Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018

Abril de 2018

ANALISE TERMOGRÁFICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS. ESTUDO DE CASO: INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

G. NUNES
Engenheira Civil
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Rio Grande do Sul
gabi14nunes@hotmail.com

L. SILVESTRO
Engenheira Civil
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Rio Grande do Sul
laurasilvestro@ymail.com

I. L. SANTOS
Engenheiro Civil
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Rio Grande do Sul
iago.lopes.santos@gmail.com

A. B. MASUERO
Engenheira Civil, Dra.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, Rio Grande do Sul
angela.masuero@ufrgs.br

RESUMO

Os prédios históricos, em sua maioria, sofrem com a ação de diferentes fatores de degradação, ocasionando manifestações patológicas em seus elementos e sistemas, oriundas de diversas causas. O prédio do Instituto de Ciências Básicas da Saúde – ICBS, pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre/RS, é igualmente, afetado por manifestações patológicas. O presente estudo busca identificar os principais problemas existentes na edificação, através da observação das fachadas com o uso de uma câmera termográfica. A termografia de infravermelho corresponde a um método de ensaio não destrutivo que permite, dentre outras aplicações, delimitar fissuras e regiões de umidade e a identificação de heterogeneidades superficiais através das diferenças de temperatura. Para a pesquisa foi utilizada a câmera FLIR T para o levantamento das manifestações patológicas nas fachadas da edificação e foi empregada a termografia passiva, em que a diferença de temperatura entre a amostra e o meio em que se encontra é natural. Todos os ensaios deste estudo foram realizados no período da tarde por serem encontradas as maiores diferenças de temperaturas superficiais nas fachadas. Com a análise das imagens foi possível identificar prováveis manifestações patológicas relacionadas a diversos fatores, como umidade ascensional, umidade acidental, umidade de infiltração, fissuração e descolamento.
Palavras-chave: Edificações históricas. Patologia. Termografia.

ABSTRACT

The historical buildings, in the most cases, suffer with the action of different factors of degradation, causing pathologies in his elements and systems, originating from several causes. The building of Instituto de Ciências Básicas da Saúde – ICBS, in the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localized at Porto Alegre in Brazil, equally, is affected by pathological demonstrations. The present study looks to identify of the main problems presented in the construction, through the observation of your facades using a thermographic camera. The infrared thermography corresponds to a test method not destructive what allows, among other applications, to delimit cracks and regions of moisture and the identification of surface heterogeneities through differences of temperature. For this research, the camera FLIR T was used to find the pathological demonstrations in the facades of the construction and there was employed the passive thermography, in which the temperature difference between the sample and the environment is natural. All the tests of this study were realized in the period of the afternoon, when the biggest differences were found in the superficial temperatures of the facades. The analysis of the images enabled to identify some probable pathological demonstrations related to several factors, like moisture will, unintentional moisture, moisture' infiltration, cracking and detachment.
Key words: Historical buildings. Pathology. Thermography.

1. INTRODUÇÃO

As edificações compõem o cenário urbano e são locais de desenvolvimento de quase todas atividades humanas. As fachadas possuem um importante papel estético no ambiente em que estão inseridas e sua degradação pode afetar consideravelmente a aparência e causar danos à edificação, sendo os revestimentos os elementos que inicialmente são atingidos (SEGAT, 2005).

A ocorrência de manifestações patológicas em edificações pode ter diversas origens, desde nos projetos e escolha de materiais impróprios, quanto na execução da construção, na utilização e funcionamento das mesmas. Além disso, fatores relacionados ao clima, poluição atmosférica, uso incompatível com a finalidade para a qual foi projetada, modificações no entorno, vandalismo, alterações inadequadas e eventos da natureza, podem provocar degradações que colocam em risco, a integridade da construção, sua salubridade e, por consequência, o bem-estar de seus usuários, além das perdas relacionadas ao seu valor histórico e artístico (PINTO *et al*, 2014).

As construções requerem trabalhos regulares de manutenção afim de garantir a preservação dos seus elementos constituintes, e assim sua durabilidade. Contudo, infelizmente tais ações nem sempre são realizadas, especialmente em edificações públicas mais antigas, da qual faz parte o prédio histórico que abriga o Instituto de Ciências Básicas da Saúde – ICBS, pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na cidade de Porto Alegre / RS.

A edificação foi escolhida como objeto dessa pesquisa por não existir nenhum estudo sobre a degradação sofrida ao longo dos anos e com o intuito de contribuir não apenas na identificação de possíveis anomalias, bem como com informações que colaborem para um futuro planejamento de intervenção e com sua conservação. Não obstante, levando em consideração a relação intrínseca do ser humano com o espaço em que está inserido, seja através da funcionalidade e requisitos de desempenho para a edificação, seja com o estímulo de estados emocionais dados pela aparência estética do prédio, pode-se almejar ainda uma melhoria na efetividade e eficiência das atividades desenvolvidas pelos alunos, professores e funcionários que são os usuários do prédio.

Algumas manifestações patológicas são de fácil detecção visual, em especial quando afloram nas superfícies da edificação, contudo existem outras que podem ser ocultas ou apresentar fases não visíveis. Objetivando identificar irregularidades nas fachadas com revestimento de argamassa e identificar inicialmente possíveis manifestações patológicas na edificação alvo desse estudo, se optou pela utilização da análise termográfica, por se tratar de um ensaio não destrutivo que não gera impactos ao patrimônio histórico. Além, das vantagens já citadas, o ensaio não requer realojamento temporário ou movimentação dos residentes ou ocupantes, fornece uma apresentação visual ilustrativa dos resultados e pode mostrar vias de migração da umidade.

2. METODOLOGIA

2.1 Estudo de caso: Instituto de Ciências Básicas da Saúde

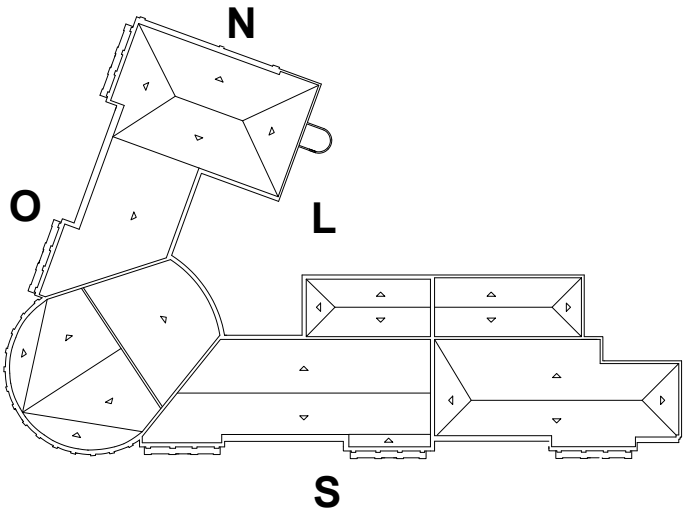
No final do século XIX, tem-se o início da história da atual Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com a fundação das escolas de Farmácia e Química, em 1895, seguidas pela criação da Escola de Engenharia, pioneiras no ensino superior no Estado. As datas são próximas à da inauguração da Faculdade de Medicina, onde atualmente encontra-se o Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS). Sua localização encontra-se nas proximidades do Parque Farroupilha, na esquina da Rua Sarmento Leite com a Avenida Engenheiro Luiz Englert na cidade de Porto Alegre no estado do Rio Grande do Sul. Sua utilização e ocupação é como centro de ensino, pesquisa e extensão nas áreas básicas da saúde, responsável pelo curso de graduação em Biomedicina da Instituição e por seis Programas de pós-graduação: Fisiologia, Bioquímica, Neurociências, Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Química da Vida e Saúde e Farmacologia e Terapêutica.

O edifício escolhido para o estudo foi projetado pelo arquiteto Theodor Wiederspahn em 1912, tendo sido iniciada sua execução por Rudolph Ahrons e terminada por Augusto Sartori. As obras iniciaram em 1913, no

local do antigo Circo de Touradas da cidade. No ano de 1914, a obra foi paralisada por conta da crise provocada pela Primeira Guerra Mundial, ficando estancada até 1919, quando, graças a um empréstimo do Governo do Rio Grande do Sul, foi retomada pela Secretaria de Obras do Estado. O sistema construtivo utilizado foi o de paredes portantes em alvenaria de tijolos maciços, assentadas em fundação de pedra, como tipicamente era pratica utilizada na época.

O ICBS, atualmente, é composto de três níveis de piso e por sete fachadas diferentes. Na figura 1 é apresentada a planta de cobertura que traz uma ideia da extensão das fachadas, em argamassa, bem como a nomenclatura para a identificação das fachadas da edificação.

Figura 1 - Planta de cobertura do Instituto de Ciências Básicas da Saúde



Fonte: Setor de Patrimônio Histórico – SUINFRA - UFRGS

Todas as fachadas da edificação de estudo foram analisadas e nos resultados dessa pesquisa serão apresentadas as imagens mais representativas das possíveis manifestações que foram encontradas e as que se mostraram mais recorrentes. Para se ter uma ideia geral das fachadas as figuras 2, 3, 4 e 5 mostram fotografias das fachadas norte, leste, oeste e sul respectivamente.

Figura 2 - Fachada Norte do ICBS



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 3 - Fachada Leste do ICBS



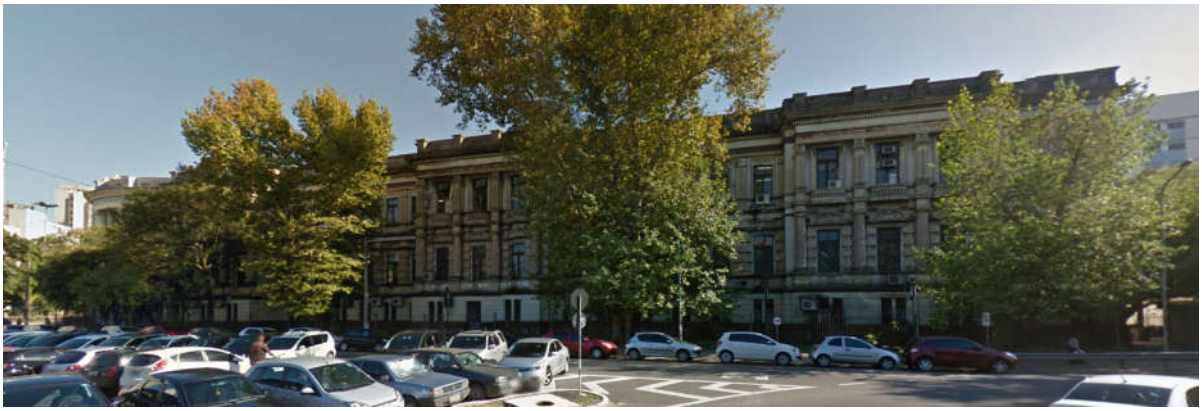
Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 4 - Fachada Oeste do ICBS



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 5 - Fachada Sul do ICBS

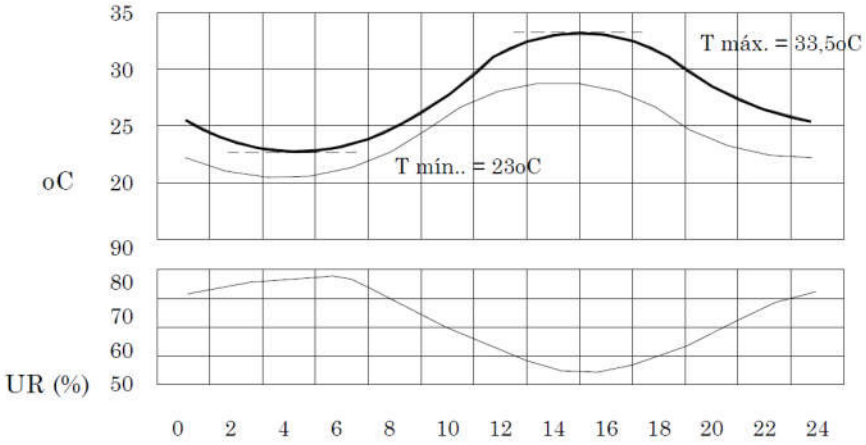


Fonte: Elaborada pelos autores.

As condições climáticas exercem grande influência na durabilidade dos revestimentos de fachadas. Fenômenos climáticos como chuva, vento, insolação e combinados com altas variações térmicas, podem impactar diretamente no desempenho dos elementos construtivos que envolvem as edificações e assim no seu tempo de vida útil. Esses impactos podem ir desde um dano estético sem maiores riscos, passando por fissuras, infiltrações e manchamentos mais acentuados, chegando até aos casos mais críticos de descolamentos e desplacamentos dos revestimentos. A maioria das manifestações patológicas são associadas a temperatura, sendo assim, técnicas que avaliam a temperatura superficial dos objetos justificam a sua importância. (BARREIRA, 2004)

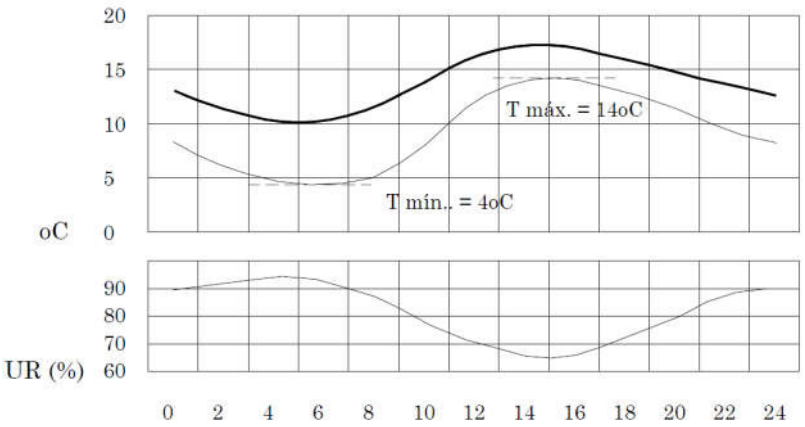
Analisando as condições climáticas nas quais a edificação está inserida, segundo dados fornecidos pela da Prefeitura de Porto Alegre, o clima da cidade é subtropical úmido, com uma temperatura média anual de 19,5°C. As temperaturas extremas podem variar de 40,7°C a -2,4°C, e a umidade relativa do ar média é de 75,9% (MASCARÓ, 2009). Na cidade, ocorrem variações bruscas de temperatura, que podem ser observados nas figuras 6 e 7, as quais mostram a variação de temperatura e a umidade relativa do ar de um dia típico de verão e de um dia típico de inverno, respectivamente. Sendo assim, verifica-se que a cidade possui uma grande amplitude térmica diária. No contexto da radiação solar em Porto Alegre, a fachada norte recebe menos insolação no inverno, enquanto a fachada sul recebe pouca insolação o ano todo. Já as fachadas leste e oeste têm grande incidência solar (LERSCH, 2003).

Figura 6 - Temperatura e umidade relativa do ar em dia típico de verão em Porto Alegre



Fonte: Sattler, 1989.

Figura 7 - Temperatura e umidade relativa do ar em dia típico de inverno em Porto Alegre



Fonte: Sattler, 1989.

Com o objetivo de contribuir para a investigações das possíveis manifestações patológicas a fim de embasar futuras intervenções e manutenções que serão planejadas pela Secretaria do Patrimônio Histórico e Cultural da UFRGS o estudo utilizou a técnica não destrutiva da análise termográfica cujos parâmetros e método serão descritos a seguir.

2.2. Ensaio de Termografia

A metodologia utilizada foi o registro de imagens de todas as fachadas e seus elementos através da termografia infravermelha, que é um ensaio não destrutivo utilizado para registrar a temperatura superficial dos elementos. Segundo Sherpard (2007) a termografia é um ensaio que se baseia na perturbação do fluxo de calor que produz desvios na distribuição da temperatura superficial do objeto que são captadas por equipamentos termográficos que são capazes de gerar imagens com cores diferentes para diferentes temperaturas identificadas. Ainda Cortizo (2007) traz que a termografia é a percepção de temperatura superficial de um corpo, considerando que todo corpo com temperatura acima de -273°C emite radiação térmica.

A termografia de infravermelho corresponde a um método de ensaio que permite, dentre outras aplicações, delimitar fissuras e regiões de umidade e a identificação de heterogeneidades superficiais. É considerada uma técnica superficial visto que apenas as anomalias superficiais podem ser facilmente identificadas (BAUER e PAVÓN, 2015), desta forma, sua aplicação no levantamento de manifestações patológicas em fachadas se torna viável. Seu funcionamento se dá através da coleta de imagens termográficas, que correspondem à distribuição de temperatura sobre a superfície analisada, sendo que, diferentes comportamentos térmicos podem ser interpretados como anomalias presentes nas edificações.

Para a realização desse estudo foi utilizada a câmera FLIR T para a investigação das manifestações patológicas nas fachadas da edificação e foi empregada a termografia passiva, em que a diferença de temperatura entre a amostra e o meio em que se encontra é natural. Todos os ensaios deste estudo foram realizados no período da tarde pois, conforme verificado por Freitas, Carasek e Cascudo (2014), é neste período em que existem as maiores diferenças nas temperaturas superficiais, o que resulta em isotérmicas mais claras. A figura 8 mostra o equipamento utilizado na realização do ensaio, a câmera termográfica FLIR T. Ela opera em uma faixa de temperaturas que varia entre -20°C e 1200°C e possui uma mira a laser que auxilia identificar o ponto do objeto que está sendo analisado.

Figura 8 - Câmera termográfica, FLIR T



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para que as medições de temperatura fossem feitas com precisão, parâmetros como a temperatura aparente refletida, a emissividade da superfície, a distância entre o equipamento e o objeto, a umidade relativa e a temperatura da atmosfera foram inseridos na câmera termográfica. A câmera termográfica capta os raios infravermelhos e utilizando os parâmetros de entrada, dá como resposta a temperatura superficial do objeto. Alguns destes parâmetros serão mais bem explicados nos subitens a seguir.

2.2.1 Temperatura aparente refletida

A temperatura aparente refletida é um parâmetro utilizado para compensar a radiação do ambiente que é refletida pelo objeto para o equipamento do ensaio. Para a determinação deste parâmetro, o manual do equipamento recomenda dois métodos. Neste estudo foi adotado o método refletor, cujas etapas são:

- amassar uma folha de papel alumínio;
- desamassar a folhar e coloca-la sob um pedaço de papelão de mesmo tamanho;
- colocar o papelão na frente da superfície que se deseja medir atentando para que o lado com o papel alumínio fique voltado para a câmera;
- regular a emissividade da câmera para o valor de 1,0 e medir a temperatura do papel alumínio.

Dessa forma o valor de temperatura encontrado corresponde à temperatura aparente refletida.

2.2.2 Emissividade da superfície

A emissividade é um parâmetro adimensional que relaciona a quantidade de energia irradiada por um corpo e a que seria emitida por um corpo negro, com a mesma temperatura e comprimento de onda (NBR 15424:2006). Determina o quanto da radiação se origina do objeto em relação a radiação refletida por ele, sendo assim, superficies altamente reflexivas de calor possuem baixa emissividade. Superficies extremamente polidas como espelhos, possuem emissividade menor do que 0,1 enquanto que tintas a base de óleo possuem grandezas superiores a 0,9; sendo que para a maioria dos materias de construção os valores também se encontram proximos desse valor. O equipamento utilizado para esse ensaio opera com a faixa de emissividade entre 0,1 a 1,0.

Embora existam tabelas com valores de emissividades para determinados tipos de materiais, para a determinação deste parâmetro, o manual do equipamento utilizado neste estudo recomenda a realização dos seguintes procedimentos:

- determinar e definir a temperatura aparente refletida através do procedimento descrito anteriormente;
- buscar uma área do revestimento da fachada que não apresente som cavo e que não tenha umidade aparente;
- colocar um pedaço de fita isolante eletrica com emissividade conhecida sobre a superfície descrita anterioemente;
- esperar alguns minutos para que a temperatura da fita se iguale a da superfície;
- focar em auto ajuste a câmera mirada na fita;
- informar a emissividade da fita à câmera (normalmente 0,97);
- medir a temperatura da fita e anotar;
- mover a câmera para a superfície a ser medida e ajustar a emissividade até que se verifique a mesma temperatura medida sobre a fita.

Este valor de emissividade encontrado corresponde ao do material constuinte da superfície.

2.2.3 Distância entre o equipamento e o objeto

Este parâmetro é utilizado para compensar a radiação da superfície que é absorvida pela atmosfera e a radiação da própria atmosfera que é detectada pela câmera.

3. RESULTADOS

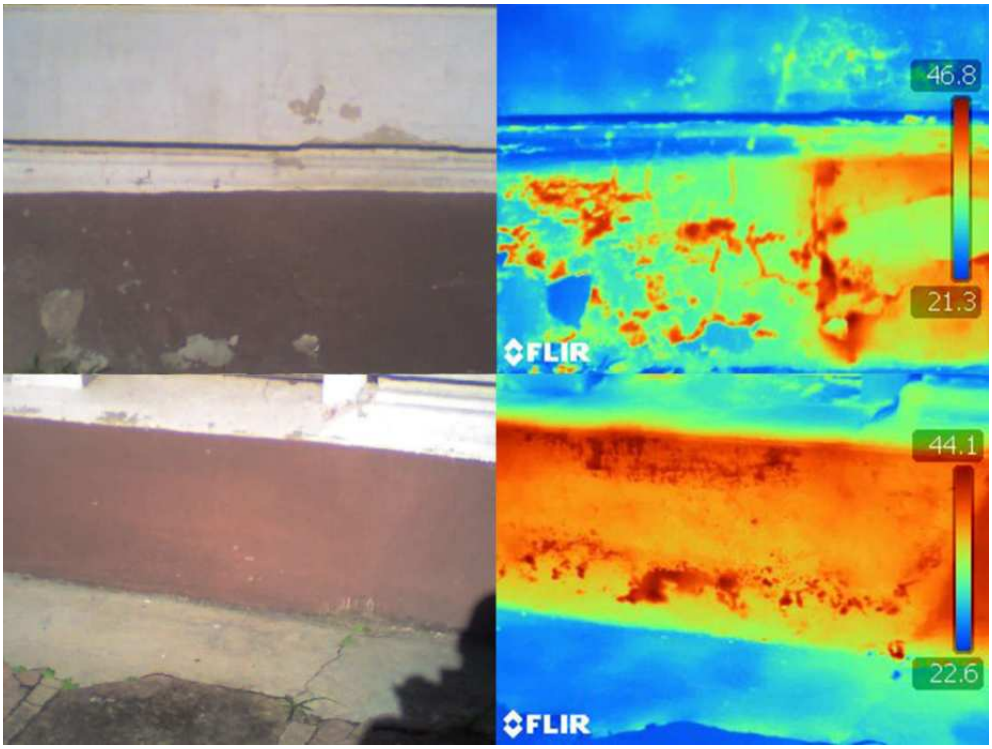
Através da observação das fachadas com o uso da câmera termográfica, foi possível identificar algumas prováveis manifestações patológicas relacionadas a diversos fatores, como umidade ascensional, umidade acidental, umidade de infiltração, fissuração e descolamento. Tais manifestações são possíveis de serem observadas através do equipamento em função das diferentes temperaturas que são captadas, possibilitando identificar elementos e anomalias ocultos na fachada. Como as áreas danificadas possuem propriedades de condução de calor e capacidade térmica diferentes de seu entrono, a radiação dessa área também se apresenta de forma diferenciada, o que torna a manifestação patologica perceptível nas imagens geradas pela termografia.

A análise por meio da termografia permite verificar indícios das manifestações patológicas, e serve como analise inicial para a investigações mais aprofundadas de áreas identificadas com possíveis manifestações patologicas. Sendo considerado um ensaio complementar aos demais testes e observações que devem ser realizados nas fachadas. Ainda, é importante salientar que a investigação termográfica por si só não é totalmente conclusiva, sendo assim nas análises a seguir trazem prováveis manifestações que são visualmente percebidas nas imagens em conjunto com a observação do entorno da edificação.

Devido a extensa área de fachada da edificação de estudo, bem como o elevado grau de degradação constatado através da grande variação termográfica encontrada durante a realização e análise das imagens termográficas, optou-se por apresentar as imagens mais representativas, das areas mais afetadas e os danos e/ou manifestações patologicas que foram encontrados com maior frequencia.

Na figura 9 são apresentadas as imagens de duas áreas onde foram observadas a formação de bolhas e destacamento da camada de pintura no revestimento de argamassa, possivelmente causada pela presença de umidade que pode ser identificada pela diferença de cores mais intensas e avermelhadas na imagem obtida pela câmera termográfica.

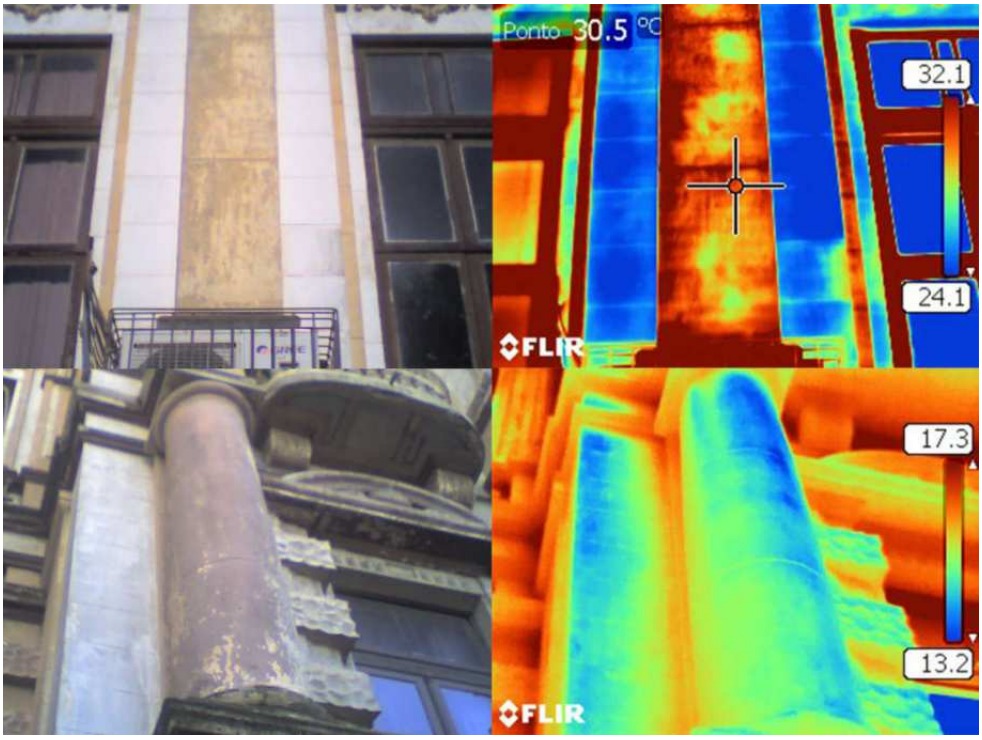
Figura 9 - Formação de bolhas na pintura devido à presença de umidade



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na figura 10, pode-se perceber provaveis descolamentos no revestimento (ainda não destacados) nos elementos que compõe da fachada, devido a diferença de cor mais intensa e avermelhada nessas áreas conforme registro das imagens termográficas.

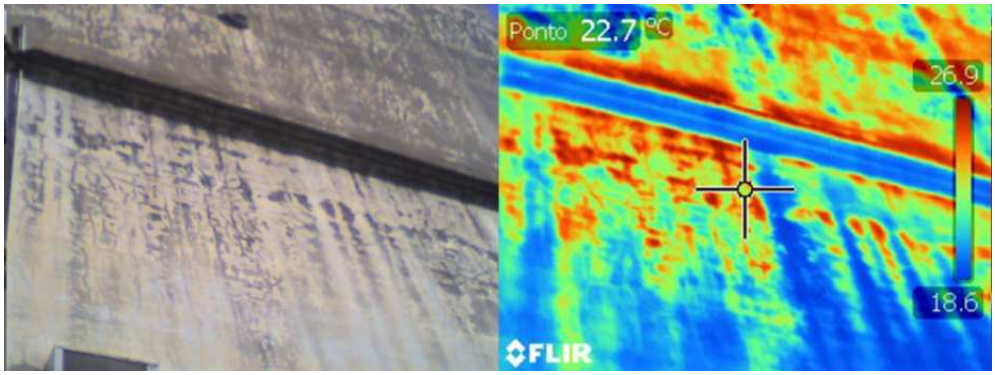
Figura 10 - Provável descolamento do revestimento de elementos da fachada



Fonte: Elaborada pelos autores.

Pela análise da imagem termográfica da figura 11, pode-se perceber alterações significativas de cores. Onde a área com cor mais intensa e avermelhada indica registro de presença de umidade, provavelmente devida a infiltrações no revestimento.

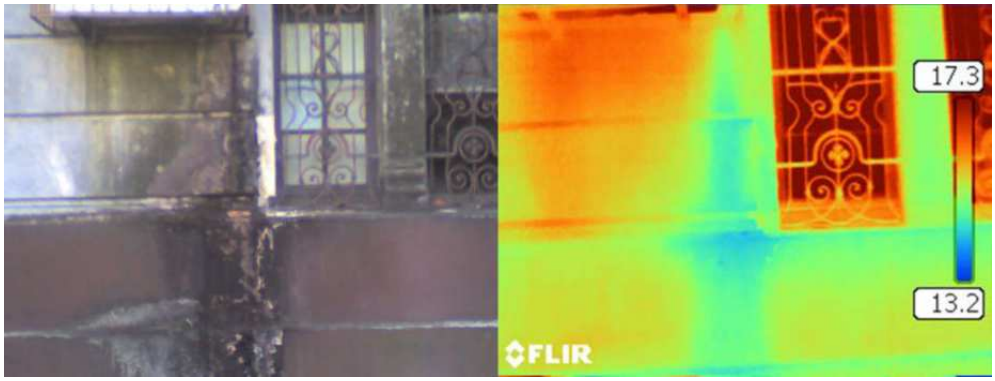
Figura 11 - Provável umidade de infiltração



Fonte: Elaborada pelos autores.

Já na figura 12 são encontradas imagens com evidencias de umidade acidenal provocada pelo vazamento, mal funcionamento ou inexistencia de dreno no sistema de ar condicionado instalado, conforme registro de cores mais frias e azuladas nessas áreas, obtidas pela câmera termográfica.

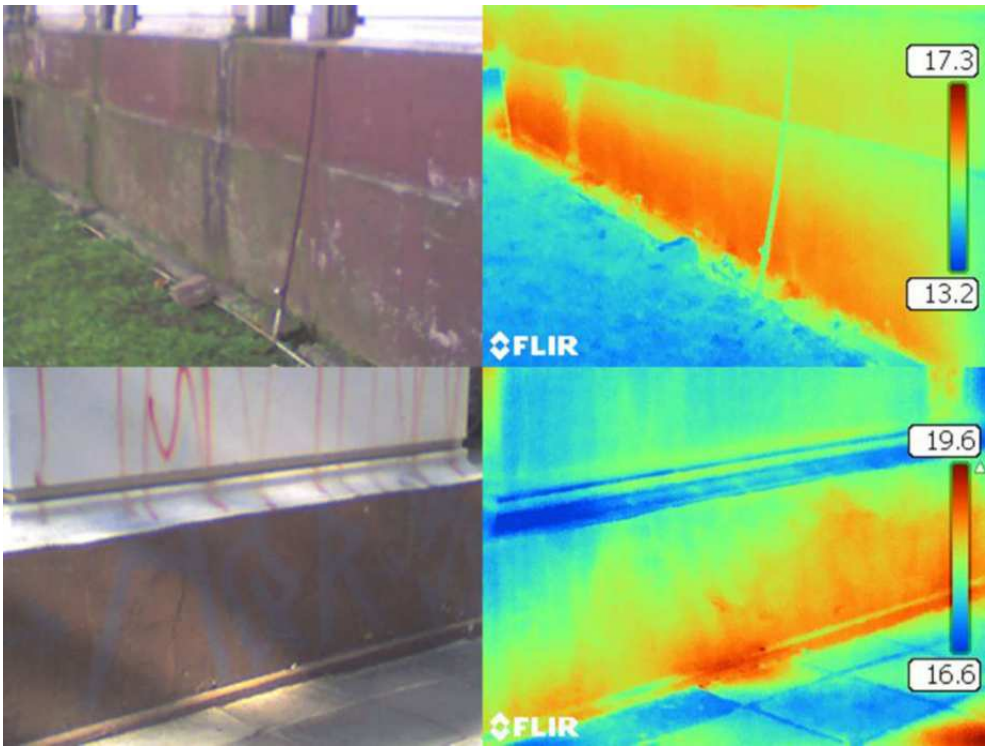
Figura 12 – Registro de umidade acidental devido à presença do dreno do ar condicionado



Fonte: Elaborada pelos autores.

Outra manifestação patologica encontrada com regularidade pode ser percebida através das imagens da Figura 13, obtidas em dois pontos distintos, mas percebidas em quase toda extensão nas areas das fachadas que são proximas ao solo, é a presumível presenca de umidade ascensional, devido a mudança de cores das imagens termográficas.

Figura 13 - Possívell presença de umidade ascensional



Fonte: Elaborada pelos autores.

4. CONCLUSÕES

A análise termográfica foi utilizada para a identificação de manifestações patologicas nas fachadas do prédio historico do Instituto de Ciencias Basicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, atraves da qual pode-se perceber que a termografia aplicada a análise previa e inicial de manifestações patologicas constitui em um ensaio não destrutivo, bastante rápido e que pode ser realizado em edificios em funcionamento.

O ensaio possibilitou detectar a presença de manifestações patologicas, como possivel descolamento de revestimentos, em áreas pouco visíveis, e antes que houvesse a perda de material desses elementos. A inspeção das fachadas da edificação estudada, atraves da termografia, identificou a possivel causa da formação de bolhas e destacamento parcial da camada de pintura devido a presença de umidade nessas áreas. Também foi possivel distinguir nas imagens a ocorrencia de umidade de infiltração, bem como constatar que danos no revestimento devido a ocupação do prédio com a existencia de umidade acidental gerada pelo mal funionamento ou inexistencia de dreno do sistema de ar condicionado instalado na fachada. Ainda pode-se verificar e confirmar a provável presença de umidade ascensional em áreas da fachada que ficam proximas ao solo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura (PPGCI); ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) ; ao Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) e ao Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC) por tornarem este estudo possível.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15424: Ensaios não destrutivos – Termografia – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2006.

BARREIRA, E. S. B. M. **Aplicação da Termografia Ao Estudo Do Comportamento Higrotérmico Dos Edifícios.** Dissertação (Mestrado em Consrução de Edifícios), Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.

BAUER, E.; PAVÓN, E. **Termografia de Infravermelho na Identificação e Avaliação de Manifestações Patológicas em Edifícios. Concreto e Construções: Durabilidade do Concreto - Requisitos de Projeto, Normalização e Execução para Estruturas com Longa Vida Útil**, São Paulo, v. 79, p.93-98, jul. 2015.

CORTIZO, E.C. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnostico de anomalias em edificações**: ênfase em edificações do patrimônio histórico. 2007. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais.

FREITAS, J. G.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Utilização da Termografia Infravermelha para a Avaliação de Fissuras em Fachadas com Revestimento de Argamassa e Pintura**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.14, n.1, p.57-73, jan. 2014.

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2003.

MASCARÓ, L. E. A. R.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana. Urban environment**. 3. Ed. Porto Alegre: Masquatro, 2009. Edição bilíngue: português- inglês.

PINTO, J., GÜLAY, G., VIEIRA, J., MELTEM, V., VARUM, H., BAL, İ., COSTA, A., Save the tabique construction. Structural rehabilitation of old buildings. **Building Pathology and Rehabilitation**. Volume 2. 2014. Springer Berlin Heidelberg. p157-185.

SATTLER, M. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre**. Boletim Técnico, Porto Alegre, CIENTEC, n. 9, 1989.

SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS).** Curso de mestrado na UFRGS 2005.

SERPARD, S.M. **Thermography of Composites.** Materials Evaluation, Julho/2007, p. 690-696, 2007.