Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA NA INSPEÇÃO DE FACHADAS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS EM MADEIRA

C. F. N. SOUZA
Acadêmico de Eng. Civil
itt Performance/Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
cnatus@unisinos.br

C. RISSARDI
Acadêmico de Eng. Civil
itt Performance/Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
cristyanczr@gmail.com

P. MEZZOMO
Acadêmico de Eng. Civil
itt Performance/Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
pauloemezzomo@gmail.com

R. P. de SOUZA
Eng. Civil
itt Performance/Mestrando PPGEC Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
rperico@unisinos.br

J. O. PATZLAFF
Prof. Eng. Civil, MSc.
itt Performance/Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
jefersonop@unisinos.br

RESUMO

A imigração italiana no Estado do Rio Grande do Sul permitiu a formação de um patrimônio histórico e cultural mantido até os dias atuais e que favorece a cultura italiana presente na vida dos imigrantes e de toda a população. A cidade de Antônio Prado foi o berço da imigração italiana no estado e possui o maior acervo arquitetônico em área urbana referente à imigração italiana do Brasil. Esse patrimônio é constituido por 48 edificações construídas entre o final do século IXX e início do século XX e que são tombadas pelo Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional – IPHAN . Essas edificações, compostas geralmente por madeira e alvenaria, sofrem com a ação de intempéries, principalmente as constituídas de madeira. Isso ocorre porque a madeira, quando em contato com água e umidade, torna-se suscetível ao ataque de microorganismos. Neste artigo, portanto, pretende-se identificar zonas onde há o acúmulo de água ou umidade nas fachadas dessas edificações através da inspeção utilizando a termografia infravermelha. Nas imagens termográficas é possível observar, pelas diferenças de temperatura, zonas onde há acúmulo de água, o que, consequentemente, facilitará a deterioração da fachada. Por se tratar de um método rápido e eficaz de inspeção, a termografia infravermelha pode-se mostrar útil para manutenção e preservação das fachadas dessas edificações, facilitando a observação de zonas sucetíveis à formação de manifestações patológicas.

Palavras-chave: patologia, patrimônio histórico, termografia infravermelha.

ABSTRACT

The Italian immigration in the State of Rio Grande do Sul formed a historic and cultural heritage, which is still present nowadays, favoring the Italian culture in the lives of not only descendants, but also the entire population. The city of Antônio Prado was the birthplace of Italian immigration in the state and it has the largest architectural heritage in urban areas related to Italian immigration in Brazil. This patrimony consists of 48 buildings constructed between the end of the IXX century and early XX century and are listed by the National Historic and Artistic Heritage Institute - IPHAN. These buildings, usually composed of wood and masonry, suffer the action of the weather, mainly the wood made ones. It occurs because the wood, when in contact with water and humidity, becomes susceptible to microorganisms attack. Therefore, this article's intention is to identify areas where there is an accumulation of water or moisture on these building's facades through inspection using infrared thermography. The difference of temperature in thermographic images shows areas where there is accumulated water, which foments the facade's deterioration. Due to the fact that this is a quick and effective method of inspection, infrared thermography may prove very useful for maintenance and preservation of the facades of these buildings, helping the observation of areas which are susceptible to the formation of pathological manifestations.

Keywords: pathology, historical heritage, infrared thermography

1. INTRODUÇÃO

Através da chegada dos imigrantes italianos no estado do Rio Grande do Sul, a sua cultura se desenvolveu em nossas cidades através de patrimônios históricos, utilizando de características, materiais e componentes utilizados pelos italianos em seu país de origem. Em Antônio Prado, a preconização dessa cultura se deu através de acervos arquitetônicos executados com sistemas de madeira. Levando em consideração que essas edificações e, mais especificamente, as fachadas fazem parte do cenário urbano, estas nem sempre recebem a atenção que necessitam quando se diz respeito a projeto, execução e manutenção. [1]

Segundo Conde [2], a madeira é um material que, devido às suas características de trabalhabilidade e de propriedades mecânicas, foi e ainda é usada como material estrutural. Porém, pela sua natureza biológica, suas propriedades podem ser afetadas e degradadas por inúmeros fatores, como organismos bióticos caracterizados como fungos e insetos. Esses ataques estão associados ao aumento de umidade influenciado pelo meio ambiente, podendo causar, dessa maneira, a perda de densidade da madeira e consequente diminuição da resistência da mesma.

Observando-se que grande parte dos patrimônios históricos edificados são contruídos em estrutura de madeira, pode-se analisar a qualidade e a durabilidade dos materiais empregados nas edificações, os quais resultam em referências para a sociedade, das quais os patrimônios históricos fazem parte.

Segundo Florian [8], os ambientes úmidos, e não saturados (ou ambientes que contam com períodos de inundação e seca) são ambientes propícios ao apodrecimento da madeira e ao crescimento de fungos e outros microogranismos de deterioração da madeira.

A verificação da existência de diferentes manifestações patológicas em fachadas executadas com madeira, como a deterioração de materiais e da estrutura, muitas vezes, só é revelada quando o estágio da manifestação patológica já está em um estágio avançado. A necessidade de uma manifestação exterior, inúmeras vezes, está vinculada à implicações econômicas, técnicas e sociais na qual o patrimônico histórico está inserido [3].

A identificação da umidade em fachadas, em áreas que não possuem danificações superficiais, tem permitido o experimento de diversas tecnologias para aprimorar técnicas e métodos para lidar com tais situações. Dessa maneira, o uso da termografia por infravermelho (TIV), utilizando câmera termográfica, torna-se uma técnica eficaz, por ser não destrutiva, sem contato e versátil, quando aplicada na avaliação de estruturas que contenham madeira como material de execução, resultando na possível reabilitação destas estruturas.

Segundo Cortizo [3], os resultados obtidos com a termografia se baseiam na distribuição de temperaturas superficiais do patrimônio histórico em estudo, analisados e visualizados pela medição da distribuição espacial da radiação térmica.

Segundo Silva [1] , a quantidade de energia transmitida por um material está relacionada com a sua temperatura. A termografia é uma técnica simples, baseada no princípio da capacidade de todos os materiais emitirem energia, sob a forma de calor, na zona de radiação infravermelha do espectro eletromagnético. Os detectores de infravermelhos convertem a radiação em um sinal elétrico, exibindo o resultado através de imagem térmica ou termograma com a distribuição das temperaturas superficiais do corpo, correspondendo cada cor a um determinado intervalo de temperatura.

Segundo Conde [2], a termografia é baseada em um princípio físico de transferência de calor. No entanto, a câmera termográfica recebe a total radiação vinda do objeto (emissão e reflexão do calor) e, dependendo da emissividade de calor e da reflexão de temperatura do meio ambiente, calcula-se a emissão de calor do corpo, através da Equação 1.

$$Q_{emitido}=\varepsilon.\sigma.A_s.T^4_s \ \text{(Watt)} \quad (1)$$

Onde:
ε = superfície de emissão (varia conforme temperatura, comprimento de onda e ângulo de incidência);
$\sigma = 5{,}67.10^{-8}$ w/m^2.K^4 (constante de Stefan-Boltzmann);
A_s = superfície da área;
T_s = superfície de temperatura.

Para Conde [2], a técnica TIV atualmente é usada como método de avaliação e inspeção em diversas áreas. Na construção civil, essa atividade é reservada para inspeção e análise de desempenho energético de edificações. Em alguns trabalhos, essa técnica é utilizada para detectar fissuras em estruturas de concreto e também como controle de qualidade

de técnicas utilizadas na aplicação de materiais como, por exemplo, materiais cerâmicos. Assim, todas essas aplicabilidades geradas com o uso do TIV tornam esse método aplicável para avaliação e reabilitação de fachadas em madeira.
Desta forma, pretende-se verificar a viabilidade de análise de manifestações patológicas através do uso de TIV em fachadas de madeira. Atualmente, esse campo de pesquisa revela e apresenta os processos danosos em estruturas de madeira através de mapas de tensões apresentados por calor dissipado.[2]

Assim, nesse artigo os estudos serão sub-divididos em dois tópicos: (a) estudo do local de inserção da edificação e (b) registro de imagens com câmera fotográfica, câmera termográfica e inspeção visual a serem descritas nos itens subsequentes. Serão apresentadas duas casas tombadas pelo patrimônio histórico, com fachadas de madeira. Uma das casas encontra-se, atualmente, sem reforma desde 2006, sendo caracterizada pela fachada de cor bege com esquadrias em cor marrom, denominada Casa Marcantônio, Camilo.

A segunda casa analisada foi reformada recentemente (2014/2015) e apresenta coloração cinza claro com esquadrias em cor cinza, denominada Casa Zanella, Luciano. A escolha de casas tombadas, com caracteríticas diferentes, uma apresentando reforma recente e a outra não apresentando reforma, deu-se com o intuito de analisar as possíveis diferenças de absorção de água pela fachada de madeira, quando a mesma apresenta diferenciação na integridade da qualidade de uma fachada de madeira. Ambas as casas apresentam madeira da mesma espécie, sendo caracterizada por Pinheiro Araucária, e foram pintadas com duas demãos de tinta a base d'água.

1.1 Local – Antônio Prado

O município de Antônio Prado foi a última colônia italiana criada pelo governo imperial. Em 1886, os primeiros italianos se instalam na região, dedicando-se à pequena agricultura. Atualmente, é considerada a cidade com maior influência italiana no Brasil. A cidade possui altitudes de aproximadamente 658 m acima do nível do mar. O clima da região é quente e temperado, sendo caracterizado pela grande amplitude térmica, tanto entre as estações do ano, como durante o dia. A média termométrica é de 17,2 °C. As chuvas abundantes durante o ano atingem a média anual de 1801 mm [5], [6], [7] e [9]

2. MÉTODO

2.1 Inspeção Visual

2.1.1 Inspeção e registros fotográficos com câmera fotográfica

Segundo GIL et al [4], a inspeção visual é realizada, normalmente, como um procedimento prévio, no qual se identifica possíveis componentes ou sistemas passíveis de danos, verificando com segurança o interior e o exterior da edificação, e registrando com imagens a percepção do profissional responsável pela análise. Para este estudo optou-se pelo enfoque nas casas tombadas.

2.1.2 Inspeção e registros com câmera termográfica

Sendo a movimentação de partículas de água no interior dos materiais constituintes das fachadas de madeira um dos principais agentes deletérios às estruturas, usou-se, através da TIV, a identificação de gradientes de temperatura nas fachadas da edificação em questão, com o objetivo de identificar a origem das manifestações patológicas. De modo a complementar o registro de imagens com câmera termográfica, foram fotografados os mesmos pontos de análise, possibilitando comparativos entre os danos percebidos com a imagem relacionada à temperatura e à análise visual. A câmara termográfica utilizada para realização deste estudo é da marca FLIR, modelo A325 e calibração feita pela FLIR.

Para realização das imagens o termografista posicionou a câmera termográfica à, aproximadamente, 7 metros de distância da fachada analisada. Posteriormente, houve o ajuste do foco da câmera para a melhor visualização dos gradientes de temperatura gerados nas imagens coletadas. As imagens foram analisadas posteriormente através do software FLIR Tools 5.3 15320 1002.

3. RESULTADOS

3.1 Inspeção e registros fotográficos com câmera fotográfica.

Primeiramente, foi realizada uma inspeção visual e fotográfica nas fachadas de madeira, de modo a identificar as principais manifestações patológicas, suas causas e possíveis agentes agressores, das Casas Tombadas de Antônio Prado. Entre as principais manifestações patológicas observadas nessas casas, encontram-se a degradação das madeiras utilizadas nas fachadas e descolamento das películas e revestimento da tinta a base d'água, como pode ser observado pelas Figuras 01, 02 e, posteriormente, pelas Figuras 03 e 04.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 01: Fachada frontal da Casa Marcantônio, Camilo, sem reforma recente.



Figura 02: Fachada com ângulo da Casa Marcantônio, Camilo, sem reforma recente.

Através de análises visuais, identificada na Casa Marcantônio, Camilo, acredita-se que os danos averiguados nas fachadas tenham sido originados através da combinação da oscilação das intempéries diárias juntamente com a exposição à umidade direta pela ação de chuvas ao longo de todos os anos. Não houve nenhum tipo de reforma/melhorias ou tratamentos no material de madeira, considerando sua última reforma em 2006.

Em relação às esquadrias de madeira, observou-se que as mesmas também apresentavam danos, sendo necessária sua substituição e tratamentos específicos contra a ação de umidade, tal como pintura.



Figura 03: Fachada frontal da Casa Zanella, Luciano, tombada com reforma recente.



Figura 04: Fachada com ângulo da Casa Zanella, Luciano, tombada com reforma recente.

Através de análises visuais identificadas na casa Casa Zanella, Luciano, com reforma recente feita em 2014/2015, não foram constatados danos aparentes à estrutura de madeira, material empregado à fachada da residência e também às esquadrias. Acredita-se que possíveis danos futuros possam ser amenizados, pois a madeira que compõem essa fachada e também as esquadrias foi tratada recentemente com pintura específica para a madeira de espécie Pinheiro Araucária, utilizando-se duas demãos de tinta a base d'água, evitando, dessa forma, a exposição direta à umidade e intempéries diárias pela chuva.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

3.2 Inspeção e registros com câmera termográfica

A avaliação das fachadas das casas tombadas com o uso da câmera termográfica teve o objetivo de identificar as zonas de distribuição heterogêneas de umidade, representadas através de gradientes térmicos, que podem representar danos na edificação. As imagens com a câmera termográfica foram registradas pela manhã, em um dia ensolarado, com temperatura ambiente de 26,2 °C (Figura 05) e umidade relativa do ar de 62,9% (Figura 06). Os dados de temperatura e umidade relativas do ar foram avaliados para o estudo através do multímetro instrutemp ITMP 600 Environment Multimeter.



Figura 05: Temperatura ambiente



Figura 06: Umidade relativa do ar

Na avaliação dos resultados termográficos, pode-se constatar que as respostas térmicas das superfícies das fachadas variam segundo alteração das condições ambientais, ou seja, o resfriamento e o aquecimento da superfície e a variação da umidade relativa do ar. Por esse motivo, as imagens termográficas para esse artigo foram feitas no mesmo dia, tentando preservar a mesma temperatura ambiente e umidade relativa do ar para a verificação dos resultados para as duas casas tombadas em análise. A superfície externa exposta à excitação térmica (radiação solar) apresenta resolução visual melhor no período de resfriamento.

Através da Figura 07, foi possível ajustar o gradiente de temperatura da câmera termográfica, de modo que as colorações mais próximas da cor vermelha indicassem maiores temperaturas, e as colorações mais próximas da cor roxa indicassem temperaturas menores. Foram então registradas imagens da fachada e de seus elementos verificando os locais de maior e menor temperatura, sendo estes com menores e maiores teores de umidade, conforme apresentado nas Figuras 08 a), b), c) e d) e Figuras 09 a) e b), apresentadas a seguir.



Figura 07: Degradação de uma fachada de madeira.



Figura 08 a) Identificação da Casa Marcantônio, Camilo.

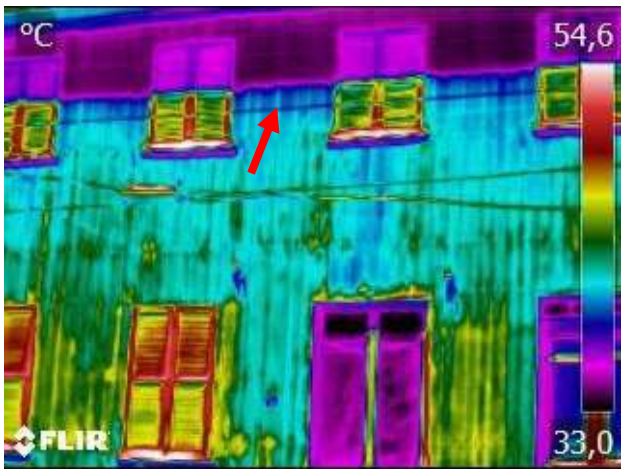


Figura 08 b) Diferenças de coloração e indicativo de regiões sombreadas na fachada de madeira da Casa Marcantônio, Camilo.

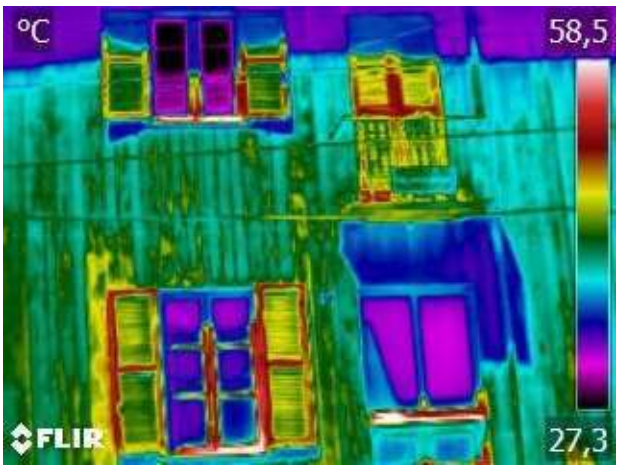


Figura 08 c) Imagem termográfica da fachada de madeira da Casa Marcantônio, Camilo.

Observa-se nas Figuras 08 b) e c) regiões com áreas sombreadas, as quais, por possuírem menor incidência solar, apresentam temperatura abaixo do restante da área da fachada. Este é um fator que dificulta a análise dessas regiões através da termografia infravermelha. Verifica-se uma heterogeneidade na distribuição da temperatura ao longo da fachada, observando-se o acréscimo de temperatura em regiões onde houve o desplacamento da pintura. É possível identificar, também, altas temperaturas junto às esquadrias e em detalhes arquitetônicos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 09 a) Identificação da Casa Zanella, Luciano.



Figura 09 a) Identificação da Casa Zanella, Luciano.

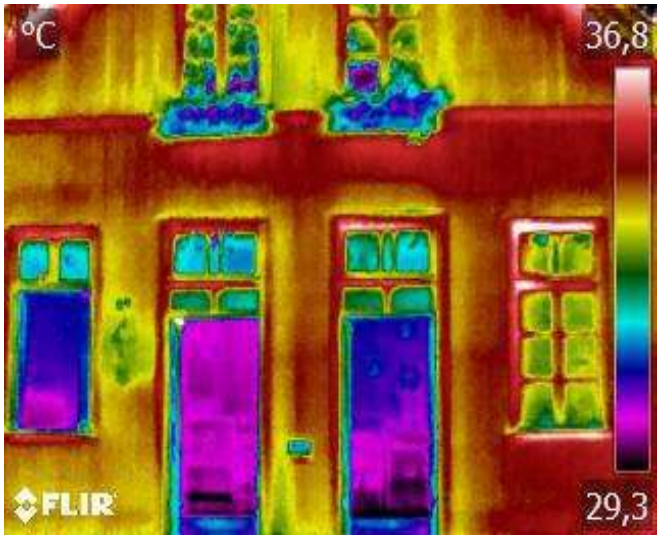


Figura 09 b):Diferenças de coloração e indicativos de umidade na fachada de madeira da Casa Zanella, Luciano.

Na Figura 09b), percebe-se, que os maiores valores de temperatura se encontram no entorno dos detalhes arquitetônicos, salientes à fachada e no entorno das esquadrias, como também pôde ser observado na casa Marcantônio, Camilo. Nessa fachada observa-se uma homogeneidade na distribuição das temperaturas, diferentemente da fachada analisada anteriormente.

4. Sugestões de recuperação e adaptação da estrutura

Através das inspeções realizadas e da análise dos registros fotográficos e registros com a câmera termográfica, é notório que medidas de recuperação devem ser tomadas nas casas tombadas que ainda não receberam manutenção recentemente, de modo a possibilitar que a vida útil da edificação seja prolongada, principalmente por se tratar de edificações do patrimônio histórico e de grande relevância para a preservação da cultura italiana no Brasil. Sugerem-se ações de recuperação e de prevenção em relação aos danos causados por ações ambientais, como chuvas e umidade. Os principais danos encontram-se nas madeiras que compunham as fachadas externas das edificações, sendo assim, recomenda-se manutenção da fachada externa através de recuperação da madeira e posterior pintura. No que se refere às esquadrias em madeira, sugere-se que estas sejam substituídas devido ao seu avançado estágio de degradação e ao fato de não se encontrarem em condições de exercer a função de vedação.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos através do desenvolvimento desse trabalho, podemos concluir que:

(1) Nas fachadas em madeiras, regiões sombreadas são um fator limitador no desenvolvimento da inspeção utilizando TIV.
(2) Não foi possível a identificação de zonas úmidas nas fachadas de madeira através da utilização de TIV, pois não houveram áreas nas quais pudesse ser observado um decréscimo considerável de temperatura em locais propícios ao aparecimento de umidade.
(3) Foi observado um acréscimo de temperatura em zonas onde houve a degradação da pintura e, consequente, exposição da madeira. Este acréscimo pode ter ocorrido pela perda de densidade deste material devido à sua degradação.
(4) Deve-se salientar que este estudo se trata de uma avaliação preliminar da utilização de TIV para análise de fachadas em madeira. Recomenda-se que o assunto abordado neste artigo seja aprofundado e sejam realizadas novas análises, com retirada de amostras para comprovação da degradação da madeira, por exemplo.

6. REFERÊNCIAS

[1] D.D.S.Silva, Diagnósticos de patologias em fachadas utilizado termografia, Universidade do Porto, 2012.
[2] M. J. M. Conde, C.R.Linán, P.R. Hita, F.P. Gálvez, Infrared Thermography applied to wood – School of Architecture Seville, 2012.
[3] E.C. Cortizo, Avaliação da Técnica de Termografia Infravermelha para Identificação de Estruturas Ocultas e Diagnóstico de Anomalias em Edificações: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
[4] A.M. Gil, G.L. Prager, B. Fernandes, F. Pacheco, B.F. Tutikian, Análise das manifestações patológicas em uma edificação de patrimônio histórico por meio de termografia infravermelha e inspeção visual – Estudo de Caso – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2015.
[5] Clima regional de Antônio Prado. Disponível em http://pt.climate-data.org/location/29212/. Acesso em: 21.fev. 2016.
[6] Antônio Prado. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ant%C3%B4nio_Prado. Acesso em 21 fev.2016
[7] Antônio Prado. Disponível em http://www.antonioprado.com.br/. Acesso em 21 fev. 2016.
[8] FLORIAN, A. (2013) Principais agentes deterioradores de madeira. Revista da madeira, edição n°134.
[9] Antônio Prado. Disponível em http://portal.iphan.gov.br/. Acesso em 21 fev. 2016.