



## **SENSIBILIDADE DE UM EQUIPAMENTO TERMOGRÁFICO: ESTUDO DE PARÂMETROS RELEVANTES NA AQUISIÇÃO DE TERMOGRAMAS PARA DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIA**

**Primeiro Autor – e-mail\***

**Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento\***

**Endereço \***

**CEP – Cidade – Estado\***

**Segundo Autor – e-mail\***

**Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento\***

**Endereço\***

**CEP – Cidade – Estado\***

**Resumo:** *No trabalho foi realizado o estudo de sensibilidade de um equipamento de termografia, em que foram avaliados os seguintes parâmetros: (a) influência das reflexões (superfície refletante e obstáculos), (b) influência do gradiente de temperatura, (c) influência da cor (temperatura ambiente e radiação solar) e (d) influência da distância da câmera infravermelha ao objeto. Assim, de caráter experimental, foi realizada em ambiente de laboratório uma análise e interpretação da avaliação dos parâmetros relevantes na obtenção de termogramas, sendo que foi possível avaliar as potencialidades da termografia infravermelha conseguindo com os diferentes ensaios a determinação da temperatura superficial dos materiais e componentes, bem como pode ser verificado a importância do conhecimento da sensibilidade das técnicas de ensaio utilizadas em medições para a avaliação do desempenho físico de corpos de prova. Por meio dos parâmetros estudados foi possível concluir que há muitas influências, como por exemplo, a refletividade e a atenuação atmosférica, que podem produzir uma análise incorreta ou até mesmo incapacitar a visualização de algum problema patológico presente. É preciso então, além de conhecimento do assunto, ter atenção a todos os fatores externos de forma a serem detectados e eliminados, ou ainda levados em consideração na hora da execução da técnica da termografia infravermelha para que sejam minimizados.*

**Palavras-chave:** *Manifestações patológicas, Anomalias, Termografia, Infravermelhos.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Existem diversos fatores que podem distorcer o resultado na medição de temperatura por infravermelhos, sendo que alguns deles serão relatados na sequência do texto.

Ajuste incorreto de emissividade, pois conforme (BARREIRA, 2004) a

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



emissividade de um material varia com o comprimento de onda da radiação, com a temperatura superficial do material, com o ângulo de observação e com a superfície do objeto.

Distância de medição muito longa ou muito curta, sendo que segundo (CHEW, 1998) a resolução dos termogramas diminui com o afastamento entre o equipamento e o objeto, logo deve manter-se a menor distância de medição possível em relação ao objeto a medir. Com o aumento da distância, cada ponto corresponde a uma área maior dessa superfície e a radiação captada pelo equipamento passa a ser uma média da radiação emitida, perdendo-se o detalhe.

Efeito de fontes externas de radiação (exemplo luzes, aquecedores, etc.), sendo que a gravidade das interferências causadas por estas fontes depende do seu poder radiativo e da reflexão da superfície em estudo. A radiação emitida por pessoas geralmente não constitui problema, ao contrário dos radiadores, das luzes e de máquinas, que devem ser desligados antes do início do ensaio ou então têm que ser tidos em consideração na análise de resultados (GRINZATO et al., 1998).

Refletividade dos materiais, na qual (BARREIRA, 2004) estabelece que a imagem do objeto apresentada pelo equipamento de infravermelhos resulta da soma da radiação proveniente da emissão do próprio objeto com a reflexão da radiação emitida por outros objetos, nas bandas espectrais estabelecidas.

Atenuação atmosférica, pois conforme (SILVA, 2012) a presença da atmosfera entre a fonte emissora e o sensor origina perturbações na medição. Além da atenuação resultante da propagação na atmosfera, os gradientes térmicos e a turbulência criam heterogeneidades no índice de refração do ar, que provocam a degradação da qualidade da imagem.

Precipitação e umidade, pois segundo (CHEW, 1998) a água, o gelo e a neve têm alta emissividade e são impermeáveis à radiação infravermelha. A umidade resultante das condensações superficiais também tem um efeito considerável na temperatura do elemento em estudo, alterando a transmissão local de calor e provocando o arrefecimento por evaporação.

Com relação à luz solar, para (LABAT et al., 2011) trata-se de uma fonte de calor estranha, e talvez a mais relevante proveniente do exterior. Em dias limpos, o calor irradiado pelo sol para a fachada do edifício encobre completamente os resultados das transferências de calor através da envolvente. A informação obtida pelo interior também pode ser alterada, não só devido ao aquecimento da fachada exterior, que altera o fluxo normal de calor do interior para o exterior, como também devido à incidência direta dos raios solares na superfície em estudo, através das janelas.

Diante do exposto, a termografia infravermelha é efetivamente utilizada para análise de problemas em edifícios, pois o diagnóstico é realizado de forma não destrutiva e sem a necessidade de proximidade entre o objeto e a câmara. Neste tipo de análise é fundamental a calibração do equipamento, uma vez que se pretende obter os valores reais da temperatura para o objeto em estudo.

Por fim, esse trabalho trata do estudo de sensibilidade de um equipamento de termografia em que foram avaliados alguns parâmetros relevantes que podem provocar distorções na temperatura superficial do elemento construtivo, são eles: (a) influência das reflexões (superfície refletante e obstáculos), (b) influência do gradiente de temperatura, (c) influência da cor (temperatura ambiente e radiação solar) e (d) influência da distância da câmera infravermelha ao objeto.



## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Caracterização do objeto de estudo e equipamento

O programa experimental foi realizado no Laboratório de Tecnologia das Construções – LTC da Universidade Estadual Paulista – UNESP, de Presidente Prudente. Foi efetuado um conjunto de ensaios, com temperatura ambiente e luz natural, conforme critérios estabelecidos por Silva (2012), que permitiram o estudo da sensibilidade do equipamento de termografia existente no LTC. Cabe mencionar que em todos os ensaios realizados a câmera termográfica ficou posicionada a 1 m de distância dos corpos de prova (CP's) e objetos estudados, com auxílio de um tripé fotográfico universal, sendo também que todos os CP's e objetos ficaram posicionados perpendicularmente ao equipamento termográfico. Convém informar que a dimensão dos CP's utilizados foram de 40 x 30 x 4 cm.

A câmera termográfica Flir Série E40, utilizada neste estudo, possui as seguintes especificações técnicas: faixa de temperatura: -20°C a 650°; precisão: 2%; sensibilidade térmica (NETD): <0,05°C; tamanho do display colorido: 3.5" LCD touchscreen; resolução detector (pixels): 160 x 120; foco: manual; mira laser; iluminador de alvo; resolução câmera visual: 3.1 MP; 60 Hz; peso: 825 g.

### 2.2. Influência das reflexões

#### *Superfície refletante*

O ensaio na superfície refletante foi realizado em uma superfície metálica: a parte externa vertical de uma estante de aço existente no LTC.

#### *Obstáculos*

Foi utilizado um CP de argamassa pintado com tinta acrílica de seis cores diferentes, em retângulos da mesma dimensão em uma das faces do CP, e foi verificado se os movimentos do operador atrás e afastado da câmera termográfica fazem variar as temperaturas dos retângulos pintados.

### 2.3. Influência do gradiente de temperatura na qualidade dos termogramas

Neste ensaio o CP de argamassa se encontrava em equilíbrio térmico com o meio ambiente, não havendo, no CP, diferenças de temperatura. O gradiente de temperatura foi observado após o aquecimento do CP. Tal aquecimento foi realizado por meio de uma fonte de calor infravermelha com uma potência de 500 W, posicionada a uma distância de 10 cm do CP, pelo período de 10 minutos.

### 2.4. Influência da cor nos termogramas

#### *Temperatura ambiente*

Para determinar a influência da cor nos termogramas foram realizados dois ensaios: um com pedaços de cartolinas de cor amarela e preta e outro com fitas adesivas das mesmas cores, estando ambos colados nas faces de CP's de argamassa.

#### *Radiação solar*

Foram realizados ensaios com dois tipos de materiais distintos.

O primeiro material estudado foi um CP de argamassa pintado com tinta acrílica em

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





retângulos de mesma dimensão com seis diferentes cores (amarelo, azul, preto, branco, vermelho e verde), em uma das faces do CP, sendo que o mesmo foi colocado por 15 minutos no exterior, em um local onde incidia a radiação solar, e que em seguida foi submetido ao ensaio termográfico.

O segundo CP foi composto por quatro quadrados com mesma dimensão de cartolinas coloridas coladas com fita adesiva transparente na superfície de um CP de XPS (poliestireno extrudido). O CP também foi colocado no exterior, em um local onde incidia a radiação solar, durante o período de 5 horas, e na sequência foi submetido ao ensaio termográfico.

### **2.5. Influência da distância da câmera infravermelha ao objeto**

Foi avaliada a influência das distâncias de 1, 2, 5 e 10 m entre a câmera termográfica e o CP de argamassa, com o intuito de verificar a ocorrência de variações de temperatura superficial do elemento construtivo em análise.

### **2.6. Procedimentos adotados para a análise dos dados coletados e observados**

A análise dos dados coletados e observados envolveu os procedimentos utilizados por Silva (2012).

#### ***Reflexões***

No ensaio de superfície refletante foi apresentado como resultado a imagem real e seu respectivo termograma, em que pode ser identificado qualquer tipo de reflexão.

Para o ensaio de obstáculos foi apresentado como resultado a imagem real e dois termogramas: o primeiro em que o operador se encontrou afastado da câmera e o segundo na qual o operador se encontrou no local de trabalho (atrás da câmera); sendo que em ambos puderam ser identificados qualquer tipo de reflexão do operador.

#### ***Gradiente de temperatura***

Foi apresentado como resultado a imagem real e dois termogramas: o primeiro com o CP antes do aquecimento (em equilíbrio térmico com o ambiente) e o segundo após o CP sofrer o aquecimento (com diferença de temperatura entre o CO e o ambiente), de maneira que pode ser verificada uma melhor qualidade da imagem térmica, ou seja, a verificação da distribuição de temperaturas no CP aquecido.

#### ***Cor***

No ensaio com a temperatura ambiente foi apresentado como resultado as duas imagens reais e seus respectivos termogramas, em que foram observadas as diferentes cores dos elementos fixados em cada CP, uma vez que estes se encontravam em equilíbrio térmico.

Quanto ao ensaio envolvendo a radiação solar foi apresentado como resultado as duas imagens reais e seus respectivos termogramas, sendo que o primeiro CP (argamassa) se encontrava em um ambiente externo não controlado e permitiu verificar que as cores têm influência nos resultados obtidos, e o segundo CP (XPS) pode corroborar os resultados obtidos no primeiro CP.

#### ***Distância da câmera ao objeto***

Foi apresentado como resultado a imagem real e o respectivo termograma do CP para cada diferente distância estudada entre a câmera termográfica e o CP.

Organização



Promoção





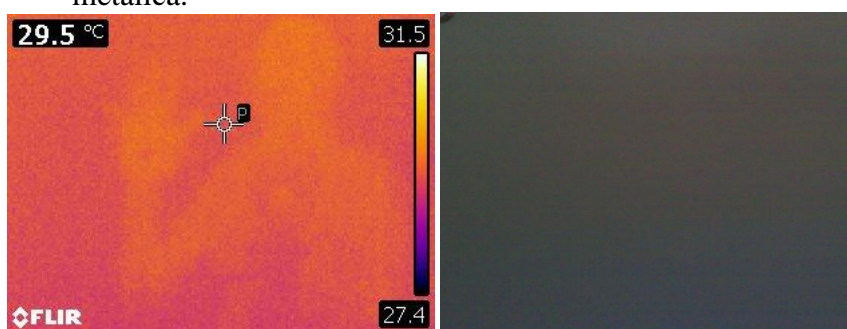
### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Reflexões

##### *Superfície refletante*

Pode ser notado na Figura 1 que, por mais que não se detecte qualquer reflexão na imagem real, o termograma apresenta nitidamente elementos refletidos na superfície. Neste caso, observa-se em especial o operador que se encontrava atrás da câmera termográfica, com uma temperatura maior que o restante, resultado da reflexão.

Figura 1 – Termograma e imagem real de uma estante metálica.



##### *Obstáculos*

O objetivo deste ensaio foi o de verificar a influência do operador atrás da câmera termográfica nos termogramas. Logo, temos um termograma em que o operador se apresenta logo atrás da câmera e em outro, o mesmo se encontra afastado da câmera, acionando o equipamento (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Termograma e imagem real do CP, com o operador atrás da câmera.

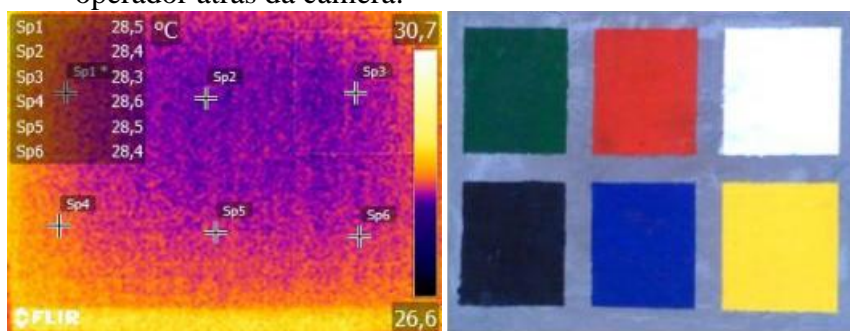
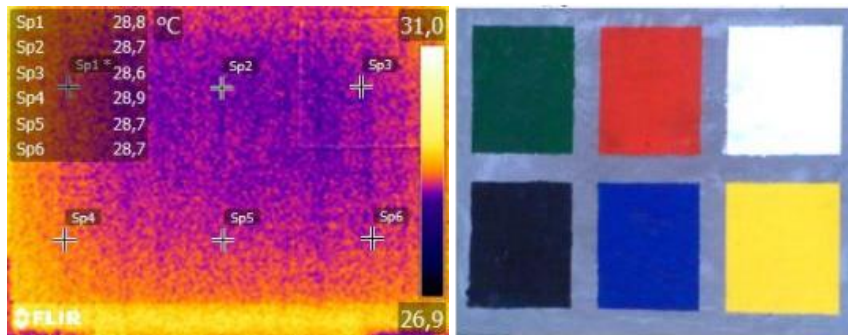


Figura 3 – Termograma e imagem real do CP, sem o operador atrás da câmera.



O que se notou, comparando os termogramas das Figuras 2 e 3, é uma diferença nas temperaturas. Sem o operador, ou seja, com ele longe da câmera, as temperaturas nas diversas cores do corpo de prova aumentaram. Outro aspecto analisado foi com relação às cores, sendo que o retângulo de cor branca, nos dois termogramas apresentou uma temperatura menor do que todas as outras cores, em contrapartida, o de cor preta a de maior temperatura, comprovando também a influência das cores na temperatura superficial dos elementos.

### 3.2. Gradiente de temperatura

Foi observado em comparação com a Figura 5, que a Figura 4 não apresenta diferença significativa de temperatura por estar em equilíbrio com o ambiente em questão. A Figura 5, por ter sido aquecida com o aparato de potência de 500 W, apresenta maior gradiente de cores ocasionado pelo fato de ter aumentado a diferença de temperatura entre o CP e o ambiente.

Figura 4 – CP de argamassa antes de aquecer.

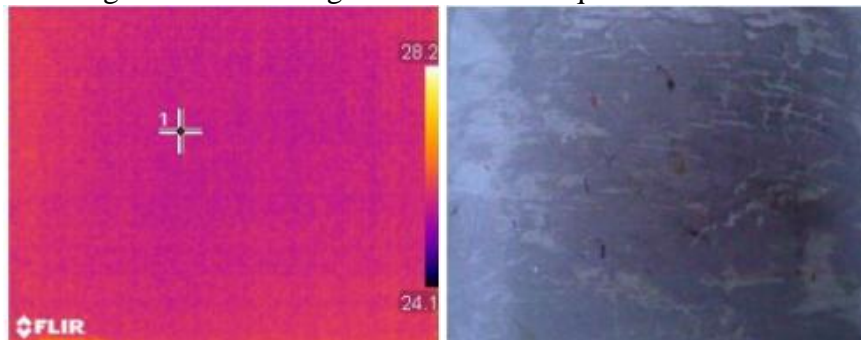
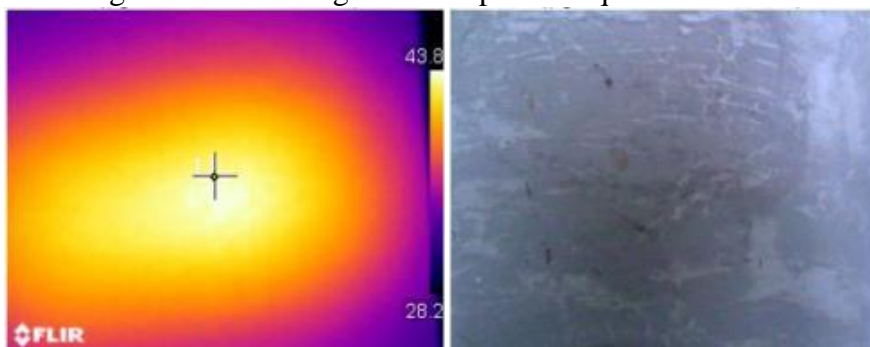


Figura 5 – CP de argamassa depois de aquecer.





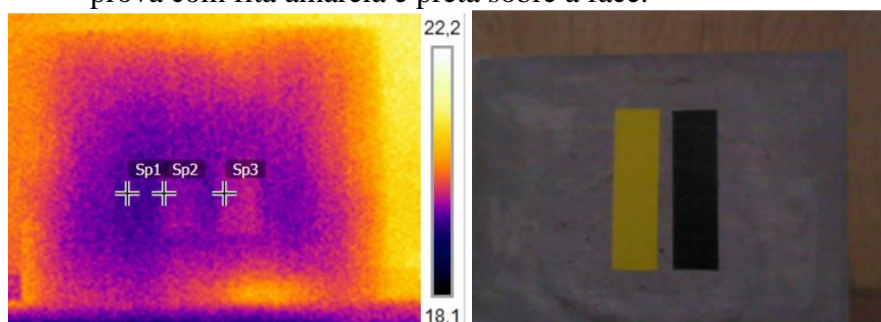
Além disso, também pode ser notado que o ponto mais claro no termograma, ou seja, seu ponto com maior temperatura (Figura 5) é o local de foco da fonte de luz. Logo, esse ponto se apresentou mais quente e a distribuição de temperatura foi diminuindo radialmente com relação a esse ponto central. Assim, ficou notória uma melhor qualidade no termograma, com maior visualização da distribuição de temperaturas no CP de argamassa.

### 3.3. Cor

#### *Temperatura ambiente*

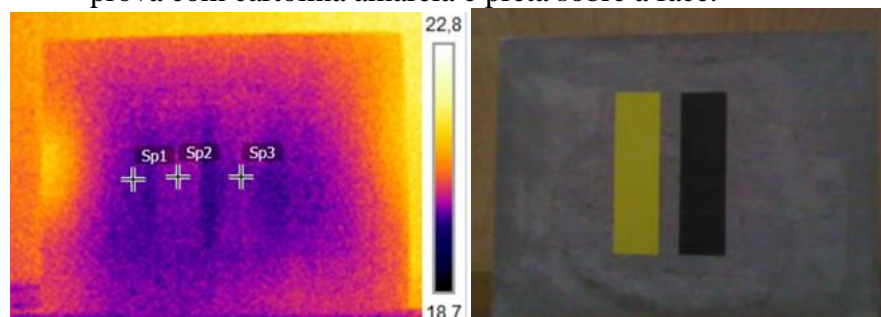
Na Figura 6 pode ser visualizado o termograma do CP de argamassa com as fitas de diferentes cores (amarela e preta) sobre ele. O ponto 1 (Sp1) está sobre o CP, o ponto 2 (Sp2) está localizado sobre o pedaço de fita amarela e o 3 (Sp3) sobre a fita preta. O que se notou é que as temperaturas nos três pontos são iguais (19,5°C), pois ambas se apresentam em equilíbrio térmico.

Figura 6 – Imagem termográfica e real do corpo de prova com fita amarela e preta sobre a face.



O mesmo aconteceu com o ensaio utilizando ao invés da fita isolante, a cartolina de cores amarela e preta (Figura 7), sendo que os três pontos (Sp1, Sp2 e Sp3) apresentaram temperatura de 20°C.

Figura 7 – Imagem termográfica e real do corpo de prova com cartolina amarela e preta sobre a face.



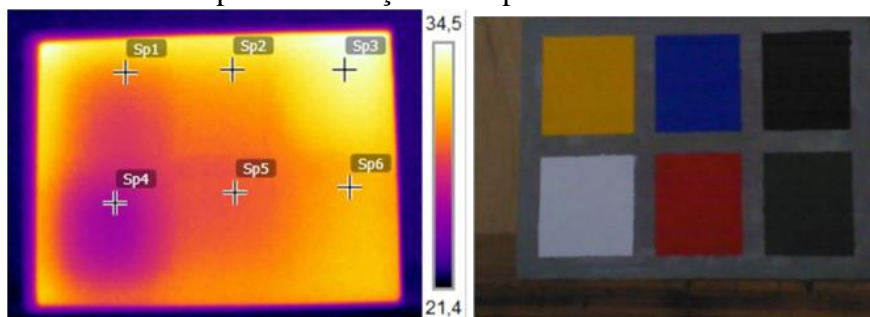
#### *Radiação solar*

Pode ser notado a partir das imagens térmicas que em todos os termogramas as cores influenciaram nas temperaturas. As cores mais escuras foram as que apresentaram maiores valores, em alguns casos chegando a 7°C de diferença se comparado com as



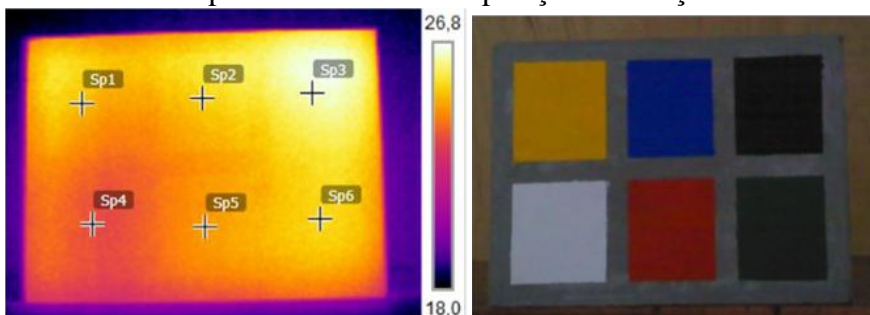
cores mais claras (Sp1=30°C, Sp2=31,2°C, Sp3=33,6°C, Sp4=26,3°C, Sp5=28,9°C e Sp6=30,7°C). Logo após a retirada do CP do sol (Figura 8) e realização dos ensaios pode ser notado, com maior intensidade, a influência direta das cores e suas diferentes absorções.

Figura 8 – Imagem termográfica e real do CP logo após ter sido exposto a radiação solar por 15 minutos.



À medida que o CP foi entrando em equilíbrio térmico e perdendo calor para meio (Figura 9) as cores reduziram suas temperaturas, mas ainda foi possível ser notada as diferenças entre elas (Sp1=24,9°C, Sp2=25,1°C, Sp3=26,3°C, Sp4=23,6°C, Sp5=24,4°C e Sp6=25,3°C).

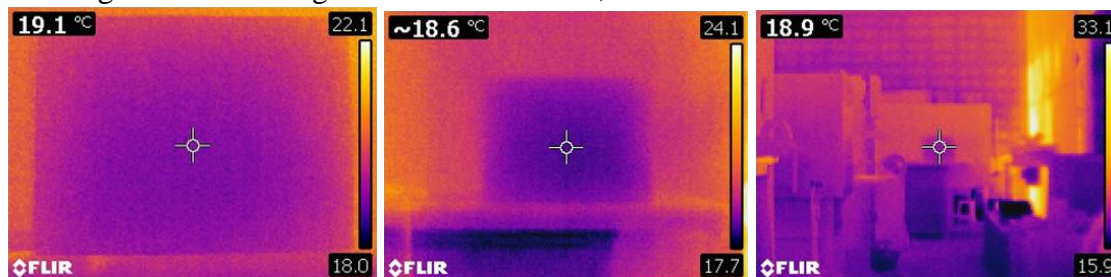
Figura 9 – Imagem termográfica e real do CP 30 minutos após ser retirado da exposição à radiação solar.



### 3.4. Distância da câmera ao objeto

Nesse ensaio o operador deve entender como a câmera se comporta com diferentes distâncias do seu objeto de estudo. Assim, a câmera foi sendo afastada do CP de argamassa de acordo com as distâncias de 1, 2, 5 e 10 m (Figura 10).

Figura 10 – Termograma: distâncias de 1, 2 e 10 metros.







Com relação às temperaturas obteve-se pouca variação, como se nota na Figura 10. As temperaturas variaram no máximo 0,5°C (18,6°C a 19,1°C), em que a temperatura ambiente se encontrava em torno de 20,3°C e a umidade relativa do ar estava em 35%.

Pode ser relatado que a resolução dos termogramas é reduzida com o afastamento câmera. Dessa maneira, deve-se buscar sempre a menor distância possível do objeto a ser analisado. Isso acontece já que o equipamento capta pontos de radiação, e quanto maior à distância cada ponto corresponde a uma área de superfície maior que passa a apresentar uma média da radiação emitida, perdendo os detalhes.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por mais simples que os termogramas possam parecer, se igualando a tirar uma fotografia, o operador da câmera termográfica aponta para o local de estudo e detecta a anomalia analisando o termograma obtido, levando em consideração influências e limitações desse processo, que podem falsear ou mascarar um diagnóstico preciso.

Sendo a termografia uma técnica rápida e não destrutiva, tem sido bastante aplicada em edifícios. Esta técnica pode ser utilizada para a detecção de causas de problemas patológicos verificados visualmente, tal como pode ser empregada como instrumento de engenharia preventiva, descobrindo anomalias ainda não aparentes, mas já embrionárias, ou ainda para realizar a análise das condições de isolamento térmico da envolvente. Após a realização dos termogramas, os dados recolhidos são analisados e interpretados de forma a indicar qual a medida preventiva ou corretiva adequada.

A câmera termográfica Flir Série E40 tem como característica principal a sua portabilidade, no entanto para ensaios precisos é aconselhável o uso de tripé. Este equipamento é bastante sensível a variações de temperatura, 0,05°C, no entanto a sua precisão é de  $\pm 2^\circ\text{C}$  ou  $\pm 2\%$ . A sua precisão é um valor comum em equipamentos atuais, porém pode ser uma condicionante quando se pretende avaliar diferenças de temperaturas menores.

Por fim, pelos parâmetros estudados foi possível concluir que as influências e limitações referentes a reflexões, gradiente de temperatura, cor e distância da câmera ao objeto, podem produzir uma análise incorreta ou mesmo incapacitar a visualização de algum problema patológico presente. Como contribuição principal deste trabalho, ressalta-se que é preciso, além de conhecimento do assunto, ter atenção a todos os fatores externos de forma a serem detectados e eliminados, ou ainda levados em consideração na hora da execução da técnica para que sejam minimizados.

#### *Agradecimentos*

A FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de iniciação científica a autora.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro para aquisição do equipamento termográfico.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREIRA, E. Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higratérmico dos edifícios, 2004. 196p, il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

Organização



**UDESC**  
UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE  
SANTA CATARINA



Promoção





CHEW, M. Y. L. Assessing building façades using infra-red thermography. Structural Survey, v.16, p81–86, 1998.

GRINZATO, E.; VAVILOV, V.; KAUPPINEN, T. Quantitative infrared thermography in buildings. Energy and Buildings, v.29, p1-9, 1998.

LABAT, M.; GARNIER G.; WOLOSZYN; M.; ROUX, J. J. Infrared measurements on ventilated cladding for assessing its surface temperature and insulated part of the envelope using a simulation tool. Anais: NBS 2011 – 9th Nordic Symposium on Building Physics, Tampere. Finland: Volume 1 – Hygrothermal performance of envelope assemblies and air tightness of building, 2011.

SILVA, D. D. S. Diagnóstico de patologias em fachadas utilizando termografia, 2012. 82p, il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

## **SENSITIVITY OF A THERMOGRAPHIC EQUIPMENT: STUDY OF RELEVANT PARAMETERS IN THE ACQUISITION OF THERMOGRAMS FOR DIAGNOSIS OF PATHOLOGY**

**Abstract:** *This paper presents a sensitivity study of a thermography equipment, in which evaluated the following parameters relevant to the achievement of thermographs: (a) influence of reflections (refletante surface and obstacles), (b) influence of temperature gradient, (c) influence of color (ambient temperature and solar radiation) and (d) influence of distance from infrared camera to the object. In this way, a laboratory analysis and interpretation of the evaluation of the relevant parameters in the obtaining of thermograms was carried out in a laboratory environment, and it was possible to evaluate the potentialities of the infrared thermography, obtaining with the different tests the determination of the surface temperature of the materials and Components as well as the importance of knowledge of the sensitivity of the test techniques used in measurements for the evaluation of the physical performance of test specimens can be verified. Through the studied parameters it was possible to conclude that there are many influences, such as reflectivity and atmospheric attenuation, which can produce an incorrect analysis or even incapacitate the visualization of some present pathological problem. It is necessary, in addition to knowledge of the subject, to pay attention to all external factors in order to be detected and eliminated, or even taken into account when performing the technique of infrared thermography so that they are minimized.*

**Key-words:** *Pathological manifestations, Anomalies, Thermography, Infrared.*

Organização



Promoção

