

## TERMOGRAFIA COMO INSTRUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM IGREJAS HISTÓRICAS

Rocha, Aline <sup>(1)</sup>; Mello, Tiago <sup>(2)</sup>; Bremer, Cynara <sup>(3)</sup>; Nolasco, Gláucia <sup>(4)</sup>

EA/UFMG, alinemaracahipe@gmail.com <sup>(1)</sup>; EA/UFMG, tiagoaugustogm@gmail.com <sup>(2)</sup>; EA/UFMG, cynarafiedlerbremer@ufmg.br <sup>(3)</sup>; PUC Minas, gnamello@pucminas.br <sup>(4)</sup>

### RESUMO

Se a ocorrência de manifestações patológicas é elevada em construções contemporâneas, em antigas a probabilidade vê-se maior. Ao longo do tempo, edificações seculares tornam-se suscetíveis à deterioração, seja devido ao uso, de decisões projetuais não apropriadas às técnicas construtivas utilizadas, à falta de manutenção ou a avarias decorrentes de intervenções inadequadas. As estruturas acometidas por algum tipo de problema patológico não devem ser condenadas sem avaliação prévia, uma vez que as reabilitações podem ser exequíveis. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) possui um vasto conjunto de igrejas construídas entre os séculos XVII, XVIII e XIX sob atual tutela de órgãos de preservação patrimonial. Não obstante, ainda que tombados, alguns desses edifícios encontram-se em crítica situação de conservação. Nesse contexto, este artigo propõe a verificação da eficiência de um método preliminar alternativo para a avaliação da situação dessas edificações, com vistas ao avanço do arcabouço tecnológico vigente de análise. Utilizou-se uma técnica não destrutiva denominada termografia como meio de identificação das possíveis manifestações patológicas ocorrentes, que se fundamenta na geração de gráficos térmicos por meio da captação do calor irradiado por superfícies pré-aquecidas. A diferenciação de temperaturas em planos homogêneos pode indicar irregularidades como infiltrações, fissuras etc. Os estudos foram realizados nas fachadas externas de cinco igrejas da RMBH, devido à exposição à luz solar direta. Os registros permitiram a identificação de possíveis causas de danos, bem como a prescrição de pontos críticos nos diversos sistemas das edificações, que servem como aporte investigativo para posteriores análises. Além disso, os diagnósticos comuns das igrejas foram inventariados, dadas as semelhanças tecnológicas adotadas em sua concepção. A termografia mostrou-se uma técnica adequada, uma vez que não demandou nenhum tipo de intervenção física nos edifícios, sendo indicada para estudos similares.

**Palavras-Chaves:** igrejas históricas mineiras; preservação patrimonial; análise não-destrutiva; termografia passiva.

### ABSTRACT

If the occurrence of pathological manifestations is elevated at contemporary constructions, at the old ones the probability is bigger. Secular buildings become susceptible to deterioration over time, whether due to use, design decisions not appropriate to the construction techniques used, lack of maintenance or damage due to inadequate interventions. Structures affected by some type of pathological problem should not be condemned without prior evaluation, since rehabilitation may be feasible. The Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH) has a vast set of churches built between the 17th, 18th and 19th centuries under current guardianship of patrimonial preservation organs. Nevertheless, although some of these buildings are protected, they are in critical condition of conservation. In this context, this article proposes the verification of the efficiency of a preliminary alternative method for the evaluation of the situation of these buildings, with a view to advancing the current technological framework of analysis. A non-destructive technique called thermography was used to identify possible pathological manifestations, which is based on the generation of thermal graphs through the capture of heat irradiated by preheated surfaces. The differentiation of temperatures in homogeneous planes can indicate irregularities such as infiltrations, cracks etc. The studies were conducted on the external facades of five churches of the Metropolitan Area of Belo Horizonte, due to exposure to direct sunlight. The records allowed the identification of possible causes of damages, as well as the prescription of critical points in the various systems of the buildings, which serve as an investigative contribution for further analysis. In addition, the common diagnoses of the churches were inventoried,

given the technological similarities adopted in their conception. The thermography was an adequate technique, since it did not require any type of physical intervention in the buildings, being indicated for similar studies.

**Keywords:** Minas Gerais historical churches; patrimonial preservation; non-destructive analysis; passive thermography.

## 1. INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais possui um vasto conjunto de edificações históricas, muitas delas tombadas ou em processo de tombamento e outras tantas ainda não consideradas como patrimônio material. Dentro deste contexto, este artigo propõe a investigação sobre algumas dessas edificações históricas. Aqui, serão consideradas as igrejas cujas construções datam dos séculos XVII e XVIII, localizadas em cidades que compõem a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Para isso, foram identificados, nos documentos públicos da Arquidiocese de Belo Horizonte<sup>1</sup>, 5 igrejas construídas entre 1690 e 1752.

Em edificações encontram-se diversos fatores que propiciam sua deterioração. Muitos desses fatores estão relacionados à irresponsabilidade do ser humano, sejam dos que as constroem (imperícia e irresponsabilidade de profissionais envolvidos nas etapas de concepção, projeto e execução) ou daqueles que as mantêm (usuários responsáveis pela manutenção da edificação durante sua vida em serviço). Entretanto, muitas das manifestações patológicas, ou seja, problemas apresentados pelas estruturas ou edificações, estão relacionadas ao desgaste natural ou também aos acidentes. Ainda assim, as estruturas acometidas por algum tipo de problema patológico, não devem ser condenadas imediatamente e a possibilidade de reabilitação destas deve ser sempre avaliada considerando-se os devidos cuidados. A reabilitação de estruturas envolve uma série de procedimentos necessários para a restituição dos requisitos de segurança e de durabilidade originalmente previstos, em que uma análise prévia sem causa de danos ao patrimônio pode evitar novas ocorrências (Timerman, 2011; Souza e Ripper, 1998).

Este artigo parte do projeto de extensão conjunto entre a PUC/Minas e a Escola de Arquitetura da UFMG nomeado “Avaliação das manifestações patológicas em Igrejas dos séculos XVII, XVIII e XIX da Região Metropolitana de Belo Horizonte”, que consiste no uso de técnicas contemporâneas de levantamento para verificação das condições das edificações seculares, com o objetivo de reuni-las e analisá-las a partir de um panorama preliminar. No entanto, este texto elenca somente o levantamento termográfico, a fim de propiciar um aprofundamento técnico.

É importante ressaltar que o produto deste estudo terá impacto direto entre os fiéis frequentadores das igrejas participantes do projeto. Indiretamente, toda a população das cidades onde estão localizadas as igrejas será beneficiada com o projeto, uma vez que o conhecimento sobre as condições de conservação do patrimônio construído propiciará a realização de intervenções para reparos e/ou reforços destas. Caso não sejam necessários, ainda assim é importante se conhecer a real situação estrutural e de conservação das igrejas, pois, de posse desses conhecimentos, é possível planejar estratégias para manutenção das edificações.

### 1.1. OBJETIVOS

Os fins deste artigo visam a apresentação da termografia no recorte do uso no patrimônio e a avaliação de sua eficiência nesse contexto. Por meio da identificação e registro das localizações das manifestações patológicas nas igrejas com base em inspeções termográficas, o relatório final tem o objetivo de potencializar o arcabouço técnico vigente de análise das condições dos sistemas dessas antigas edificações.

## 2. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Iniciou-se a pesquisa pelas Igrejas sob supervisão de seus respectivos párocos. Após o contato e solicitação de permissão para atuação, foram feitas visitas em campo para inspeção visual, utilizando métodos não-destrutivos. Posteriormente, foram feitas reuniões com o grupo para analisar os dados coletados e determinação dos pontos das edificações com manifestações patológicas.

### 2.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

No primeiro momento, realizou-se um levantamento histórico e acerca das condições estruturais e de conservação de cada uma das 5 igrejas selecionadas (Figura 01). O levantamento histórico ocorreu com documentações fornecidas pelos órgãos públicos que tangenciam a questão do patrimônio, como o Iphan (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), o Iepha (Instituto Estadual do Patrimônio Histórico Artístico de Minas Gerais) e a Secretaria de Cultura Municipal. Em alguns casos, outras informações foram coletadas diretamente com os párocos responsáveis pelas igrejas e comunidades locais. Parte da identificação das condições estruturais e de conservação dessas edificações foi realizada a partir das visitas às igrejas.

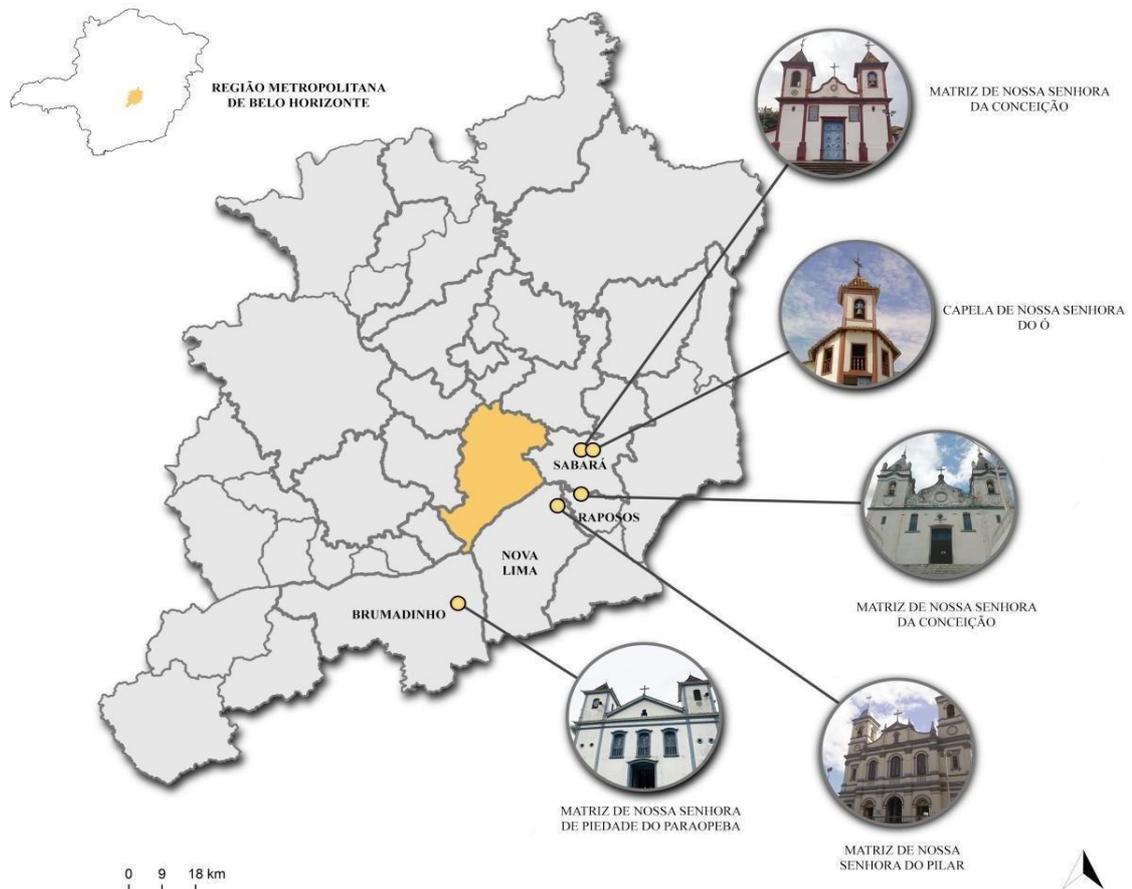


Figura 01: Localização das Igrejas em estudo, ano 2019.

Fonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2019; adaptado.

As igrejas apresentadas são edificações seculares que datam de 1690 a 1752. A Matriz de Nossa Senhora da Conceição de Raposos, considerada uma das primeiras do Estado, originou-se de uma ermida de taipa em 1690. Seu estilo arquitetônico e elementos decorativos remetem a primeira fase do barroco mineiro, decorrente do ‘Estilo Nacional Português’ (Mourão, 1986).

Devido a Capela de Nossa Senhora do Ó, em Sabará, não obter registros históricos acerca de sua construção, o período considerado de seu início data entre 1710 e 1720. A técnica construtiva adotada foi

o pau-a-pique e a taipa, com possíveis modificações que a levaram a um estilo trifacetado, comum na região aurífera de Minas. Embora apresente simplicidade formal no exterior, internamente a igreja apresenta diversos painéis pintados e detalhes de origem oriental (Mourão, 1986).

Erguida entre 1700 e 1710, a Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição da cidade de Sabará, também segue o estilo barroco com configurações diferentes, pois, apresenta naves laterais separadas por colunas, algo incomum para as igrejas setecentistas (Mourão, 1986).

Também surgida de uma capela erguida nas décadas finais do séc. XVII, a Matriz de Nossa Senhora de Piedade do Paraopeba passou por diversas reconstruções, utilizando adobe e madeira, na técnica de pau-a-pique e taipa, mas ainda sob o arcabouço do barroco (Andrade, 2014).

Por último tem-se a Igreja Matriz de Nossa Senhora do Pilar, em Nova Lima. Erguida no final do século XVIII, após transferência da antiga capela na Fazenda Jaguará, onde os retábulos foram esculpido são de autoria de Aleijadinho (Mourão, 1986, e Santos Filho, 2014).

## 2.2. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

A Associação Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos e Inspeção descreve os ensaios não-destrutivos (END) como técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executadas nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção. Métodos desta natureza são vantajosos devido à capacidade de proporcionar dados de possíveis defeitos de determinado produto, sem provocar sua destruição. A termografia é uma técnica que “consiste no imageamento por escalas de cores da percepção da temperatura superficial de um corpo, uma vez que todo corpo com temperatura acima do Zero Absoluto emite radiação térmica” (Figueredo, 2016, p. 42) (Figura 02), devido à agitação térmica de átomos e moléculas dos quais são constituídos.

Este é o produto da propagação de ondas eletromagnéticas que transferem calor de um corpo a outro, mesmo se não existir meio material entre os dois - como é o caso da energia emitida pelo Sol e que chega à Terra. Se esta agitação aumenta, da mesma maneira, maior será a emissão de calor do objeto:

A radiação térmica pode ser emitida nas faixas de ultravioleta, visível, infravermelho e até na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético. Entretanto, para temperaturas típicas encontradas na Terra, a maior parte da radiação térmica é emitida dentro da faixa de infravermelho. (Chrzanowski, 2001, *apud* Marins, 2012, p. 97)



Figura 02: Espectro eletromagnético, ano 2012.

Fonte: Marins

### 2.2.1. TERMOGRAFIA

Dentre os processos utilizados durante a visita de campo para ensaios, tem-se a termografia, sendo apresentada como um “método não destrutivo sem contato de identificação visual do gradiente de temperatura superficial de um corpo em condições ambientais” (Cortizo, 2007, p. 35). Esta também é descrita como um termo genérico, porém que se respalda 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, p. 75, tradução nossa). Tem-se, também, que:

A imagem térmica obtida é o resultado de uma interação muito complexa entre a fonte de aquecimento, o material e a presença ou ausência de defeitos. A taxa de aplicação de

calor e o modo de aquecimento por contato ou por radiação são fatores de grande importância para obter sobre a integridade da estrutura. (Bucur, 2003, p. 76, tradução nossa)

### 2.2.1.1. MÉTODOS PASSIVO E ATIVO

Para a realização dos testes com a referida técnica, encontra-se na literatura dois métodos: o ativo e o passivo. No caso do último, o material é submetido a aquecimento de uma fonte natural, como representado pela Figura 03.

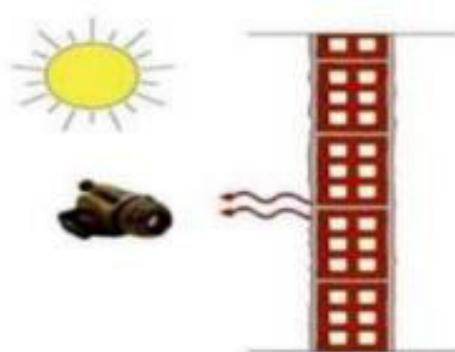


Figura 03: Técnica de termografia passiva, ano 2007.

Fonte: Cortizo

De acordo com Maldague (2001 *apud* Figueredo, 2016, p. 43), a termografia passiva possui características mais qualitativas, pois resulta em indicativos de anormalidades. Em contrapartida, quando se opta pelo processo de indução térmica, há a possibilidade de resultados quantitativos, visto a capacidade de mensurar e controlar aspectos como a fonte térmica, temperatura ambiente e distâncias. Visto isso, percebe-se que em análises de edificações, é mais interessante o uso do método passivo, tanto pela dificuldade de uma fonte artificial capaz de excitar grandes superfícies, quanto pelo risco de deterioração de camadas pictóricas e de revestimento pelo uso exagerado de calor.

Posição relativa – câmera e fonte	Posicionamento da fonte
Mesmo sentido da câmera e fonte	
Sentido oposto da câmera e fonte	

Figura 04: Possibilidades da técnica ativa, ano 2007.

Fonte: Cortizo

Entretanto, se não for possível aquecer o material com fontes exteriores, será necessário aplicar calor com radiadores (termografia ativa), como demonstrado na Figura 04, provocando a elevação da temperatura. A imagem superior representa a captação da transmissão e parcela da reflexão de calor, enquanto a imagem inferior representa a captação somente da transmissão de calor.

Ao realizar o processo de aquecimento, Meinlschmidt (2005) explica que 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. Um defeito na subsuperfície cria uma barreira para o processo de difusão de calor e, portanto, a temperatura da superfície acima da falha diminuirá mais lentamente do que a temperatura em outras regiões. A superfície acima de tal defeito, mostrará um ponto quente por mais tempo, à medida que sua vizinhança abrange um material uniforme. A detecção de defeitos pode levar alguns segundos, ou mesmo alguns minutos ou até horas após o impacto do calor, dependendo do material, da profundidade do defeito e da intensidade de calor.

A fim de analisar a termografia gerada, Maldague (2001 *apud* Cortizo, 2007, p. 53) explica que, na construção civil:

Uma variação de temperatura de 1°C até 2°C (2 a 4 °F) é geralmente um indicativo ou uma suspeição de existência de problemas. A partir de 4°C [...], pode-se afirmar a existência de anormalidade no corpo. Por sua vez Holst (2000) afirma que a diferença de temperatura de aproximadamente 15°C entre o interior e o exterior de uma edificação é suficiente para ver a penetração de água. (Cortizo, 2007, p. 53)

No geral, o método passivo, como descreve Bucur (2003), mostra vantagem por ser capaz de produzir uma distribuição de temperatura por grandes superfícies sem recorrer ao carregamento mecânico do material. Porém, sua desvantagem está em imagens térmicas transitórias e requerem um sistema de gravação rápido para capturá-las durante o teste.

#### 2.2.1.2. SISTEMA DE IMAGEAMENTO TERMAL

A imagem gerada pelo aparelho termográfico é denominada termograma. Para a análise do material deve-se ter conhecimento sobre temperatura, emissividade (quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura), transferência de calor, sobre o sistema de imagens infravermelho e as especificações da câmera utilizada. De acordo com Cortizo (2007), para produzir um bom imageamento deve-se ter cuidado com a distância da câmera ao objeto, no sentido de diminuir a influência do meio na leitura da temperatura do objeto.

Conforme indicado na Figura 05, a imagem gerada pela câmera apresenta um gradiente térmico, que, por sua vez, representa uma escala com as temperaturas da área de captura, sendo este gradiente “calculado a partir da distribuição de temperatura. A aplicação de calor pode ser em um único ponto ou em uma área ampla” (Bucur, 2003, p. 76).

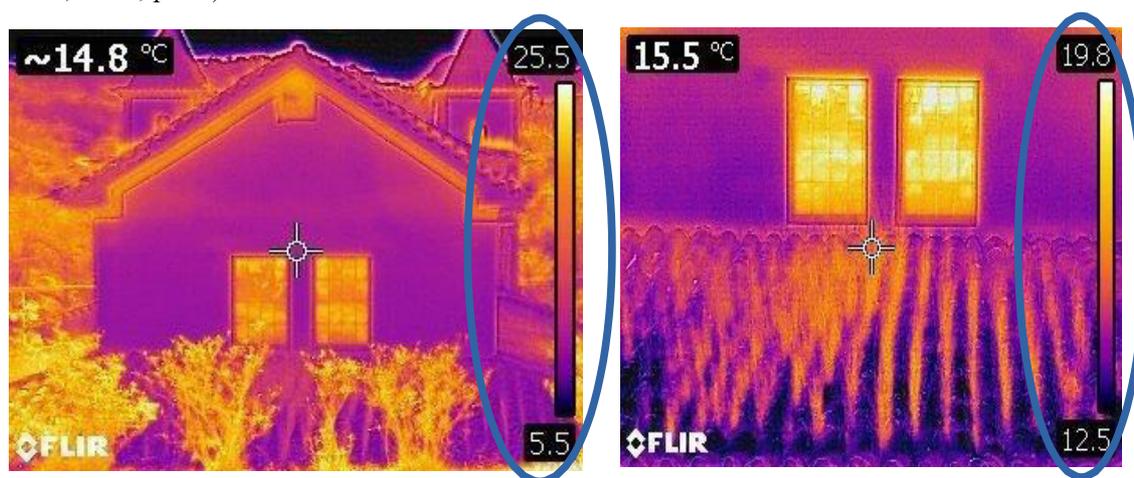


Figura 05: Gradiente térmico em destaque, fundos da Igreja Matriz Nossa Senhora de Piedade de Paraopeba, ano 2018.

Fonte: Autores

### 2.3. METODOLOGIA EM CAMPO

Após a escolha das igrejas a serem estudadas, durante a visita de campo foram anotados os seguintes aspectos ambientais, para compensação de cálculo feita pelo aparelho termográfico: temperatura ambiente (de no mínimo 20°C ao máximo de 26°C), umidade relativa do ar (entre 50% a 69%), distância entre objeto e a câmera (entre 1 a 4m), horário do início dos ensaios (sempre no período da manhã, a partir das 9 horas). Dentre eles, os três primeiros são dados que são inseridos na própria configuração do aparelho termográfico, pois ela realizará os cálculos necessários de compensação e medida da temperatura dos objetos ao qual for apontada. Em todas as visitas foi utilizada a câmera termográfica Flir T450sc, Figura 06, resolução de 320 X 240 pixels, com captura da variação termal em <math><30\text{mK}</math> a 30°C, proporcionando boa varredura termográfica.



Figura 06: Câmera termográfica modelo FLIR T450s<sup>2</sup>.

Fonte: Flir Systems.

Optou-se pela termografia das fachadas, devido à constante radiação causada pelos raios de luz solar direta. A princípio, buscou-se estudar todas as fachadas com registros termográficos e através de inspeções visuais, a fim de se obter um quadro geral das condições dos diversos sistemas. Ao prospectar as regiões destoantes, analisava-se as especificidades, entre a inspeção visual e a termografia correspondente, vide Figura 07. Foram, então, registrados detalhes pontuais para uma maior minúcia no gráfico de temperatura. Por último, as imagens que apresentavam gradiente térmico com grandes diferenças foram introduzidas no software FLIR TOOLS, que produz relatórios e informa os dados inseridos no momento da fotografia, como a taxa de emissividade, entre 0,95 e 0,98 para as fotos apresentadas nos próximos capítulos, de forma a se evitar distorções exorbitantes pela presença de diversos materiais numa única imagem. Assim, o usuário consegue definir pontos aos quais deseja extrair a temperatura exata.

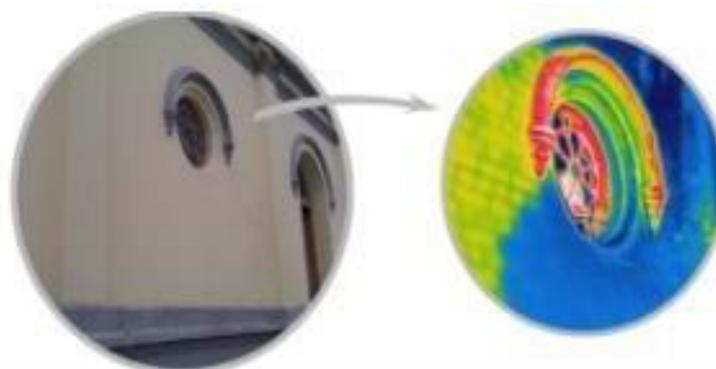


Figura 07: Exemplo de análise específica nas fachadas estudadas, ano 2019.

Fonte: Autores.

---

2 Imagem retirada de: <https://www.flir.com/uploadedImages/Research-Science/Products/T400-Series/flir-t460sc.png>

### 3. RESULTADOS E ANÁLISES

Dentre os aspectos encontrados na visita de campo, destacam-se as manifestações patológicas indicadas na Figura 08. Na Matriz N. Sr.<sup>a</sup> de Piedade do Paraopeba, Figura 08 (a) e (b), é perceptível, no primeiro momento, a existência de diversas fissuras com baixa espessura, mas relativamente grandes em extensão; que em comparação com sua termografia apresentam uma temperatura ligeiramente elevada em relação ao entorno. Outro aspecto envolve as menores temperaturas que tendem a seguir uma faixa acompanhando o alinhamento da janela, provavelmente pela contínua vertente de água de chuva.

Em 08 (c) e (d), na Igreja Nossa Senhora do Pilar, notam-se diversos pontos visíveis de estufamento da pintura devido a presença de umidade. Além disso, os detalhes horizontais em azul, com perda de material, sofrem de intenso deslocamento da camada de pintura, estando sob temperaturas muito altas, podendo perder todo o revestimento em pouco tempo.

Para a Igreja Matriz de Nossa Senhora da Conceição, de Sabará, 08 (e) e (f), observaram-se poucos defeitos relevantes, sendo o frontão a área mais prejudicada. Localizada quase ao meio deste, observa-se uma faixa escura, provavelmente proveniente de escapamento de água pluvial das telhas que ornaram a fachada. Consta-se através do termograma que as duas fissuras logo abaixo do ornamento circular com uma estrela se prolongam em linha reta, até os limites do elemento arquitetônico.

Situado na base da parede, de encontro ao piso de pedra, a base da Matriz de Nossa Senhora do Ó, 08 (g) e (h), apresenta um extenso campo ao longo das paredes com visível bolor e eflorescências ocasionadas pela retenção de água e falta de manutenção para se prevenir tal defeito. Além disso, percebe-se que o crescimento além de longitudinal no sentido do empoçamento, também se prolonga verticalmente. Essa característica tem relação direta com o efeito de capilaridade da terra enquanto material de construção.

Por último, a Matriz de Nossa Senhora da Conceição da cidade de Raposos, 08 (i) e (j), expõe algumas rachaduras que se ramificaram pelo elemento de vedação, permitindo tanto a exposição da camada logo abaixo da pintura quanto o surgimento de outras manifestações patológicas, como o deslocamento do revestimento, eflorescência e outras fissuras menores. Para a região mais concentrada em vermelho, a temperatura chega ao máximo obtido no enquadramento (27°C). Enquanto isso, a área em amarelo engloba fissuras e pequenos estufamentos da pintura.

A Tabela 01 indica uma síntese das manifestações patológicas identificadas pela termografia em todas as igrejas investigadas.

Município	Igreja	Técnicas Construtivas	Manifestações Patológicas
<b>Brumadinho</b>	Matriz de N. Sr. <sup>a</sup> de Piedade do Paraopeba	Adobe e madeira	Infiltração, fissuras, bolor, eflorescência, presença biológica.
<b>Nova Lima</b>	Matriz de N. Sr. <sup>a</sup> do Pilar	Adobe e madeira	Infiltração, bolor, eflorescência, deslocamento, fissuras.
<b>Sabará</b>	Igreja Matriz de N. Sr. <sup>a</sup> da Conceição	Adobe, taipa de pilão e madeira	Bolor, deslocamento, eflorescência, fissuras.
	Capela de Nossa Senhora do Ó	Adobe e madeira	Infiltração, eflorescência, bolor, fissuras.

<p><b>Raposos</b></p>	<p>Matriz de N. Sr<sup>a</sup> da Conceição</p>	<p>Tijolos cerâmicos maciços e pedra</p>	<p>Infiltração, deslocamento, bolor, eflorescência, fissuras.</p>
-----------------------	---	--	---

Tabela 01: Igrejas históricas mineiras e manifestações patológicas flagrantes, ano 2019.

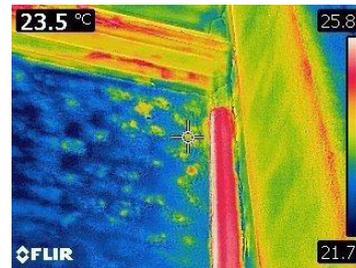
Fonte: IPHAN, Prefeitura de Brumadinho, adaptado.



(a)



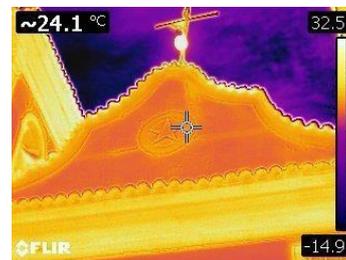
(b)



(c)



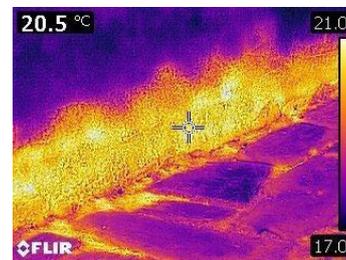
(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

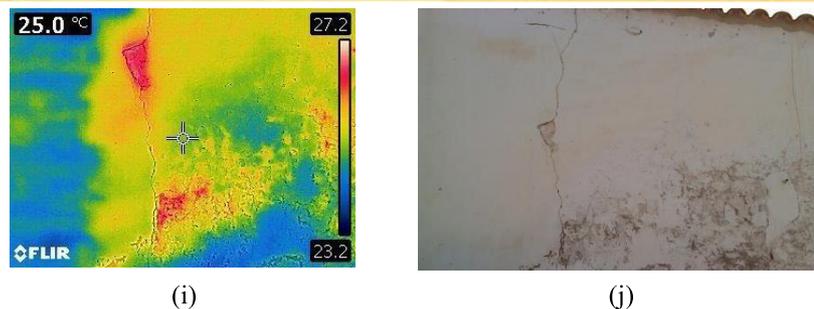


Figura 08: Detalhes termográficos e das fachadas das igrejas estudadas, ano 2018.

- a) Matriz N. Sr.<sup>a</sup> de Piedade do Paraopeba: fachada principal - termográfica
- b) Matriz N. Sr.<sup>a</sup> de Piedade do Paraopeba: fachada principal - inspeção visual
- c) Igreja N. Sr.<sup>a</sup> do Pilar: lateral direita - termográfica
- d) Igreja N. Sr.<sup>a</sup> do Pilar: lateral direita - inspeção visual
- e) Igreja Matriz N. Sr.<sup>a</sup> da Conceição: fachada principal - termográfica
- f) Igreja Matriz N. Sr.<sup>a</sup> da Conceição: fachada principal - inspeção visual
- g) Matriz N. Sr.<sup>a</sup> do Ó: lateral esquerda - termográfica
- h) Matriz N. Sr.<sup>a</sup> do Ó: lateral esquerda - inspeção visual
- i) Matriz N. Sr.<sup>a</sup> da Conceição: fachada dos fundos - termográfica
- j) Matriz N. Sr.<sup>a</sup> da Conceição: fachada dos fundos - inspeção visual

Fonte: Autores

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Região Metropolitana de Belo Horizonte possui um vasto acervo de Igrejas do período colonial brasileiro. Embora tutelados por órgãos de proteção ao patrimônio, seja no âmbito municipal, estadual ou federal, muitos dos edifícios encontram-se em situação de degradação, devido a ações do tempo, uso inadequado, falta de conservação, falhas técnicas em intervenções etc. A demanda por intervenções, tanto no âmbito da conservação quanto do restauro, é, em muitos casos, urgente.

É possível observar que as manifestações patológicas ocorrentes em todas as igrejas estudadas foram semelhantes umas às outras, salvo exceções pontuais. Mesmo sendo identificações superficiais, parte da análise pelo método não-destrutivo escolhido permitiu distinguir outras áreas afetadas pelos defeitos. No que diz respeito às condições de conservação das alvenarias e estruturas em terra, grande parte dos problemas têm relação direta com a presença de umidade. Embora higroscópica, a terra crua, no contexto da construção civil, tem sua durabilidade afetada pela ação da água. Devido ao perfil bioclimático brasileiro, esse tipo de construção demanda proteções contra as ações das intempéries, como, por exemplo, o uso de grandes beirais. Esse tipo de solução arquitetônica não fazia parte do imaginário do período colonial, uma vez que as construções seguiam tendências europeias e, portanto, não demandavam adequações ao clima tropical. Com o passar do tempo, a arquitetura colonial aderiu às proteções, minimizando alguns dos problemas (Minke, 2015; Mendes, Veríssimo e Bittar, 2011).

Compreendendo a natureza do instrumento utilizado, entende-se que o método figura como adequado para a captura de um panorama preliminar de análise das condições de conservação dos edifícios. Apesar de se limitar às irradiações superficiais, os termogramas foram precisos ao indicar a presença de umidade, rastros não visíveis de fissuras, camadas do acabamento em deterioração etc. Cabe ressaltar que grande

parte das manifestações analisadas nos termogramas podem ser visualizadas, também, a olho nu. Entretanto, a acurácia e a evidenciação do comportamento dos materiais são alcançados pela termografia.

Somado a isso, sendo um método não-destrutivo, a termografia mostra-se, no contexto do patrimônio cultural, benéfica. Conclui-se que o instrumento de análise utilizado tem grande potencial para a fase de levantamento e análise de manifestações patológicas em edificações com as mesmas características, sendo seguramente indicado para estudos similares.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, ao Departamento de Tecnologia da Arquitetura, do Urbanismo e do Design da Universidade Federal de Minas Gerais e à Arquidiocese de Belo Horizonte pelo apoio ao desenvolvimento desta investigação.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção (ABENDI). nd “Ensaios Não Destrutivos e Inspeção” Acessado em 07 nov. 2017. Acesso <http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=709&c=17&s=&friendly=>

Andrade, Bernardo Alves de Brito. 2014. “Igreja Matriz de Nossa Senhora da Piedade Distrito de Piedade do Paraopeba Brumadinho/MG: Subsídios Históricos para o Projeto de Restauração”. 52f. Ouro Preto, Minas Gerais. 2014.

Bucur, Voichita. 2003. *Nondestructive Characterization and Imaging of Wood*. Springer-Verlag, New York.

Cortizo, Eduardo Cabaleiro. 2007. *Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em Edificações do Patrimônio Histórico*. 178f. Tese (Pós-graduação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

Figueredo, César Augusto Silvino. 2016. *Avaliação de ligações em madeira em estruturas de coberturas antigas por técnica termográfica*. 2016. 83f. Tese (Pós-graduação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Flir Systems. 2009. Manual do utilizador. São Paulo: Flir Systems.

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Consulta ao Arquivo Noronha Santos. Acessado em 05 de março de 2018. Acesso [http://portal.iphan.gov.br/ans.net/tema\\_consulta.asp?Linha=tc\\_belas.gif&Cod=1424](http://portal.iphan.gov.br/ans.net/tema_consulta.asp?Linha=tc_belas.gif&Cod=1424)

\_\_\_\_\_. Consulta ao Arquivo Noronha Santos. Acessado em 05 de março de 2018. Acesso [http://portal.iphan.gov.br/ans.net/tema\\_consulta.asp?Linha=tc\\_belas.gif&Cod=1419](http://portal.iphan.gov.br/ans.net/tema_consulta.asp?Linha=tc_belas.gif&Cod=1419)

Marins, Antônio Paulo de Oliveira, Melo, Rômulo Assis da Silva, Andretti, Gabriel Félix. 2012. “Termografia na inspeção preditiva”. *Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense* v. 2, n. 1, 95-99, 2012. ISSN Impresso: 2179-6971.

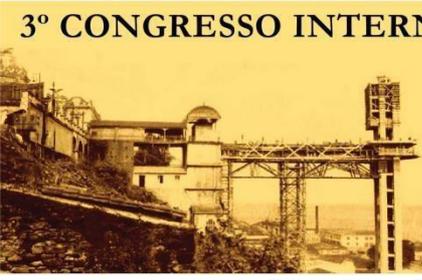
Meinlschmidt, Peter. Thermographic detection of defects in wood and wood-based materials. 14th International Symposium of nondestructive testing of wood, Hannover, Alemanha, p. 1-7, 2 maio 2005.

Mendes, Chico; Veríssimo, Chico; Bittar, William. *Arquitetura no Brasil: de Cabral a Dom João VI*. 2011. Imperial Novo Milênio, Rio de Janeiro.

Minke, Gernot. *Manual de Construção com Terra: uma arquitetura sustentável*. 2015. B4 Editores, São Paulo.

Mourão, Paulo Kruger Correa. 1986. “As Igrejas Setecentistas de Minas”. Série Reconquista do Brasil. Itatiaia Limitada. Belo Horizonte.

Prefeitura de Brumadinho. 2011. “*Dossiê De Tombamento Paróquia De Nossa Senhora Da Piedade*”. Secretaria Municipal De Turismo e Cultura. 224f.



Santos Filho, Olinto Rodrigues dos. 2014. “*A Capela da Fazenda da Jaguará e o Mestre Aleijadinho*”. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Acessado em 05 de março de 2018. Acesso <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/19-11-2014%20Artigo%20%E2%80%93%20A%20Capela%20da%20Fazenda%20da%20Jaguará%20e%20o%20Mestre%20Aleijadinho.pdf>

Souza, Vicente Custódio Moreira, Ripper, Thomaz. 1998. “*Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*”. São Paulo: Pini.

Timerman, Júlio. 2011. “*Reabilitação e Reforço de Estruturas de Concreto*”. In: ISAIA, Geraldo Cechella. (Ed.). *Concreto: Ciência e Tecnologia*. São Paulo: IBRACON, 2011. p. 1175-1209.