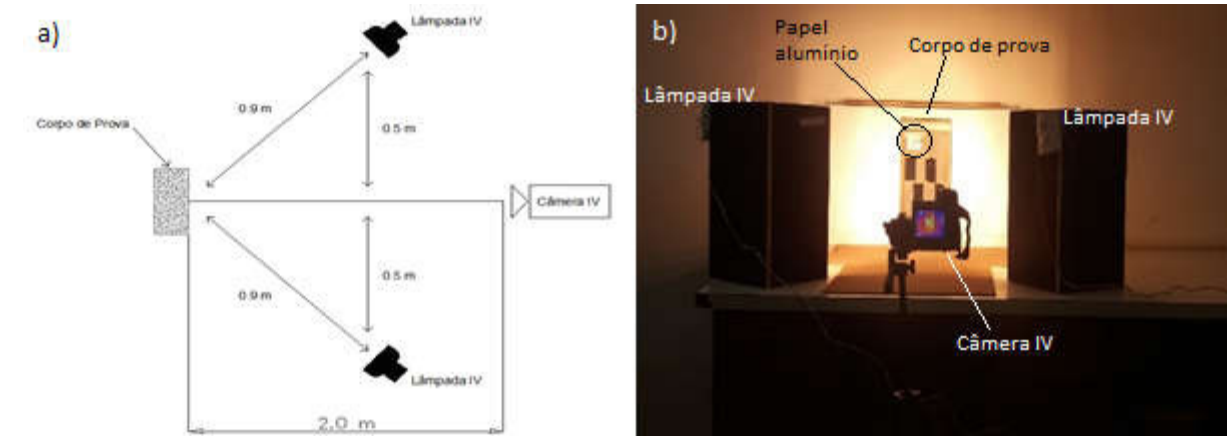
Figura 1 – Placa utilizada no ensaio



Fonte: Próprio autor.

A placa para aquecimento foi disposta conforme o esquema (Figura 2a). Semelhante a metodologia utilizada por Bauer *et al*., 2016, no entanto, com distância maior (2 metros) e a câmera infravermelha (IV) teve sua angulação modificada de 0º a 80º inclinação para obtenção dos termogramas em cada posição, inicialmente de 0º a 80º (série 2) e, posteriormente, de 80º a 0º (série 1) a uma temperatura de aproximadamente 50°C. O aquecimento da placa se deu por 6 lâmpadas infravermelho de 750 W dispostas em dois aparatos de madeira localizados a uma distância de 0,90m da placa de argamassa, observado na imagem digital (Figura 2b). Esta distância garantiu o homogêneo aquecimento da placa e a área da amostra estava dentro do campo de visão da câmera.

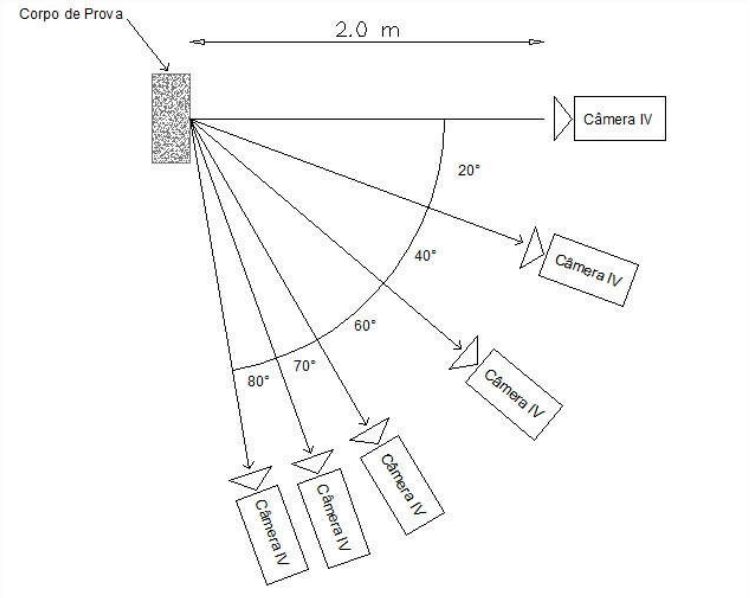
Figura 2 – (a) Esquema da metodologia utilizada. (b) Imagem digital aquecimento da placas cerâmicas



Fonte: Próprio autor.

Após aquecimento da placa a 50°C, o qual foi feito anteriormente a ambas as séries de obtenção de imagens, e desligamento das lâmpadas foram retirados os aparatos de madeira para que fosse possível obter as imagens térmicas em cada angulo sem variar a distância. Os termogramas foram obtidos manualmente em cada ângulo (0°; 20°; 40°; 60°; 70° e 80° nessa sequência para a série 2 e na sequência inversa para a série 1).
O diagrama da Figura 3 mostra como a câmera foi disposta nessas angulações para, dessa forma, analisar com precisão como essa variável interfere na aquisição de termogramas mais precisos. Cabe ressaltar que as medições foram feitas em pequenos intervalos de tempo (inferiores a cinco minutos para obtenção de todas as imagens), logo verificou-se que a variação de temperatura durante o ensaio foi muito baixa, não afetando assim os resultados;

Figura 3 – Posicionamento da câmera para obtenção dos termogramas a 0°; 20°; 40°; 60°; 70° e 80°.



Fonte: Próprio autor.

A câmera infravermelha utilizada para obter os termogramas foi a temperatura FLIR T400 faixa de -20 a 120 ° C, precisão de 2%, faixa espectral de 7,5 a 13 m, resolução de 320 x 240 pixels, lente de 25 ° e IFOV de 1,36 mrad. Para cada ensaio, foram inseridos alguns parâmetros de calibração como emissividade através da fita preta padrão, temperatura ambiente e umidade relativa medidos através do Meterlink MO297 e

inseridos na câmera infravermelha. Ressalta-se que os testes foram realizados em condições atmosféricas aproximadamente constantes (0,95; temperatura ambiente: 27°C e umidade relativa (UR): 45%) e com pouca luz natural ou artificial. Testes preliminares foram realizados para garantir que as reflexões sobre o meio ambiente não influenciassem os resultados.

A segunda análise foi realizada em um protótipo de parede em argamassa (Figura 4) com o objetivo de simular em laboratório condição similar à real e comparar em uma escala maior como a variável ângulo afeta na emissividade, temperatura refletida e, consequentemente, na obtenção de um termograma mais preciso. Para efeito de comparação a mesma foi disposta semelhante à metodologia empregada para as placas cerâmica descrita acima.

O protótipo de parede foi feito a partir de seis blocos cerâmicos de oito furos de 9x19x19 cm, argamassa convenciona para chapisco de cimento e areia com traço 1:3 e argamassa mista (para emboço e assentamento dos blocos) de cimento, cal e areia com traço 1:1:5,5:1,8. Em um dos lados, utilizou-se argamassa colante ACIII e placas cerâmicas da cor branca. No outro lado, após a aplicação do chapisco, aplicou-se uma camada única de argamassa convencional com traço similar ao emboço. O procedimento de construção pode ser encontrado em Pavon (2017). Na Figura 4, pode-se notar a presença de alguns fios próximos ao protótipo, esses são referentes aos termopares utilizados por Pavon (2017), os quais não foram utilizados no artigo em questão.

Figura 4 – Protótipo de parede em argamassa



Fonte: Próprio autor.

Em ambas as séries de medição foi determinada a temperatura aparente refletida a partir da lâmina de alumíno corrugada, conforme prescreve a ASTM E1862.

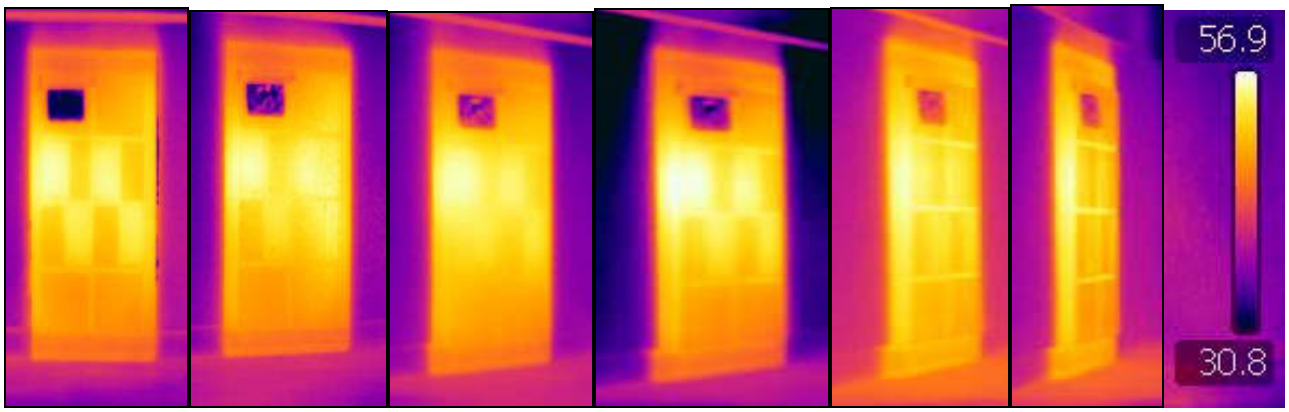
3. RESULTADOS

A seguir são apresentados, exemplos representaivos dos termogramas, os resultados referentes aos valores de emissivdade encontrados para cada ângulo de medição e as temperaturas para as linhas de medição passando pelas faixas de fita referência.

3.1 Termogramas

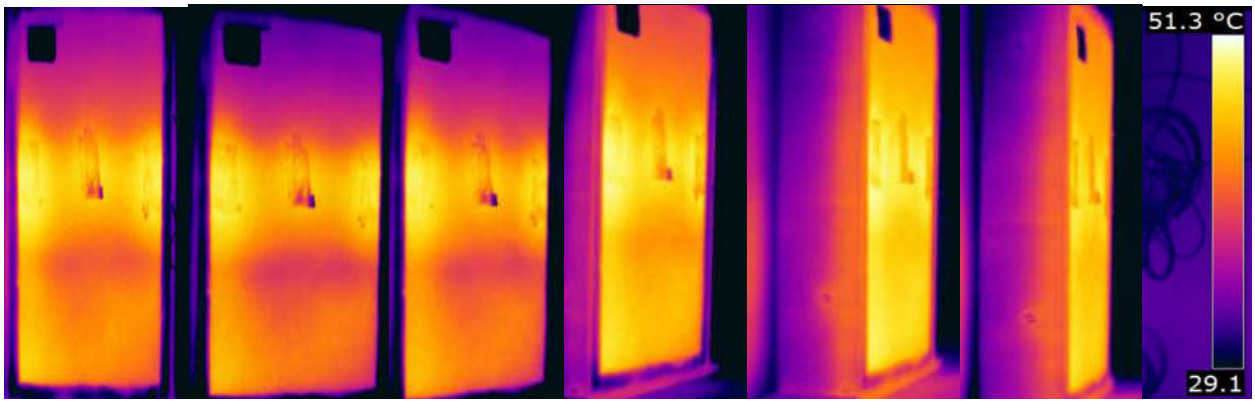
A Figura 5 mostra os seis termogramas obtidos no ensaio das placas cerâmicas, com os seguintes dados de entrada: emissividade igual 0,95; temperatura ambiente: 27°C e umidade relativa (UR): 45%. A Figura 6 expõem os termogramas da parede em argamassa com os dados de temperatura ambiente 27,7°C e UR 45%.

Figura 5 – Termogramas placas cerâmica a 0°, 20°, 40°, 60, 70° e 80°, respectivamente.



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 – Termogramas parede em argamassa a 0°, 20°, 40°, 60, 70° e 80°, respectivamente.



Fonte: Próprio autor.

3.2 Emissividade

Para encontrar o valor da emissividade das superfícies utilizou-se o método da fita de referência de acordo com o procedimento ASTM E1933 -14. Nesse, se compara a temperatura aferida sobre áreas ou linhas revestidas com fita preta de emissividade referência igual a 0,95 com áreas ou linhas do revestimento que, devido à proximidade, devem apresentar temperaturas iguais. Dessa forma, varia-se a emissividade da superfície ou linha sem fita até que a temperatura fique igual à da fita referência. A Tabela 1 apresenta os valores de emissidivade para os ângulos de medição propostos nas duas sequências de medição feitas, com comparação de áreas.

Tabela 1: Valores de emissividade para as diferentes angulações.

Série	Ângulo	Emissividade	
		Placa	Parede
1	0	0,82	0,87
	20	0,87	0,88
	40	0,87	0,86
	60	0,90	0,88
	70	0,88	0,94
	80	0,87	0,99

2	0	0,87	0,88
	20	0,86	0,89
	40	0,90	0,85
	60	0,87	0,87
	70	0,85	0,92
	80	0,83	0,99

Verifica-se que os valores para um mesmo ângulo nas duas séries são próximos, confirmando assim que as medições foram feitas de modo semelhante. Já analisando as duas séries separadamente, verifica-se que a emissividade para a parede em argamassa apresenta pequena variação até o ângulo de 60°, a partir desse, a variação é intensa como já afirmado anteriormente por Barreira *et. al.* (2015), Azenha, Faria e Figueiras (2011) e Maldague (1993).

Cálculou-se posteriormente a emissividade das placas utilizando-se três linhas na fita de referência, para cada placa cerâmica presente no revestimento. Dessas três linhas, pegou-se a que apresentava menor variação entre a temperatura máxima e a mínima para ser usada como referência para a emissividade. A temperatura média dessa linha escolhida foi usada como referência para encontrar a emissividade de uma linha fora da fita referência, obtendo-se os dados da Tabela 2.

Tabela 2: Emissividade pela comparação entre linhas no sistema de placa cerâmica.

Ângulo	Emissividade				Média	Mediana
	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Placa 4		
0	0,79	0,81	0,85	0,81	0,82	0,81
20	0,87	0,92	0,87	0,92	0,90	0,89
40	0,88	0,87	0,94	0,90	0,90	0,89
60	0,85	0,84	0,92	0,89	0,88	0,87
70	0,84	0,80	0,89	0,87	0,85	0,85
80	0,87	0,83	0,90	0,90	0,88	0,88

Verifica-se nos dados uma pequena variação dos valores das emissividades das diferentes placas. Ademais, os ângulos de 40° e 60° apresentam os maiores valores de emissividades encontrados, apresentando discrepância em relação aos demais. O mesmo procedimento de comparação com três linhas sobre a faixa de fita de emissividade padrão foi utilizado para o sistema em argamassa, no qual se obteve os dados da Tabela 3.

Tabela 3: Emissividade pela comparação entre linhas no sistema em argamassa.

Ângulo	Emissividade			Média	Mediana
	Fita 1	Fita 2	Fita 3		
0	0,88	0,99	0,93	0,937	0,93
20	0,89	0,96	0,93	0,927	0,93
40	0,89	0,99	0,93	0,940	0,93
60	0,92	0,99	-	0,955	0,955

Não foram obtidos os valores referentes à fita 3 na angulação de 60°, nem para todas as fitas nas angulações de 70° e 80°. Isso se deu pelo fato da comparação com a área de emissividade referência indicar emissividades superiores ao valor 1, o que não é possível. Tal desconformidade novamente indica a dificuldade de medição da emissividade para ângulos acima de 60° como indicado por Maldague (1993).

3.3 Temperatura refletida

Através da medida da temperatura média sobre a superfície de papel alumínio, foram encontrados os seguintes valores de temperatura refletida, indicados na Tabela 4, os quais foram posteriormente usados para corrigir os valores de temperatura de todas as imagens.

Tabela 4: Temperatura refletida.

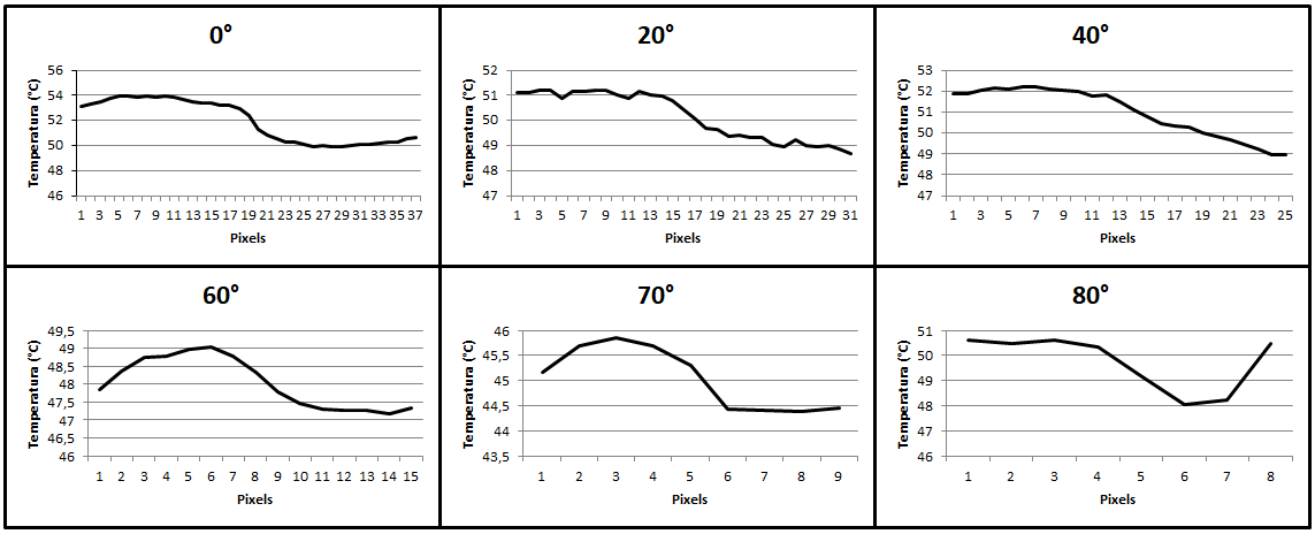
Ângulo (°)	Emissividade	
	Placa cerâmica	Parede em argamassa
0	32,1	29,8
20	32,5	29,6
40	33,5	29,7
60	32,7	29,6
70	32,6	29,7
80	32,6	29,9

Verifica-se que, para ambos os materiais de revestimento, a variação da temperatura refletida com o ângulo de medição foi muito pequena, dessa forma, para esse parâmetro não apresenta influência sobre a dificuldade de medição da emissividade ou sobre a credibilidade desse, quando se varia o ângulo de obtenção das imagens.

3.4 Temperatura

Para a análise das faixas de temperatura compreendendo a fita de emissividae referência, usou-se o valor de emissividade igual à emissividade calculada para a angulação 0° (zero graus), ou seja, 0,82 para a placa tanto usando linhas como usando áreas. Com isso foram encontrados os gráficos da Figura 7 para o revestimento com placa cerâmica. Cabe salientar que devido à boa conformidade dos dados obtidos nas séries 1 e 2, será apresentado o gráfico referente apenas à série 2, a fim de facilitar a visualização, o que não afeta as análises.

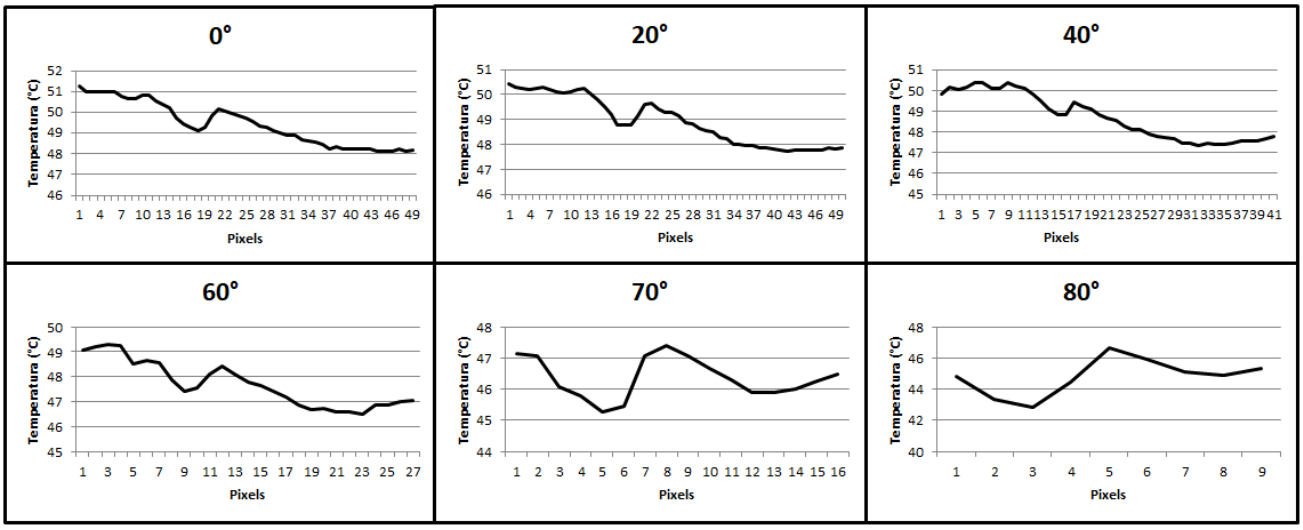
Figura 7: Temperaturas da faixa para a placa cerâmica.



Vale salientar que, dependendo da angulação, a quantidade de medidas feitas é alterada, verificando-se uma maior quantidade de dados quanto menor a angulação. Nos gráficos é possível notar uma maior variação pontual de temperatura na borda da fita, quando as medidas são feitas em ângulos inferiroes a 60° (sessenta graus), o que volta a confirmar a afirmação de Maldague (1993), a qual destava que a emissividade só apresenta resultados confiáveis quando o ângulo no momento da foto for inferior a 60°.

Já a Figura 8 apresenta os gráficos das faixas de temperatura para a parede em argamassa para os valores de emisssividade da argamassa obtidos para a angulação 0° (zero graus), ou seja, 0,93 para o método de linha. Nesses verifica-se uma variação de temperatura pontual quando a linha entra na fita de referência e quando sai da fita, o que demonstra uma fácil análise da emissividade. Novamente serão apresentados apenas os gráficos referentes à série 2, por facilidade de visualização.

Figura 8: Temperaturas da faixa para a parede em argamassa.



4. CONCLUSÕES

Através dos dados obtidos com os ensaios, verificou-se que há uma grande dificuldade de medição da emissividade quando se compara a área da fita com uma área fora da fita para ângulos superiores a 60°. Isso se dá devido ao fato da inclinação da câmera diminuir os pixels obtidos na imagem, com isso, dificulta a definição das áreas a serem utilizadas.

Para contornar tal problema, partiu-se para a definição da emissividade através da comparação de linhas. Tal procedimento facilitou a comparação de temperaturas em superfícies diferentes, entretanto, leva a uma menor quantidade de pixels analisados o que compromete sua credibilidade. Quanto a isso, verifica-se que, para o sistema de placa cerâmica, houve pequena variação nos valores medidos, enquanto que, para o sistema em argamassa, algumas variações foram tão grandes que não houve como obter os valores de emissividade.

5. REFERÊNCIAS

ASTM E1933-14, **Standard Practice for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org

ASTM 1933-99**. Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared**. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org, 1999.

AVDELIDIS, N. and MOROPOULOU, A. **Emissivity considerations in building thermography**. Energy and Buildings, Vol. 35 No. 7, pp. 663-667, 2003.

AZENHA, M. FARIA, R. FIGUEIRAS, H. **Thermography as a technique for monitoring early age temperatures of hardening concrete.** 2011. Construction and Building Materials 25 (2011) 4232–4240.

BARREIRA et al. - 2015 - **Sensitivity analysis of quantitative infrared thermography.**2015. 1st International Symposium on Building Pathology.

BARREIRA, E; FREITAS, S.S; FREITAS, V.P; DELGADO, J.M.P.Q. **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.*

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.

BAUER, Elton; PAVON, Elier. **Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios.** ISSN 1809-7197. Ano XLIII 79. Jul-Set, 2015.

BAUER, Elton; PAVÓN, Elier; BARREIRA, Eva; KRAUS, Eliane. **Analysis of building facade defects using infrared thermography: laboratory studies.** *Journal of Building Engineering.*25 February 2016.

BAUER, Elton; FREITAS, Vasco Peixoto; Mustelier, Niubis; Barreira; Eva e FREITAS; Sara Stingl. **Infrared thermography – evaluation of the results reproducibility.** UNIVERSIDADE DO PORTO. 07 April 2015

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. **36**(4), 265–275 (2003).

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.

EDIS, Ecem; FLORES, Inês Colen; BRITO, Jorge. **Building Thermography: Detection of Delamination of Adhered Ceramic Claddings Using the Passive Approach.** Springer Science+Business Media New York, 2014.

FOX. M, COLEY, D., GOODHEW, S. WIDE, P. **Thermographymethodologiesfordetectingenergyrelated building defects.** 2014. Renewable and SustainableEnergy Reviews 40 (2014)296–310.

GRINZATO, E. VAVILOV, V. KAUPPINEN,T. **Quantitative infrared thermography in buildings, Energy and Buildings 29 (**1997).

MALDAGUE X**., Nondestructive evaluation of materials by infrared thermography**. 1993. London, Springer-Verlag, 224 p.

MALDAGUE, X.P.V. (2001), **Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing**, John Wiley & Sons, New York, NY.

TAYLOR, Tim; COUNSELLA, John; GILL, Steve. **Combining thermography and computer simulation to identify andassess insulation defects in the construction of building façades.** Energy and Buildings 76 (2014) 130–142

Pavon, E (2017). **Critérios e padrões de comportamento para avaliação de descolamentos cerâmicos com termografia de infravermelho.** Tese de Doutorado, Publicação E.DM-XXXX/17, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília- DF, 245p.

THEODORAKEAS, P; IBARRA-CASTANEDO, C; SFARRA, S; AVDELIDIS, N.P; KOUI,M., MALDAGUE, X., PAOLETTI, D. and AMBROSINI, D. (2012), "**NDT inspection of plastered mosaics by means of transiente thermography and holographic interferometry", NDT&E International**, Vol. 47, pp. 150-156.