



## Termografia infravermelha passiva como ferramenta de inspeção em uma igreja tombada brasileira

### *Passive infrared thermography as inspection tool in a Brazilian heritage church*

Cynara BREMER<sup>1</sup>, Gláucia MELLO<sup>2</sup>, Hebert SOARES JÚNIOR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil, [cynarafiedlerbremer@ufmg.br](mailto:cynarafiedlerbremer@ufmg.br)

<sup>2</sup> PUC Minas, Belo Horizonte/MG, Brasil, [gnamello@pucminas.br](mailto:gnamello@pucminas.br)

<sup>3</sup> Arquidiocese de Belo Horizonte, Belo Horizonte/MG, Brasil, [inventario@pucminas.br](mailto:inventario@pucminas.br)

**Resumo:** O objeto de estudo aqui apresentado foi a Capela de Sant'Ana do Arraial Velho, localizada em Sabará, cidade da região metropolitana de Belo Horizonte/MG, cuja construção ocorreu em meados do século XVIII. A igreja está implantada em adro circundado por muro de pedra, com uma sineira de madeira separada do corpo principal, e apresenta partido comum às igrejas do mesmo período, contendo corpo longitudinal dividido em nave e capela-mor, e sacristia lateral a esta última. O imóvel possui proteção por tombamento federal, instituído em 09 de maio de 1950, e pela municipalidade, em 10 de abril de 2002. Neste trabalho são abordados aspectos importantes a serem observados quando da utilização da termografia como ensaio não destrutivo aplicado em construções patrimoniadas. A termografia infravermelha pode ter auxílio de uma fonte de calor externa (neste caso, chamada de termografia ativa) ou somente contar com o calor do sol (termografia passiva). A técnica de termografia passiva se mostrou uma aliada à etapa de inspeção visual para a detecção de elementos ocultos e também de manifestações patológicas nesta capela.

**Palavras-chave:** *Patrimônio Histórico; Manifestações Patológicas; Ensaios não destrutivos; Termografia*

**Abstract:** The object of study presented here was the Chapel of Sant'Ana do Arraial Velho, located in Sabará, a city in the metropolitan region of Belo Horizonte / MG, whose construction occurred in the mid-eighteenth century. The church is set in a square surrounded by a stone wall, with a wooden bell tower separated from the main construction, and presents a partition common to churches of the same period, with a longitudinal design, divided into nave and chancel, and a sacristy, lateral to the chancel. The building is protected by federal legislation, established on May 9th, 1950, and by the municipality, on April 10th, 2002. In this work, important aspects to be observed when using thermography as a non-destructive test applied to heritage buildings are discussed. The infrared thermography can have the aid of an external heat source (in this case, called active thermography) or only rely on the heat of the sun (passive thermography). The passive thermography technique proved to be an ally to the visual inspection stage for the detection of hidden elements and also of pathological manifestations in this chapel.

**Keywords:** *Historical Heritage; Pathological Manifestations; Non-destructive testing; Thermography*

## 1. Introdução

De acordo com o inventário da Capela de Santana do Arraial Velho, elaborado pela equipe técnica do Memorial da Arquidiocese de Belo Horizonte/inventário do Patrimônio Cultural no ano de 2017, a construção da capela ocorreu em meados do século XVIII. A estrutura de alvenaria de pedra é integralmente rebocada na parte externa, entretanto, no lado interno este é inexistente na nave, onde se revela o emprego da pedra de canga e a estrutura do telhado sem o forro. Na decoração, se destaca o retábulo-mor de estilo joanino, as peças de imaginária, além de um lavabo simplificado em pedra, disposto na parede do fundo da sacristia. A capela, protegida por tombamento federal desde 1950, sofreu intervenções registradas nas décadas de 1940, 1950, 1960, 1970 e ainda entre 2004 e 2005, e 2017 e 2018. Os principais trabalhos se concentraram na reconstrução parcial do arco-cruzeiro para baixo, nos anos 1940/50, incluindo as alvenarias, vãos, cobertura, arco-cruzeiro, assoalho, frontispício, muro do adro e nova sineira. Nessa época, registra-se por meio de documentação textual e fotográfica nos arquivos do IPHAN-MG, que o imóvel se encontrava em estado precário, parcialmente arruinado, com espaço útil reduzido à capela-mor e sacristia.

Para a detecção de manifestações patológicas em edifícios, sejam eles novos ou antigos, há vários ensaios a serem realizados, desde aqueles que se utilizam de amostras retiradas dessas construções (ensaios semi-destrutivos ou destrutivos) ou os chamados ensaios não destrutivos (END), aqueles que são realizados sem a coleta de material da superfície ou do objeto analisado. O END mais antigo e também imprescindível nas vistorias é a inspeção visual. Dentre os demais existentes pode-se citar a técnica da termografia infravermelha, que consiste em uma variedade de técnicas utilizadas para visualizar a temperatura na superfície dos objetos e refere-se à imagem de uma distribuição de temperatura de campo completo (BUCUR, 2003).

Neste trabalho são abordados aspectos importantes a serem observados quando da utilização da termografia como ensaio não destrutivo aplicado em uma edificação religiosa setecentista, na região metropolitana de Belo Horizonte/MG.

## 2. Breve histórico da capela

O mencionado inventário da Capela de Santana informa que a edificação possui planta longitudinal, dividida em duas seções retangulares, de tamanhos diferentes, sendo a maior ocupada pela nave, e a menor pela capela-mor; a sacristia está localizada à esquerda da capela-mor, possuindo menor altura e largura que esta. Todas as fachadas possuem acabamento de caiação branca nas alvenarias, e amarela nos detalhes de embasamento, cunhais e beirais. O entorno é feito com calçada estreita de pedras. Ao adentrar na capela, chega-se diretamente à nave, cujas paredes não possuem revestimento. A cobertura em telhas vãs revela as tesouras do telhado, pintadas em azul claro, e três tirantes de aço que fazem o travamento das paredes laterais. Após a nave, localiza-se o arco cruzeiro em cantaria, com detalhes no embasamento, remate das ombreiras, e chave misulada. De modo geral, a capela preserva a maior parte de suas características originais, mantendo seu acervo de imaginária, parte do mobiliário, o sino de 1759 e o sistema construtivo. Em relação à parte da nave, desde a reconstrução do IPHAN a capela manteve-se sem forro. É possível que anteriormente à sua degradação tenha existido o forro da nave e coro, entretanto, não foram localizados registros de sua existência e formato/ornamentação. Do mesmo modo, as alvenarias internas eram rebocadas, mas optou-se pela retirada do revestimento nos pequenos trechos ainda restantes. Interessante ainda considerar o refazimento da sobreverga da portada, de acordo com desenho elaborado pelo Dr. Lúcio Costa, cuja referência foi o mesmo elemento existente na Igreja de Nossa Senhora do Rosário, em Caeté. É necessário mencionar também que em fotos mostradas pela comunidade, possivelmente da década 1970/80, o piso da nave era revestido em mezanelas, e posteriormente foi substituído em intervenção não identificada (anos 1990/2000?).

A Figura 1 mostra fotos da capela durante a obra do IPHAN e a Figura 2 mostra sua planta e fachada frontal (informações atuais).



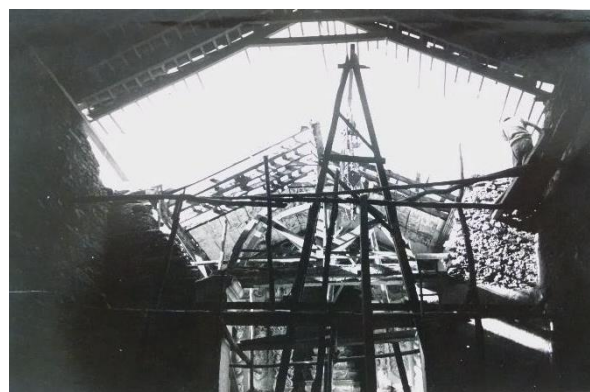
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Figura 1** – Fotos da igreja durante a obra do IPHAN, na década de 1940. Fonte: Arquivo IPHAN/Belo Horizonte.



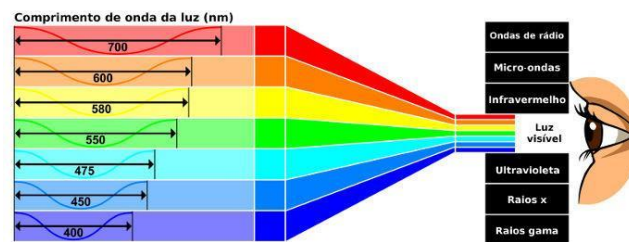




**Figura 4** – Vista interna da igreja de Sant’Ana do Arraial Velho. Fonte: Fotos dos autores, 2019

### 3. Termografia

A luz visível ao olho humano tem comprimentos de onda entre 400 e 700 nanômetros. As demais não são percebidas pelos humanos, Figura 5. Todos os seres vivos e objetos emitem radiação infravermelha (IV) e essa radiação ocorre em função da temperatura. Quanto mais alta a temperatura, maior a quantidade de radiação e essa radiação está no espectro invisível à visão humana. A termografia por infravermelho é um procedimento que cria imagens usando radiação infravermelha em vez de luz. Para essa visualização tem-se câmeras infravermelhas que têm a capacidade de detecção dessa radiação e tradução dessas informações em espectros de temperatura (Brasil Escola, 2020).



**Figura 5** – Comprimentos de onda visíveis e não visíveis ao olho humano. Fonte: Brasil Escola. Acesso em novembro de 2020

A termografia por infravermelho, também conhecida simplesmente como termografia, pode ser realizada com o auxílio de uma fonte natural de calor (sol) e neste caso será chamada de termografia passiva ou utilizando uma fonte externa auxiliar; neste caso é denominada termografia ativa. Segundo Bucur (2003) uma vantagem do método de aquecimento passivo sobre o ativo é a capacidade de produzir uma distribuição de temperatura sem recorrer ao carregamento mecânico do material. Porém, a desvantagem do método passivo é que as imagens térmicas são transitórias. De acordo com Meinlschmidt (2005), o calor irá dissipar-se em uma velocidade correspondente às propriedades térmicas do material, como a densidade, a capacidade térmica, a condutividade térmica e a qualidade de ligação entre a camada de superfície superior e o material de base. Quaisquer defeitos presentes no corpo produzem uma barreira durante o processo de difusão do calor; logo, a temperatura da superfície acima do defeito irá diminuir mais lentamente do que a temperatura em outras regiões. Este autor ainda reforça que, para materiais à base de madeira comparados a metais, tais efeitos são relativamente lentos. A detecção de defeitos pode levar alguns segundos, alguns minutos ou até mesmo horas após o impacto do calor, dependendo do material, da profundidade do defeito e da intensidade de calor.

Os edifícios históricos passam por mudanças de uso e podem estar sujeitos à ação de agentes ambientais diversos (incêndios, inundações, terremotos, etc.) ou até mesmo antrópicos. Esses edifícios muito provavelmente não estão preparados para esses tipos de solicitações. Para que sejam avaliados os danos nessas edificações a aplicação de ensaios destrutivos não é indicada, pois muitas vezes o bem é tombado e

até mesmo a etapa de extração de amostras pode danificar ainda mais o material ou peça analisada. Nesses casos pode-se lançar mão de END, que podem fornecer informações importantes sobre as regiões afetadas, a extensão dos danos, a integridade da peça, etc. Neste artigo foi aplicada a termografia passiva como END para auxílio na detecção de manifestações patológicas em uma capela histórica tombada.

#### 4. Metodologia

Para a realização de análise das condições estruturais e a identificação das patologias presentes na Capela de Sant'Ana foram realizadas vistorias com a presença de profissionais habilitados e qualificados. Optou-se pela utilização da técnica da termografia passiva, pois, por se tratar de uma edificação protegida por tombamento, foi possível realizar a vistoria e posterior análise dos resultados sem que houvesse algum dano físico ao patrimônio ou alteração no seu estado de conservação.

*“A utilização de fontes de energia externa atuando sobre um revestimento, poderá ocasionar alteração na fixação, na cor e no brilho da camada superficial, promovendo uma patologia na obra histórica”, (CORTIZO, 2007, p. 52).* Dessa maneira, a escolha da técnica passiva baseou-se na menor intervenção possível no patrimônio histórico, com o intuito de evitar que a carga térmica adicional acelere o processo destrutivo.

A câmera termográfica utilizada na captação das imagens foi a do modelo FLIR T450sc, (Figura 6), resolução 320 x 240 pixels, com captura da variação termal em <30mK a 30°C e campo de visão (IFOV) de 25°x19°/0,4m. O equipamento possui um intervalo de temperatura pré-definido; sendo assim, os termogramas apresentam a mesma escala de cores, onde a região mais avermelhada da imagem corresponde à temperatura mais elevada e a cor azulada à menor temperatura. A série fotográfica foi iniciada à tarde, após as 14h, pois a capela teria recebido calor uniformemente na maioria de suas paredes externas, gerando constante contraste térmico. Após a coleta de informações e imagens, foi feita a análise das mesmas para, assim, identificar as prováveis manifestações patológicas presentes na edificação e suas causas.



**Figura 6** – Câmera termográfica FLIR T450sc. Fonte: Site do fabricante FLIR.

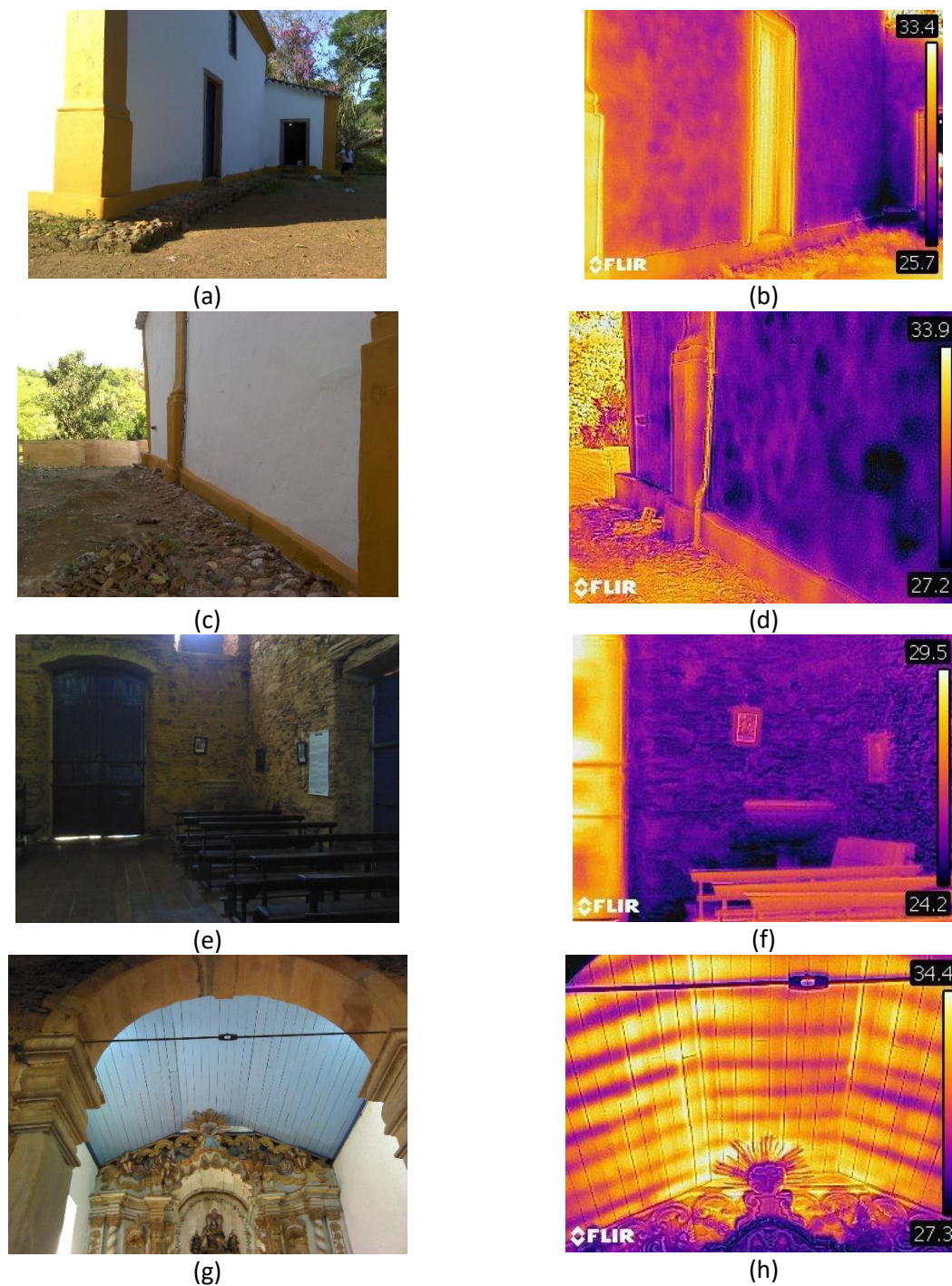
#### 5. Resultados e discussão

As fotos da Figura 7 trazem o registro da leitura das aberturas das fissuras na parede lateral esquerda e a Figura 8 apresenta as fotos do exterior e interior da capela, acompanhadas de seus respectivos registros térmicos.



**Figura 7** – Leitura das aberturas das fissuras na parede lateral esquerda (a) abertura de 7mm e (b) abertura de 1,3mm. Fonte: Fotos dos autores, 2019





**Figura 8** – Áreas externas e internas da capela, acompanhadas de suas respectivas fotos térmicas. Fonte: Fotos dos autores, 2019

Observando-se a foto (a) da Figura 8, que representa a parede lateral direita, a olho nu não é possível identificar qualquer manifestação patológica, porém, na foto (b) é possível perceber o gradiente térmico na parede, com temperaturas que variaram entre 25,7 °C e 33,4°C. No canto inferior direito da foto (b) é possível identificar ainda uma temperatura mais baixa no encontro de paredes. Este registro pode indicar uma região com umidade ascendente. Nesta mesma região há presença de vegetação, reforçando a hipótese de presença de umidade. As fotos (c) e (d) da Figura 8 representam a parede de fundo da capela. O mesmo pode ser dito com relação a elas, a olho nu é difícil afirmar que existiam manifestações patológicas, mas com o auxílio da câmera termográfica foi possível identificar regiões com possíveis pontos de infiltração de águas

*Termografia infravermelha passiva como ferramenta de inspeção em uma igreja tombada brasileira*

de chuva. O intervalo de temperaturas registradas ficou entre 27,2 °C e 33,9°C. As fotos (e) e (f) tratam do interior da capela. É possível verificar uma temperatura menor na região atrás da pia batismal. O intervalo de temperaturas registradas ficou entre 24,2 °C e 29,5°C. As fotos (g) e (h) mostram a caela-mor. É possível verificar, pela foto térmica, a existência da estrutura do telhado, com temperatura mais baixa que o forro que a reveste. Em alguns pontos do forro é possível notar a descontinuidade da vedação entre as tábuas, inclusive pela diferença de temperatura ali presente. O intervalo de temperaturas registradas nesta região ficou entre 27,3 °C e 34,4°C.

## 6. Considerações Finais

Pelo exposto anteriormente foi possível perceber que, em algumas regiões analisadas da capela, as manifestações patológicas (como as fissuras na parede lateral esquerda) eram visíveis a olho nu, outras estavam ocultas e foram percebidas somente com o auxílio da câmera termográfica. As informações térmicas possibilitaram identificar a posição das tesouras do telhado oculto pelo forro da capela-mor e também a descontinuidade das tábuas que compunham tal forro. A etapa de inspeção visual é muito importante quando se realiza uma vistoria em uma edificação e esta pode ser complementada pelas informações fornecidas pela termografia IV. Em uma possível reforma futura e talvez até com recursos limitados essas informações poderão direcionar as regiões que necessitam mais de uma intervenção do que outras. Pelo fato de se tratar de uma edificação histórica, tombada por órgãos de proteção, não é indicada uma vistoria com retirada de amostras. Nesses casos os END são imprescindíveis para a condução de uma terapia com mais possibilidades de acertos, evitando que regiões ainda íntegras sejam substituídas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Memorial da Arquidiocese de Belo Horizonte pelo apoio na condução dos trabalhos e no fornecimento de informações históricas e às universidades UFMG e PUC Minas pelo apoio institucional e logístico e empréstimo dos equipamentos utilizados nesta pesquisa.

## Referências Bibliográficas

- BUCUR, V. (2003). Nondestructive Characterization and Imaging of Wood.
- Cortizo, E. C. (2007). Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico. Tese. Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
- Meinlschmidt, P. (2005). Thermographic detection of defects in wood and wood-based materials. 14th International Symposium of nondestructive testing of wood. ed. Hannover, Germany
- Memorial da Arquidiocese de Belo Horizonte (2017). Registro de inventário número SA/2017-150-0002. Acesso em outubro de 2019
- Varum, H., Oliveira, J., Rodrigues, H. (2014). Seismic Behavior of RC Buildings: Lessons of Recent Earthquakes in Europe. International Congress about Pathology and Structures Rehabilitation – CINPAR 2014, Santiago, Chile; June 2014
- Almeida, I.M.F. (2008) *Caracterização de Patologias*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal
- Oliveira, F.H., Rodrigues, E., Sands, D., Branco, M. (2012). Rehabilitation of Existing Reinforced Concrete Structures. *Earthq. Eng. & Struct. Dyn.*, 21 (1), 1-19

## Websites:

Brasil Escola, <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>. Acesso em novembro de 2020

FLIR, <https://www.flir.com.br/>. Acesso em fevereiro de 2019