

# POTENCIALIDADE DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA DETECÇÃO DE INFILTRAÇÕES EM EDIFICAÇÕES

**Cynthia Firmino dos Santos<sup>1</sup>**

[cfs\\_pec@poli.br](mailto:cfs_pec@poli.br)

**Joaquin Humberto Aquino Rocha<sup>2</sup>**

[jhar\\_pec@poli.br](mailto:jhar_pec@poli.br)

**Pedro Igor Bezerra Batista<sup>3</sup>**

[pibb\\_pec@poli.br](mailto:pibb_pec@poli.br)

**Yêda Vieira Póvoas Tavares<sup>4</sup>**

[yeda.povoas@gmail.com](mailto:yeda.povoas@gmail.com)

## ÁREA: (TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO)

### Resumo

A utilização da termografia infravermelha tem se tornado uma ferramenta importante na inspeção de obras civis devido a sua rapidez de resultados e utilização à distância. As aplicações específicas para edifícios e seus componentes envolvem a detecção de manifestações patológicas diversas, como verificação de descolamento de placas cerâmicas, localização de perdas térmicas, entre outros. No entanto, a detecção de infiltrações em edificações ainda apresenta algumas incertezas, e este é um estudo em andamento. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é verificar a aplicabilidade da termografia infravermelha quanto à detecção de infiltrações, bem como das manifestações patológicas relacionadas a este problema. A metodologia do trabalho compreende um estudo de caso onde foram realizadas inspeções em uma edificação residencial que apresentava vários sinais visíveis de deterioração causados por infiltrações, sendo as medições realizadas em dois momentos diferentes: tempo ensolarado e chuvoso. Os resultados permitem mostrar que a detecção deste problema é possível onde normalmente as áreas afetadas pela infiltração apresentam temperaturas mais baixas em relação aos setores sem problemas, sendo que esta diferença de temperatura determina a clareza de detecção nos termogramas, além de permitir determinar as áreas afetadas pela infiltração e o foco das mesmas. Durante o tempo do ensaio o período chuvoso mostrou maior facilidade na detecção. A termografia infravermelha apresenta muitas vantagens para a inspeção, pois auxilia na tomada de decisão quanto aos reparos, tornando os programas de manutenção mais eficientes em tempo e recursos.

Palavras-chave: Termografia infravermelha  
Infiltração  
Manifestações patológicas.

---

<sup>1</sup> Universidade de Pernambuco

<sup>2</sup> Universidade de Pernambuco

<sup>3</sup> Universidade de Pernambuco

<sup>4</sup> Universidade de Pernambuco

# POTENCIALIDAD DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LA DETECCIÓN DE INFILTRACIONES EN EDIFICACIONES

**Cynthia Firmino dos Santos<sup>4</sup>**  
[cfs\\_pec@poli.br](mailto:cfs_pec@poli.br)

**Joaquin Humberto Aquino Rocha<sup>5</sup>**  
[jhar\\_pec@poli.br](mailto:jhar_pec@poli.br)

**Pedro Igor Bezerra Batista<sup>6</sup>**  
[pibb\\_pec@poli.br](mailto:pibb_pec@poli.br)

**Yêda Vieira Póvoas Tavares<sup>4</sup>**  
[yeda.povoas@gmail.com](mailto:yeda.povoas@gmail.com)

**AREA: (TÉCNICAS DE DIAGNOSIS)**

## Resumen

La termografía infrarroja se ha convertido en una herramienta importante en la inspección de obras civiles debido a su rapidez de resultados y utilización a distancia. Las aplicaciones específicas para edificios y sus componentes involucran la detección de diversas manifestaciones patológicas, como verificación de desprendimiento de placas cerámicas, localización de pérdidas térmicas, entre otros. Sin embargo, la detección de infiltraciones en edificaciones todavía presenta algunas incertidumbres, y todavía es un estudio en desarrollo. En este sentido, el objetivo de este trabajo es verificar la aplicabilidad de la termografía infrarroja para la detección de infiltraciones, así como de las manifestaciones patológicas relacionadas a este problema. La metodología del trabajo comprende un estudio de caso donde se realizaron inspecciones en una edificación residencial que presentaba varias señales visibles de deterioro causadas por infiltraciones, siendo las mediciones realizadas en dos momentos diferentes: tiempo soleado y lluvioso. Los resultados permiten mostrar que la detección de este problema es posible donde normalmente las áreas afectadas por la infiltración presentan temperaturas más bajas en relación a los sectores sin problemas, siendo que esta diferencia de temperatura determina la claridad de detección en los termogramas, además de permitir determinar las áreas afectadas por la infiltración y el foco de las mismas. Durante el tiempo del ensayo el período lluvioso mostró mayor facilidad en la detección. La termografía infrarroja presenta muchas ventajas para la inspección, pues auxilia en la toma de decisión en cuanto a las reparaciones, haciendo los programas de mantenimiento más eficientes en tiempo y recursos.

Palabras clave: Termografía infrarroja  
Infiltración  
Manifestaciones patológicas.

---

<sup>4</sup> Universidade de Pernambuco

<sup>5</sup> Universidade de Pernambuco

<sup>6</sup> Universidade de Pernambuco

<sup>4</sup> Universidade de Pernambuco

## Introdução

As infiltrações representam um problema comum nos edifícios e, em muitos casos, são a principal causa de manifestações patológicas (1). Os danos afetam os materiais e diferentes componentes da edificação, entre os quais podem ser: a deterioração de materiais solúveis em água; a deformação, inchamento e apodrecimento dos materiais de madeira; o dano das pinturas; a redução do isolamento térmico, entre outros. Estes danos reduzem a qualidade de vida e causam problemas econômicos aos proprietários, ao pessoal de manutenção e aos ocupantes (2).

Para realizar um correto diagnóstico destas manifestações patológicas com o objetivo de uma posterior intervenção, é importante definir as possíveis causas que, em sua maioria, estão relacionadas a problemas construtivos e a ineficiente manutenção. De acordo com a literatura, os principais mecanismos geradores de umidade nos materiais de construção podem ser citados como: capilaridade, fluxo superficial de água, higroscopicidade, condensação e condensação capilar (3); no entanto, existem outros denominativos e classificações (4). Apenas algumas das infiltrações são fáceis de detectar, mas a maioria não, especialmente aquelas que estão em estágios iniciais (2). Normalmente o diagnóstico destas anomalias não é realizado de forma adequada pelo fato de estarem ocultas, e, quando são visíveis, o dano já é avançado, apresentando muitas dificuldades para o reparo e prejuízos aos moradores (5).

Neste contexto, existe uma constante busca por diferentes ensaios não destrutivos para a inspeção de obras civis que possam avaliar eficazmente as edificações. Dentre estes ensaios, a termografia infravermelha apresenta uma crescente aceitação na área devido à sua utilização à distância, eliminando o contato direto com a estrutura, além de apresentar resultados em tempo real, permitindo rapidez na avaliação (6).

A termografia infravermelha é um ensaio fundamentado na premissa que todo objeto é capaz de, sob a forma de calor na região de radiação infravermelha do espectro eletromagnético, transmitir energia. A câmera termográfica capta a radiação infravermelha emitida pelo objeto transformando-a em sinal elétrico e delinea uma imagem térmica que apresenta a disposição das temperaturas superficiais do objeto, de forma que cada cor simboliza um intervalo de temperatura (4).

As aplicações mais consolidadas deste ensaio na construção civil envolvem: a identificação de defeitos em edifícios (7,8); a inspeção de pontes (9); a avaliação de perdas térmicas (10), entre outros; mas a inspeção de infiltrações ainda apresenta algumas incertezas, devido as poucas pesquisas na área, além dos diferentes comportamentos que adotam os materiais em contato com água (1,4). Neste sentido, o objetivo deste trabalho é verificar a potencialidade e aplicabilidade da termografia infravermelha na detecção de infiltrações e das manifestações patológicas relacionadas a estes problemas, considerando que, em muitos casos, não apresentam sinais visíveis até atingir a superfície onde o reparo é mais caro, provocando danos econômicos e estéticos.

## Metodologia

Para cumprir com o objetivo desta pesquisa, foi realizado um estudo de caso em uma edificação residencial que apresentava sinais evidentes de deterioração devido à infiltração proveniente da chuva, sendo realizado o ensaio em dois momentos diferentes: tempo chuvoso e ensolarado, a fim de observar a influência desta condição nos resultados. A edificação escolhida apresenta 30 anos de construção, é do tipo residencial, e está localizada na Av. Rui Barbosa, na cidade de Abreu e Lima/PE. A Figura 1 mostra a situação

da edificação em estudo. A área estudada, localizada no terraço, recebe a incidência direta de radiação solar no turno da tarde; posição relativa à movimentação solar (sul-sudoeste), existindo um anteparo formado pela residência vizinha.



Figura 1 – Situação da edificação do estudo (Elaborado pelos autores)

Para o estudo foi utilizada a câmera termográfica modelo FLIR® E-60, que apresenta uma resolução de 320×240 pixels e uma sensibilidade térmica de 0,05°C (11). Para a tomada de termogramas posicionou-se a câmera a 2 metros da parede estudada.

Foi utilizado um termohigrômetro a fim de se obter a umidade relativa do ar (UR), em %, e a temperatura do ambiente (T), em °C, para avaliar sua influência nos resultados.

Com o objetivo de editar e tratar as imagens termográficas, além de obter a temperatura de cada ponto que compõe o termograma, foi utilizado o software FLIR® Tools.

Para analisar os dados, foi comparada uma zona de referência, ou seja, sem umidade, com uma que apresentava problemas relacionados à infiltração, representada como uma diferença térmica, expressa na Equação 1.

$$\Delta T = SP1 - SP2 \quad (1)$$

em que:

$\Delta T$  — diferença de temperatura entre a zona seca e a zona úmida, em °C;

$SP1$  — temperatura da zona seca, em °C;

$SP2$  — temperatura da zona úmida, em °C.

Os termogramas foram tomados a cada hora, das 8 às 17 horas, para observar o comportamento da temperatura da parede no decorrer do dia. As posições “SP1” e “SP2” foram as mesmas em todos os termogramas. O mesmo procedimento foi realizado para as duas condições do ensaio: tempo ensolarado e chuvoso.

A Figura 2 mostra a localização dos pontos “SP1”, situado na parede seca, e “SP2”, para o local com manifestação patológica.



Figura 2 – Posições “SP1” e “SP2” na região estudada da edificação (Elaborado pelos autores)

## Análise dos resultados

### Manifestações patológicas

Durante a inspeção inicial foram observadas várias manifestações patológicas no local selecionado, dentre elas destacam-se: bolor, fissuras, mancha d'água e destacamento da pintura, mostradas na Figura 2. Pode-se observar que a falta de manutenção preventiva e corretiva permitiu o aparecimento e o desenvolvimento destas anomalias ao longo do tempo, especialmente nas paredes. Apesar de seu caráter generalizado, a maior parte da ocorrência dos sintomas patológicos está localizada na parte superior da parede, principalmente perto da coberta.

A parede afetada pela umidade é constituída internamente de revestimento argamassado tradicional (chapisco, emboço, reboco e pintura), contudo, do lado externo não há revestimento (Figura 3a), elemento da construção que tem função de proteção do substrato, sendo esta uma das causas do problema.



Figura 3: Detalhe da a) parede externa e do b) telhado da edificação (Elaborado pelos autores)

A parede sem revestimento fica suscetível à ação da água e de outros agentes deletérios, fazendo com que a umidade incida na porção interior das edificações, além de proporcionar um ambiente favorável à proliferação de microrganismos como fungos e bactérias (12,13), como é observado no presente caso.

A deterioração da vedação do sistema elétrico com o telhado ou afastamento de telhas também é devido à ação de animais (gatos), conforme Figura 3b.

### Termografia infravermelha

Os ensaios foram realizados durante dois dias. No primeiro, os dias que antecederam foram ensolarados, enquanto que o segundo, apresentava os dias antecessores chuvosos.

Para que seja possível o uso da termografia, o objeto em análise não pode estar em equilíbrio térmico. É necessário existir uma diferença térmica entre o objeto e o meio ambiente de, pelo menos, 1°C (14).

A Figura 4 apresenta as temperaturas nas posições “SP1” e “SP2”, indicadas nos termogramas tomados a cada hora no período ensolarado, bem como a umidade relativa e a temperatura ambiente.

Da Figura 4 percebe-se que no início da manhã as temperaturas são baixas e a umidade relativa alta, pois ainda existem resquícios do equilíbrio térmico da noite. Conforme o calor vai aumentando no decorrer do dia, as temperaturas indicadas nos termogramas crescem, ao contrário da umidade relativa que diminui.

Nota-se ainda que não há diferença significativa entre “SP1” e “SP2” porque a secagem abranda as temperaturas superficiais do material tanto nas áreas secas quanto nas úmidas, fazendo com que as duas tenham comportamento similar. No final da tarde a parede e o

ambiente tenderão, novamente, a entrar em estabilidade térmica. Os gradientes térmicos entre as posições “SP1” e “SP2” estão expressos na Figura 5.

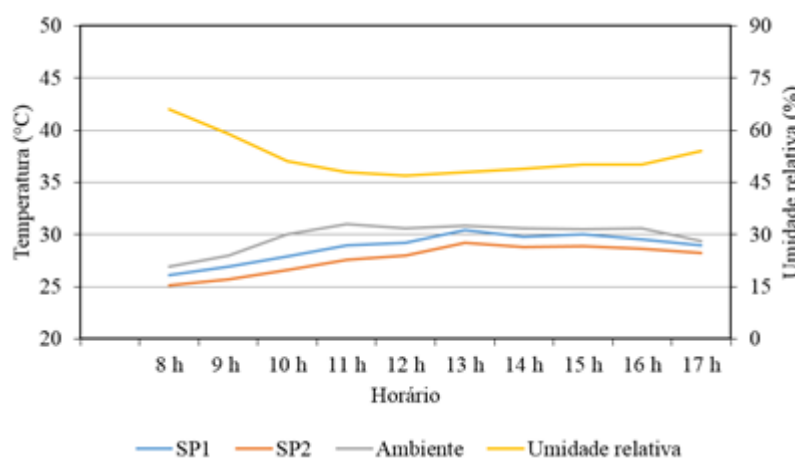


Figura 4: Temperaturas nas posições “SP1” e “SP2” e temperatura ambiente em relação à umidade relativa no período ensolarado (Elaborado pelos autores)

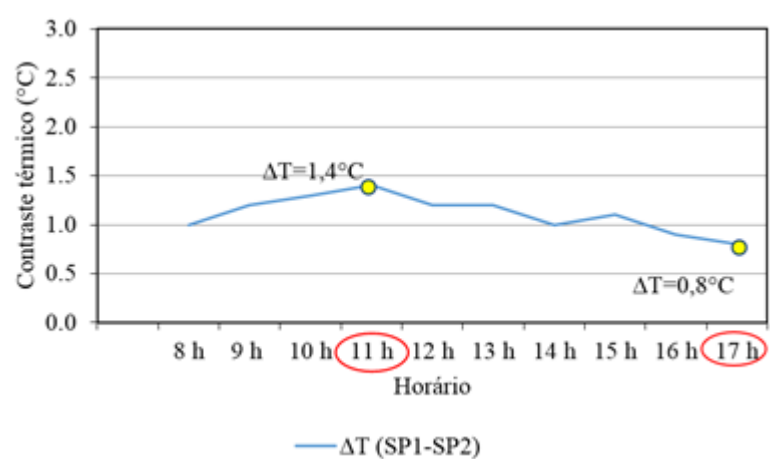


Figura 5: Diferença de temperatura entre as posições “SP1” e “SP2” no período ensolarado (Elaborado pelos autores)

Da Figura 5 pode-se observar que os maiores gradientes térmicos são produzidos durante as primeiras horas da manhã, sendo às 11h o valor máximo de 1,4°C. O turno da tarde tem um cenário mais desfavorável para o desenvolvimento de gradientes térmicos, sendo estes valores reduzidos quando comparados aos da manhã, sendo o menor valor de 0,8°C produzido às 17h.

Apresenta-se na Figura 6a o termograma capturado às 11h. É possível visualizar que a região mais fria está localizada na vedação da caixa do medidor de energia com a alvenaria, devido principalmente à falta de revestimento externo. Próximo à posição “SP1” é possível notar em destaque (setas verdes) um retângulo com tonalidade alaranjada (mais quente) que se refere ao controle de visitas de agentes de saúde evidenciado na Figura 6a. Isto ocorre devido à diferença de emissividade do papel.

A Figura 6b apresenta o termograma tomado no momento do menor gradiente térmico, às 17h, onde é perceptível que a caixa elétrica não está plenamente circundada pela cor roxa que representa a presença de área mais úmida devido, principalmente, ao início do processo de equilíbrio entre a parede e o ambiente.



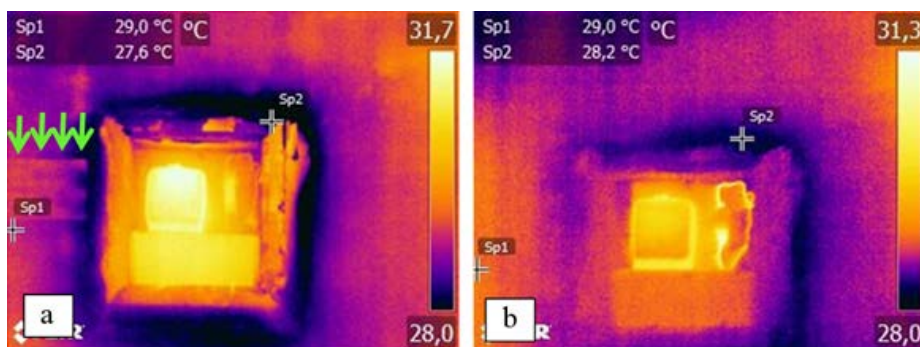


Figura 6: Termogramas capturados às a) 11h e b) 17h (Elaborado pelos autores)

Em resumo, as horas da manhã apresentam um melhor período de detecção de umidade devido à existência do processo de aquecimento, criando uma maior transferência de calor entre a parede e ambiente, desenvolvendo maiores gradientes e apresentando as áreas afetadas com maior definição (Figura 6).

Analogamente ao período com dias ensolarados, a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente e as temperaturas das posições “SP1” e “SP2” foram relacionadas (Figura 7).

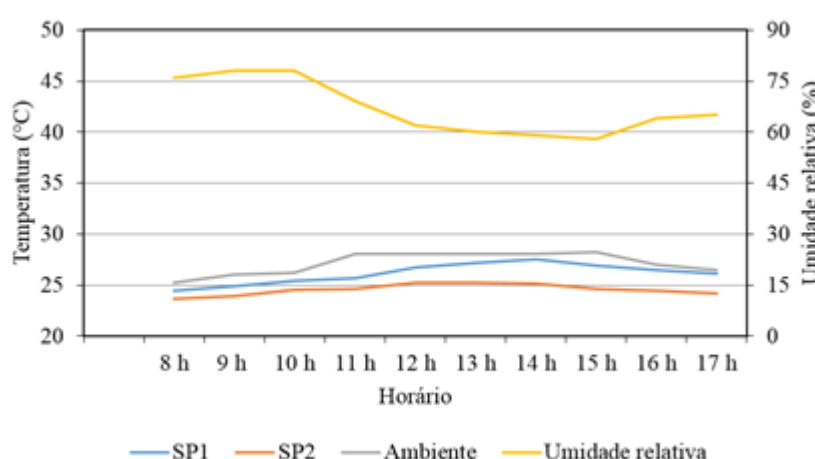


Figura 7: Temperaturas nas posições “SP1” e “SP2” e temperatura ambiente em relação à umidade relativa no período chuvoso (Elaborado pelos autores)

Assim como no período ensolarado, o período chuvoso apresentou, no início dos ensaios, umidade relativa alta e temperaturas mais baixas, com crescimento ascendente destas, ao contrário daquela, que decaiu. Porém, nota-se que as temperaturas nas posições “SP1” e “SP2” não crescem de forma análoga durante as primeiras horas da manhã, e existe um processo diferenciado nas horas da tarde, onde a área sem problema aquece mais rapidamente do que a área úmida, pois esta aquece de forma mais demorada (15,16). De maneira análoga, o equilíbrio térmico tende a voltar no período vespertino.

A Figura 8 exprime os valores do gradiente térmico no período chuvoso. Por meio de sua análise é possível verificar que, ao contrário do caso anterior, com tempo ensolarado (Figura 5), os menores e maiores gradientes térmicos são produzidos pela manhã e à tarde, respectivamente; ocorrendo o valor máximo de 2,4°C às 14h e o mínimo às 8h, de 0,8°C.

O motivo provável deste acontecimento é que nas primeiras horas da manhã o material não aquece rápido por causa da ocorrência das chuvas e da existência da evaporação

superficial, fenômeno endotérmico que ocorre durante o dia, e é mais intenso nas áreas úmidas fazendo com que nestas horas as temperaturas sejam menores (1,4,17).

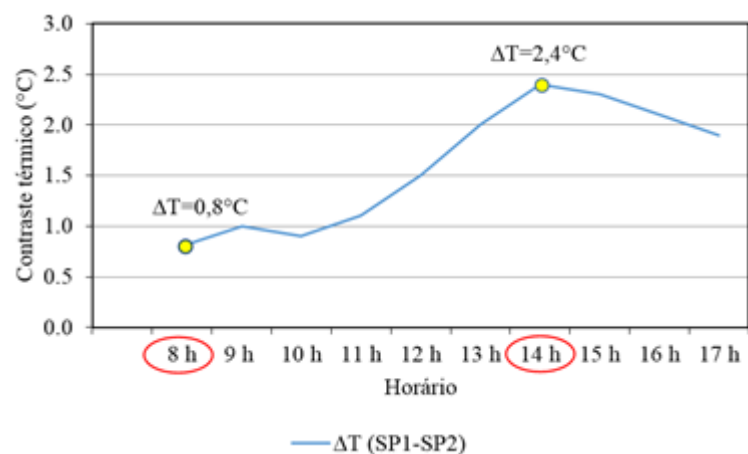


Figura 8: Diferença de temperatura entre as posições “SP1” e “SP2” no período chuvoso (Elaborado pelos autores)

A melhor nitidez da área úmida, que acompanha os maiores valores de gradiente térmicos, pode ser evidenciada na imagem termográfica tomada às 14h (Figura 9a). Com a finalidade de conhecer o padrão de distribuição das temperaturas nas outras áreas anômalas, atribuiu-se uma posição “SP3” de forma aleatória, procurando-se a menor temperatura. A mesma apresentou temperatura de 24,4°C e uma diferença de 3,1°C, se comparado com a área não afetada ”SP1”. Esse fato confirma o conceito de que a presença de água é representada nas áreas mais escuras do termograma.

A representação gráfica das temperaturas correspondentes às 8h da manhã, momento de menor gradiente durante o período chuvoso, é apresentada na Figura 9b. Assim como no período ensolarado, a nitidez da área anômala é dificultada pela pouca diferença de temperatura desta em relação à de referência

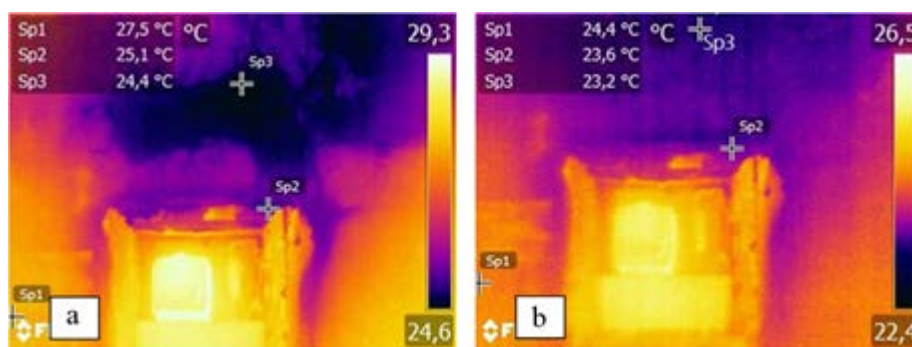


Figura 9: Termogramas capturados às a) 14h e b) 8h (Elaborado pelos autores)

Comparando-se com o período ensolarado, percebe-se uma diferença considerável na análise visual dos termogramas, demonstrando que na captura destas imagens é imprescindível haver diferenças de temperatura, a fim de que possíveis anomalias possam ser visualizadas com maior clareza. No presente estudo de caso essa condição foi facilitada devido à alta porosidade do substrato, ou seja, o mesmo era constituído de tijolos cerâmicos e a parede externa não estava revestida.

Segundo Silva (18), materiais mais porosos como o bloco cerâmico, por exemplo, retém mais água fazendo com que precisem de mais tempo para secar, além de facilitar a



crescimento de microrganismos. Nos termogramas é possível visualizar que as áreas mais afetadas pela ação dos bolores apresentam-se mais úmidas (roxas).

Em relação às condições ambientais, o desenvolvimento de microrganismos é favorecido com a umidade relativa do ar em torno de 80% (embora alguns fungos possam se desenvolver em ambiente com valores menores) e temperatura variando entre 25°C e 30°C (19). A parede estudada apresenta esses fatores contribuindo para o desenvolvimento de microrganismos.

Diante do exposto, pode-se observar que os melhores resultados foram no período chuvoso, quanto a gradientes térmicos, visto que estas áreas ficaram evidenciadas e definidas com mais facilidade. Isto ocorre pela existência do processo de secagem, presente no período ensolarado, pela mesma presença do sol, afetando a temperatura da superfície e a umidade do material ficam próximas das condições ambientais, prejudicando a detecção de água no interior do material por causa da uniformização das temperaturas superficiais (15).

## Considerações finais

No presente trabalho foi desenvolvida uma pesquisa em campo através de um estudo de caso buscando identificar a causa das infiltrações como também caracterizar as mesmas mediante uma análise das temperaturas superficiais através da termografia infravermelha, estudando o comportamento ao longo do dia e durante períodos com condições ambientais distintas.

Pode-se concluir que a detecção da infiltração é possível com a termografia infravermelha, sendo normalmente apresentadas como temperaturas mais baixas do que as áreas sem problemas. No entanto, a detecção depende de muitos fatores como as condições ambientais, o horário de inspeção e os gradientes térmicos entre a área seca e aquela afetada pela umidade - quanto maior esta diferença, maior nitidez dos termogramas.

O período chuvoso apresentou-se como o melhor para a detecção destes problemas, pois evita o processo de secagem do sol; no entanto, apenas as horas da tarde apresentaram-se adequadas para a avaliação. O período ensolarado também permite a detecção destas anomalias, mas os gradientes térmicos são menores quando comparados aos do período chuvoso e, contrariamente, as horas da manhã apresentaram-se adequadas.

Apesar de a termografia infravermelha apresentar vantagens para a inspeção, devem ser considerados vários fatores, sobretudo as condições ambientais, para realizar uma inspeção mais eficaz.

## Agradecimentos

À CAPES e à UPE pelo apoio financeiro.

## Bibliografia

- (1) BARREIRA, E. *et al.* Infrared thermography for assessing moisture related phenomena in building components. **Construction and Building Materials**, vol. 101, p. 251-269, 2016.
- (2) Environmental Protection Agency. **Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance**. United States: U.S. Environmental Protection Agency Washington, 2013. 144pp.



- (3) BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção I**. 5. ed. revisada, Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- (4) OLIVEIRA, G. F. P. **Potencialidades da termografia para o diagnóstico de patologias associadas à humidade**. 2013. 194p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.
- (5) FREITAS, J. G. *et al.* Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura. **Ambiente Construído**, v.14, n.1, p. 57-73, 2014.
- (6) BAGAVATHIAPPAN S. *et al.* Infrared thermography for condition monitoring – A review. **Infrared Physics & Technology**, vol.60, n. 1, p. 35-55, 2013.
- (7) FOX, M. *et al.* Building defect detection: **External versus internal thermography**. **Building and Environment**, vol.105, p. 317-331, 2016.
- (8) BAUER, E. *et al.* Criteria for Identification of Ceramic Detachments in Building Facades with Infrared Thermography. In: DELGADO, J. M. **Recent Developments in Building Diagnosis Techniques**. Porto: Springer, 2016. p. 51-68.
- (9) REHMAN, S. K. U. *et al.* Nondestructive test methods for concrete bridges: A review. **Construction and Building Materials**, vol. 107, n. 15, p. 58-86, 2016.
- (10) O'GRADY, M. *et al.* Infrared thermography technique as in-situ method of assessing heat loss through thermal bridging. **Energy and Buildings**, vol. 135, p. 20-32, 2017.
- (11) FLIR. User's manual FLIR Exx Series. 1st ed. Wilsonville: FLIR, 2014. 100p.
- (12) UEMOTO, K. L. **Influência da Formulação das tintas de base acrílica como barreira contra a penetração de agentes agressivos nos concretos**. 1998. 192p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- (13) NETO, B. de B. *et al.* 25 anos de Quimiometria no Brasil. **Química Nova**, v.29, n.6, p.1401-1406, 2006.
- (14) BARREIRA, E.; FREITAS, V. P. de. Evaluation of building materials using infrared thermography. **Construction and Building Materials**, v.21, n.1, p. 218-224, 2007.
- (15) BARREIRA, E. **Aplicação da Termografia ao Estudo do Comportamento Higrotérmico dos Edifícios**. 2004. 183p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, 2004.
- (16) LERMA, J. L. *et al.* Multitemporal thermal analysis to detect moisture on a building façade. **Construction and Building Materials**, v.25, n.5, p. 2190-2197, 2011.
- (17) MELRINHO, A. C. E. **Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço: detecção por termografia de infravermelhos**. 2014. 246p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.
- (18) SILVA, A. F. da. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: estudo de caso em edifícios em Florianópolis**. 2007. 190p. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- (19) SHIRAKAWA, M. A. *et al.* **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 1995, Goiânia, 1995, p. 402-410.