XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

UTILIZAÇÃO DE TERMOGRAFIA E DRONE COMO FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO DE FACHADAS – ESTUDO DE CASO

Use of thermography and drone as tools for façade diagnostics and maintenance – case study

MATHEUS LEONI MARTINS NASCIMENTO[1]
[1]Engenheiro Civil, ML Engenharia Diagnóstica, leoni.matheus@gmail.com

RESUMO
A degradação das fachadas é um processo natural e progressivo, que ocorre devido à exposição às intempéries, ausência de manutenção e outros fatores. Neste contexto, a utilização de drone aliado à termografia por infravermelho tem se mostrado uma técnica eficaz para identificação de problemas em fachadas. O objetivo deste trabalho é demonstrar a utilização destas ferramentas, juntamente com a simulação higrotérmica em um edifício em Brasília-DF. Os resultados demonstram que tais ferramentas foram eficazes nas inspeções, sobretudo no que diz respeito a observação de anomalias ocultas. As conclusões indicam que essas ferramentas contribuem nas inspeções e manutenções, reduzindo custos e proporcionando uma análise detalhada.

Palavras-chave: Fachadas. Manutenção. Drone. Termografia por infravermelho. Simulação Higrotérmica.

ABSTRACT
The degradation of building façades is a natural and progressive process, resulting from exposure to weather conditions, lack of maintenance, and other contributing factors. In this context, the use of drones combined with infrared thermography has proven to be an effective technique for identifying façade-related issues. This study aims to demonstrate the application of these tools, along with hygrothermal simulation, on a building located in Brasília, Federal District, Brazil. The results show that these technologies were effective in façade inspections, especially in detecting hidden anomalies. The findings indicate that such tools support inspection and maintenance activities, reducing costs and enabling a more detailed analysis.

Key-words: Facades. Maintenance. Drone. Infrared Thermography. Hygrothermal Simulation.

Como citar:
NASCIMENTO, M. L. M. Utilização de termografia e drone como ferramentas de auxílio ao diagnóstico e manutenção de fachadas – estudo de caso. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

Os revestimentos das fachadas exercem um papel essencial na proteção e no desempenho global das edificações. Além de conferir importância estética ao edifício, as fachadas devem proporcionar proteção em relação aos diversos agentes e também desempenho higrotérmico, acústico e segurança relacionada às ações excepcionais [1]. Tal camada é a mais exposta aos agentes climáticos, dos quais destacam-se a radiação solar, variações térmicas, umidade e ventos [2], [3], [4] e [5]. Com isso, a camada de revestimento atua como uma barreira de proteção em relação aos fatores externos, evitando o surgimento de manifestações patológicas que possam comprometer sua funcionalidade e segurança.

No Brasil, os revestimentos cerâmicos são amplamente utilizados nas fachadas devido ao contexto cultural, além suas características técnicas, como estanqueidade e durabilidade. No contexto de Brasília, cidade em que está inserido o estudo de caso deste artigo tal tipo de revestimento é frequentemente utilizado. Mesmo assim, diversas tipologias de manifestações patológicas são observadas nesta cidade, dos quais destacam-se as fissuras, descolamentos, destacamentos, eflorescências, falhas nas juntas, rejunte e vedação [6].

As manifestações patológicas têm origem pelos mais diversos motivos, tais como: projeto, materiais, execução, uso e/ou manutenção [7]. Com isso, além das etapas iniciais de especificação, projeto, execução e fiscalização adequadas, também se torna imprescindível a aplicação de ferramentas de análise, diagnóstico e de auxílio à manutenção, capazes de avaliar seu comportamento e desempenho ao longo da vida útil. Entre essas ferramentas, destacam-se a simulação higrotérmica e a termografia por infravermelho.

A simulação higrotérmica apresenta-se como um método preditivo essencial para a análise do comportamento dos revestimentos cerâmicos ao longo do tempo, permitindo avaliar a influência de fatores climáticos e das propriedades dos elementos na durabilidade das fachadas [8]. A utilização dessa ferramenta possibilita a identificação de potenciais riscos antes mesmo da manifestação de patologias acontecerem, auxiliando na concepção de soluções mais eficientes para a mitigação de problemas relacionados à umidade, condensação e variações térmicas. Assim, o estudo aprofundado da simulação higrotérmica mostra-se crucial para a implementação de estratégias mais eficazes na prevenção de falhas em revestimentos de fachadas [9].

Já a termografia por infravermelho tem se consolidado como uma tecnologia não destrutiva eficaz na avaliação de fachadas, permitindo a detecção de anomalias térmicas associadas a falhas no revestimento, infiltrações e descolamentos [10]. Essa metodologia possibilita diagnósticos mais precisos e ágeis, contribuindo para a tomada de decisões embasadas na gestão da manutenção predial. O estudo e aprimoramento dessa técnica torna-se então fundamental para expandir sua aplicação na área da patologia das construções, tornando-a uma ferramenta cada vez mais acessível e confiável para a inspeção de fachadas [10] e [11].

Neste contexto o objetivo deste trabalho é demonstrar a utilização dessas ferramentas (drone e termografia), juntamente com o auxílio da simulação higrotérmica por meio de um estudo de caso em Brasília-DF.

METODOLOGIA

DEFINIÇÕES GERAIS

A metodologia deste artigo foi baseada no trabalho desenvolvido por [10] e [12], que comprovaram a efetividade do uso da simulação higrotérmica como forma de definição para os melhores horários para inspeção de fachada com termografia por infravermelho. Neste sentido, destaca-se que o presente trabalho buscou através da simulação higrotérmica definir os melhores horários para inspeções com termografia acoplada ao drone e com isso apresentar resultados obtidos nestes horários determinados. Posteriormente resultados obtidos com a termografia por infravermelho foram comparados com a realização do ensaio de percussão *in loco* através de profissional com rapel pela fachada.

Destaca-se que nos trabalhos que embasaram este artigo a captação dos resultados foi feita através de câmera térmica de mão, enquanto este trabalho realizou as captações através do Drone modelo Mavic 3T, que possui câmera térmica acoplada.

LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo foi uma edificação em Brasília/DF, com as seguintes características:

- Total de pavimentos: 6 pavimentos;
- Idade: 35 anos;
- Orientação da fachada de estudo: Fachada Sul;
- Revestimento: Revestimento de pastilha de porcelana do tipo massa plena, cuja absortância adotada foi de 0,60 de acordo com [13]. Adotou-se uma composição média entre as cores cinza claro e branco.

A Fachada Sul foi escolhida para análise, sendo ainda os locais mais especificamente as 4 (quatro) caixas de escadas denominadas aqui de prumadas 1,2,3 e 4; conforme pode ser observado pelas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Vista geral do edifício.



Fonte: Google Earth [14].

Figura 2 – Vista geral do edifício e nomenclatura dos locais estudados.



Fonte: Autor (2025).

Um dos motivos pela escolha do caso em questão foi o baixo efeito de sombreamentos na fachada como pode ser observado pela Figura 2.

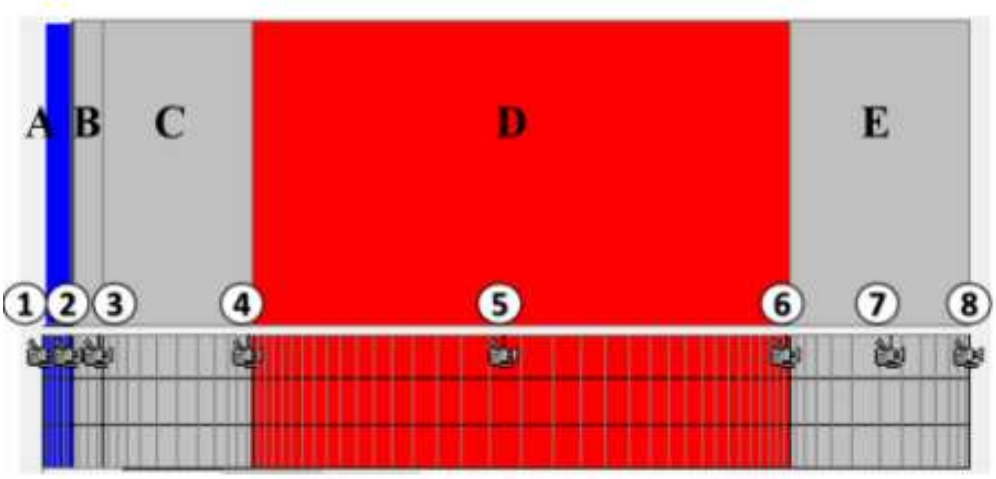
SIMULAÇÃO HIGROTÉRMICA

Para a simulação higrotérmica foi utilizado o Software WUFI® Pro 6.8, cujo nome deriva da expressão alemã Wärme Und Feuchte Instationär, refere-se a um conjunto de programas destinados à simulação higrotérmica, criados pelo Instituto Fraunhofer de Física das Construções, na Alemanha. Tal *software* possibilita a modelagem do transporte de calor e umidade em estado transiente para analisar sistemas construtivos compostos por múltiplas camadas [15].

Para a simulação foi adotado o seguinte sistema construtivo (Figura 3), bem como a utilização de parâmetros dos materiais de acordo com [8]. As camadas listadas são:

- Revestimento de pastilha de porcelana em passa plena - 0,5 cm (camada A);
- Argamassa colante - 0,5 cm (camada B);
- Argamassa de regularização externa (emboço) - 2,5 cm (camada C);
- Bloco cerâmico - 9 cm (camada D);
- Argamassa de revestimento interno- 3,0 cm (camada E);

Figura 3 – Corte esquemático das camadas do sistema construtivo adotado.



Fonte: Adaptado de [9].

As câmeras indicadas na Figura mostram posições em que se pode fazer o monitoramento da temperatura e umidade do sistema. De todo modo, para o estudo em questão foram levados em consideração apenas os resultados de 1 e 4, denominadas aqui como Temperatura superficial da fachada (T_{sup}) e temperatura na interface (T_{mbl}), respectivamente.

Os resultados de T_{sup} e T_{mbl} foram então coletados através da simulação higrotérmica para gerar o Gradiente de temperatura (G_{rev}). Com tal parâmetro é possível ter a quantificação do fluxo de calor, do momento inicial até o seu aquecimento e com isso obter-se os melhores momentos para a inspeção. Quando G_{rev} é positivo o fluxo de calor será para a parte interna, já quando for negativo será para parte externa [12]. O resultado de G_{rev} pode ser obtido através da Equação (1) indicada abaixo:

$$Grev = Tsup - Tmbl \quad (1)$$

Em que:

G_{rev} – Gradiente de temperatura (°C);

T_{sup} – Temperatura superficial da fachada (1) (°C);

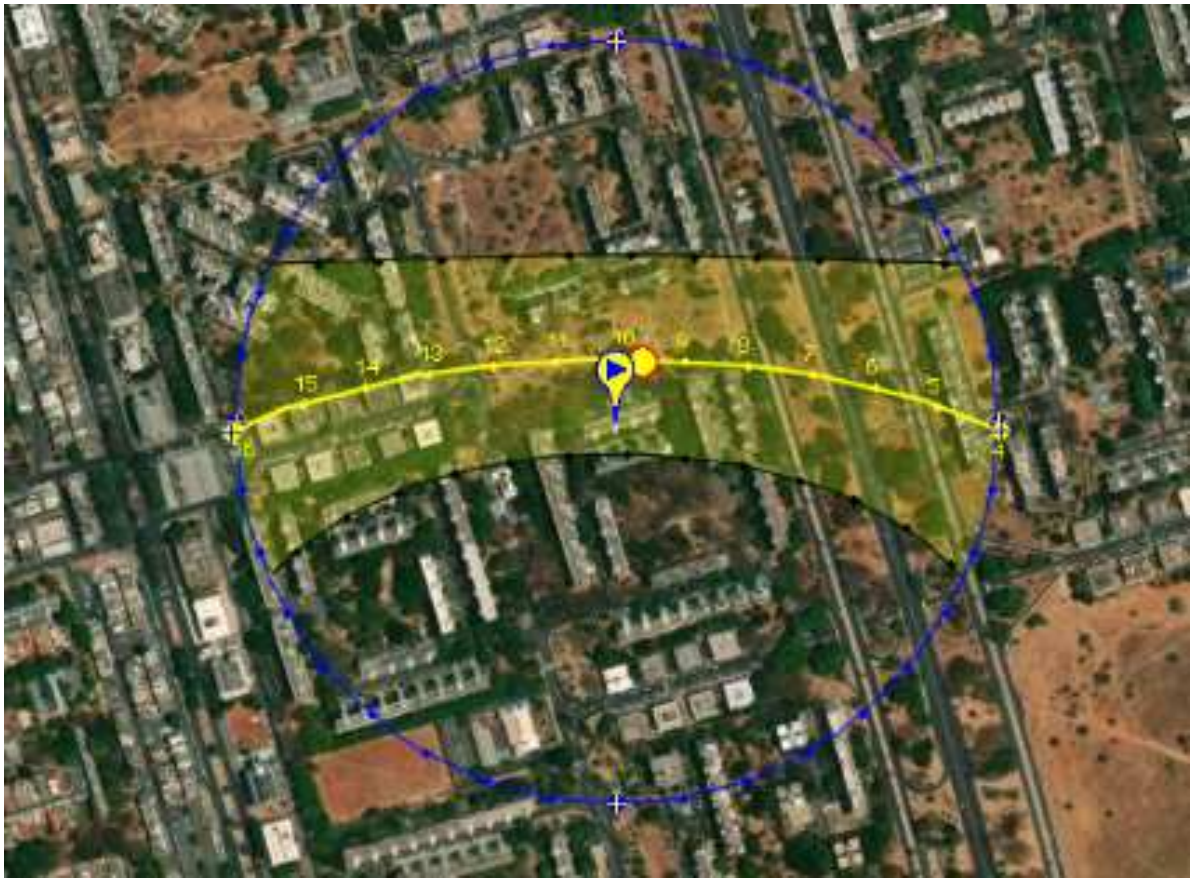
T_{mbl} – Temperatura na interface entre o bloco de alvenaria e argamassa de revestimento (4) (°C).

Com isso, através da simulação higrotérmica foram coletados os dados referentes ao dia completo em que a inspeção foi realizada (25/09/2023). Tal fato foi feito antes da realização da inspeção com utilização da termografia por infravermelho, para que condicionasse os melhores momentos para a aquisição de imagens. De acordo com o estudo de [10] foram evidenciadas anomalias de descolamentos em revestimentos cerâmicos para resultados de G_{rev} acima de 0,6 (positivo). Destaca-se ainda que quanto maior for o gradiente, melhores podem ser as visualizações das anomalias estudadas.

Diante das simulações destaca-se que o objetivo do trabalho não foi o de comparar todas as áreas que apresentaram som cavo pela realização do ensaio de percussão e aquelas apontadas pela técnica de termografia por infravermelho. Até porque, como será demonstrado mais a frente neste artigo as áreas com som cavo foram bastante acentuadas devido a presença de revestimento argamassado com presença de saibro em sua composição. De todo modo, através do comparativo dos gradientes térmicos apresentados pela simulação foi possível ter-se a definição do melhor momento para inspeção da fachada estudada.

Destaca-se ainda que as inspeções com auxílio de drone foram realizadas no dia 25 de setembro de 2023. Em relação a orientação solar de estudo (Fachada Sul), uma das grandes dificuldades é que para Brasília tal orientação praticamente não recebe insolação direta entre os meses de março e outubro, tal dado pode ser obtido através da interpretação da Carta Solar para o local. Por exemplo, para os dias em que o estudo foi realizado nota-se pela Carta Solar que não há presença de radiação direta no local, estando o Sol completamente voltado para a Fachada Oposta (Norte). A obtenção de tal dado pode ser notada pela trajetória da linha amarela apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Carta solar do local estudado para a data de 25/09/2023.



Fonte: Sun Eath Tools [16].

EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA E PARÂMETROS UTILIZADOS

Para as inspeções em campo através da termografia foi utilizado o drone modelo Mavic 3T Enterprise, que possui as seguintes características [17]:

- Resolução térmica: 640x512 pixels;
- Alcance de medição de temperatura: -20° a 150 °C (modo de Alto ganho) e 0° a 500 °C (modo de Baixo ganho);
- DFOV : 61°;
- Comprimento de onda infravermelha: 8 a 14 µm;
- Zoom digital: 28x na câmera térmica e 56x na câmera tele.

Tal equipamento pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Drone modelo Mavic 3T Enterprise.



Fonte: Pix Pro [18]

Em campo, todas as imagens foram captadas a uma distância padrão de 10 metros da fachada. Além do mais foi avaliada a temperatura refletida e emissividade conforme as normas ASTM E1862-97 [29] e ASTM E1933 – 97 [20], respectivamente. Para o valor de emissividade foi medido o valor de 0,84. Os dados da termografia foram então tratados no software DJI Thermal Analysis Tool 3 [21], que é específico para equipamentos da DJI que possuem câmera térmica acoplada.

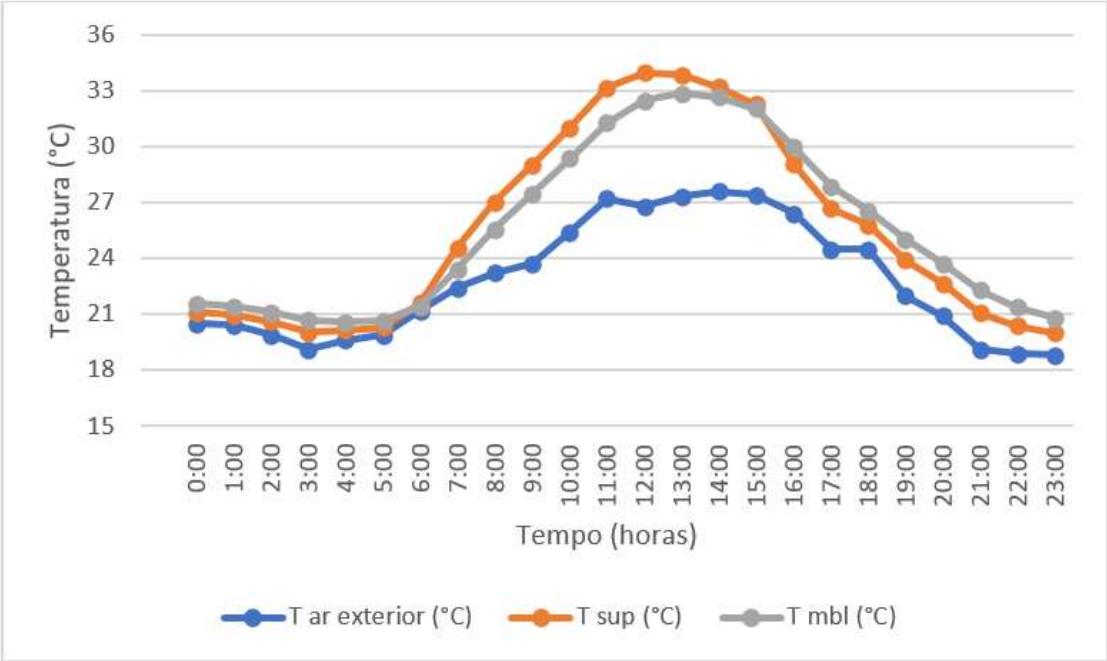
De posse dos resultados da simulação higrotérmica e imagens térmicas, os resultados também puderam ser comparados com determinadas áreas indicadas pelo ensaio de verificação de som cavo, que foi realizado através de alpinista com utilização de martelo tipo pena de 100 g. Para auxílio ao mapeamento, as regiões da fachada que apresentaram som cavo foram demarcadas com auxílio de giz de cera.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente são apresentados os resultados da simulação higrotérmica utilizados como parâmetros para definição dos melhores momentos para inspeção. Pelas Figuras 6, 7 e Tabela 1 podem ser observados os resultados para $T_{ar\text{-}exterior}$, T_{sup} ,T_{mbl} e G_{rev}. Além do mais são

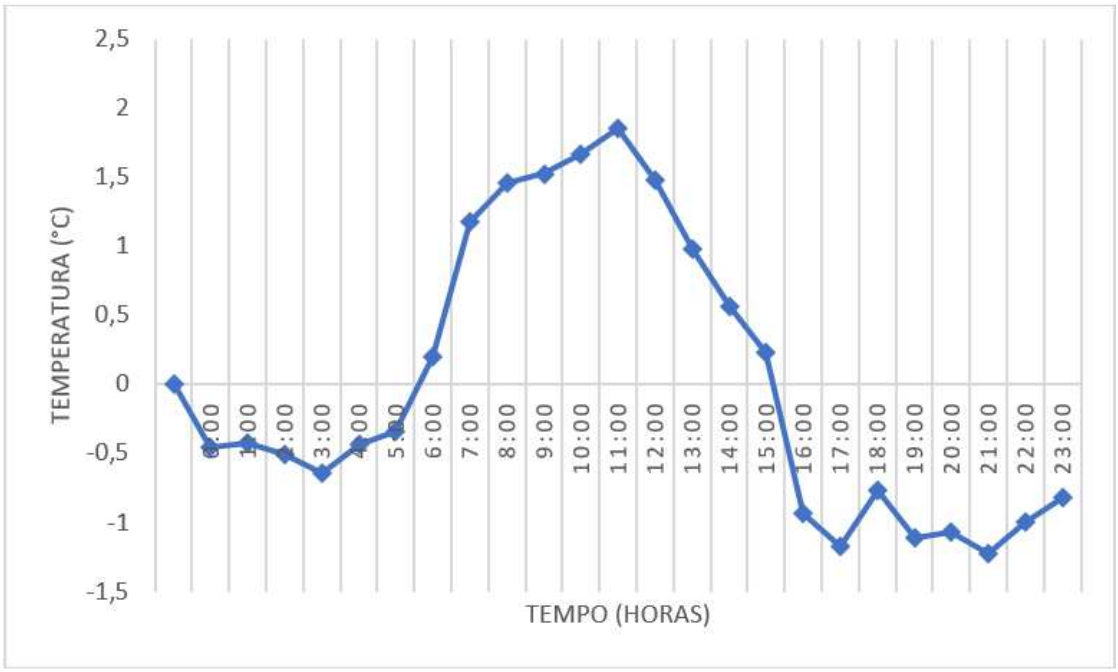
apresentados os resultados para Irradiância global (W/m²) e umidade relativa do dia avaliado também obtidos durante a simulação. Destaca-se que apesar de não receber a parcela de radiação direta de forma significativa para data em questão, a fachada Sul terá influência das outras parcelas de radiação (difusa e refletida).

Figura 6 – Resultados obtidos na simulação para Tar-exterior, Tsup e Tmbl.



Fonte: Autor (2025).

Figura 7 – Resultado do G_{rev} calculado.



Fonte: Autor (2025).

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros obtidos na simulação higrotérmica.

Tempo (horas)	Irradiância Global (W/m²)	T ar exterior (°C)	Umidade Rel. Ext. (%)	T sup (°C)	T mbl (°C)	Grev
0:00	0,00	20,5	68	21,1	21,6	-0,45
1:00	0,00	20,4	66	21,0	21,4	-0,43
2:00	0,00	19,9	69	20,6	21,1	-0,51
3:00	0,00	19,1	75	20,0	20,7	-0,64
4:00	0,00	19,6	73	20,1	20,6	-0,44
5:00	0,00	19,9	74	20,3	20,6	-0,34
6:00	27,10	21,2	63	21,6	21,4	0,20
7:00	123,10	22,4	57	24,6	23,4	1,17
8:00	178,30	23,2	56	27,0	25,5	1,46
9:00	220,50	23,7	54	29,0	27,5	1,52
10:00	233,80	25,4	47	31,0	29,4	1,66
11:00	250,10	27,2	39	33,1	31,3	1,85
12:00	263,10	26,8	42	33,9	32,5	1,48
13:00	220,70	27,3	38	33,8	32,8	0,98
14:00	174,90	27,6	37	33,2	32,6	0,56
15:00	139,80	27,4	37	32,3	32,0	0,23
16:00	20,50	26,4	41	29,0	30,0	-0,93
17:00	0,89	24,5	47	26,7	27,8	-1,18
18:00	0,00	24,5	45	25,8	26,6	-0,77
19:00	0,00	22	68	23,9	25,0	-1,11
20:00	0,00	20,9	73	22,6	23,7	-1,07
21:00	0,00	19,1	87	21,1	22,3	-1,23
22:00	0,00	18,9	88	20,4	21,4	-0,99
23:00	0,00	18,8	88	20,0	20,8	-0,82

Fonte: Autor (2025).

A partir dos resultados obtidos destaca-se que a Temperatura superficial máxima (T_{sup}) foi de 32,8 °C (13h00). Observa-se também que a tendência de variação das curvas de T_{sup}, $T_{ar\text{-}exterior}$ e T_{mbl} tem a tendência de comportamento semelhante, o que já era esperado. O trabalho de Nascimento [16] destacou que para o caso de Brasília a absortância foi um parâmetro decisivo para as variações de temperatura dos revestimentos e consequentemente influência na degradação dos mesmos. Tal fato reforça que, o tipo de revestimento a ser considerado deve ser um parâmetro de entrada importante para projetos e análises de fachadas, sobretudo no que diz respeito à variações térmicas que condicionarão detalhes específicos para alívio das tensões de origem térmica geradas. Obviamente as fachadas estarão expostas a variações higrotérmicas, mas o trabalho de Nascimento [16] comprovou que para os revestimentos de base cerâmica as de origem térmica são mais relevantes.

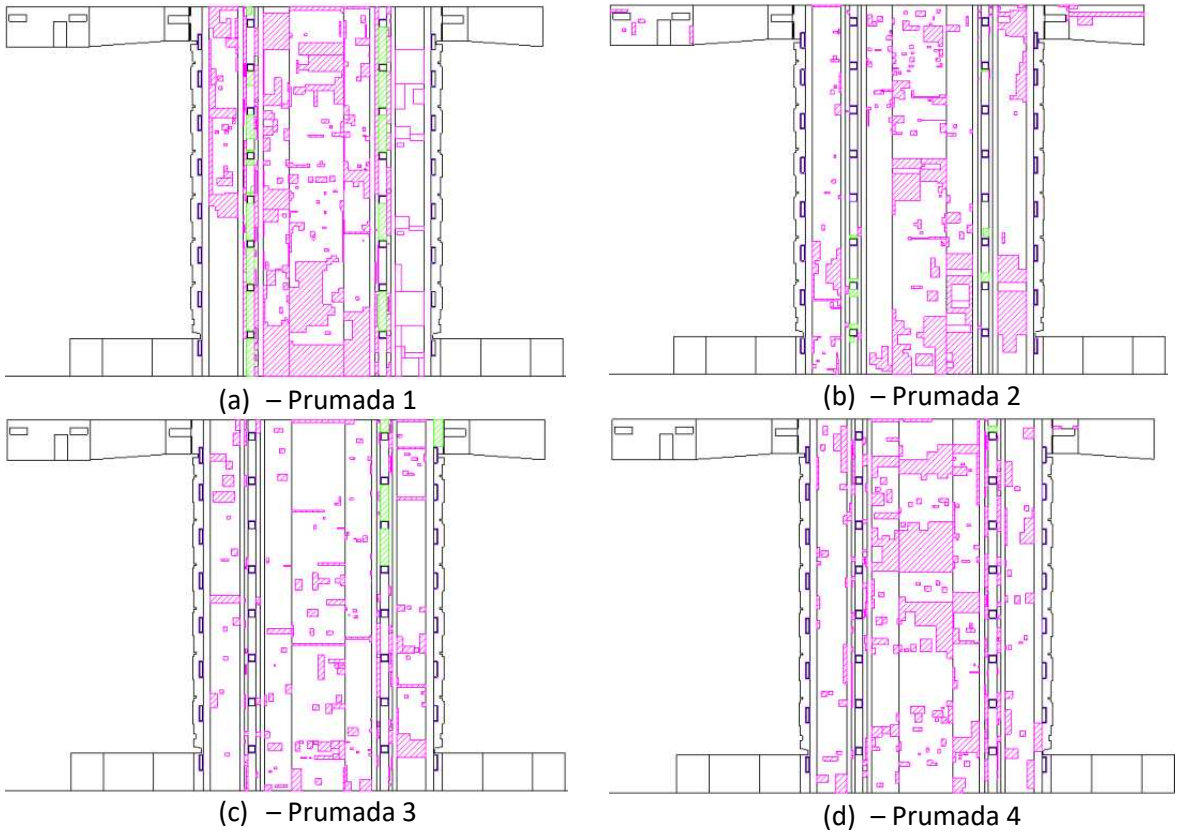
Pelos resultados obtidos de G_{rev} nota-se que valores positivos são apresentados a partir de 6:00 h. Pelo gráfico também é possível notar-se que durante a etapa de aquecimento há dois momentos mais característicos observados na curva, sendo o primeiro com maior inclinação que ocorre até pouco depois de 7h00 e o segundo a partir deste momento até por volta de 11h00. Conforme proposto por [10], foram apresentados resultados acima de 0,60 entre às 7h00 e 13h00, porém às 14h00 o valor ainda se apresenta bastante próximo ao que é proposto, sendo de 0,56. Com isso, os períodos de inspeção ficaram compreendidos

sobretudo entre 09h00 e 12h00, quando foram apresentados os picos máximos de G_{rev} para fachada Sul. Além do mais, é possível observar-se que os resultados de G_{rev} iniciam o estágio de decréscimo a partir das 11h00, chegando ao seu valor mínimo por volta de 17h00. Tal fator evidência que o período vespertino não seria o momento preferencial para a realização das inspeções para esta fachada, porém como destacado por [10] por mais que se tenha um comportamento obtido pela simulação, pode haver alterações de valores máximos e mínimos da variação térmica para horas a mais ou a menos.

Após a apresentação dos resultados das simulações procede-se para a análise em relação as imagens térmicas obtidas. Como já foi citado na metodologia, todas as aquisições de imagens foram realizadas no período proposto, sobretudo com concentração do momento de aquisição no horário de pico às 11h00 para o G_{rev} obtido (1,85). Destaca-se que a aquisição é um processo minucioso, tendo em vista que durante o sobrevoo com o drone deve-se tomar cuidado com questões relativas a reflexões, sombreamentos e outros fatores. A captação de imagens sem critérios adequados pode comprometer todo o trabalho e com isso o intervalo de tempo adequado para tal pode ser desperdiçado, conforme já foi demonstrado pela simulação higrotérmica.

Nas Figuras seguintes são apresentados inicialmente as áreas com som cavo detectadas através de ensaio de percussão feito através de profissional com rapel (Figura 8). Além do mais, a partir da Figura 9 até 14, também são indicados alguns trechos com anomalias térmicas detectadas através da termografia por infravermelho (a), com os respectivos locais com som cavo confirmados posteriormente na fachada através do ensaio de percussão (b). Destaca-se que o objetivo aqui não foi o de demonstrar a localização de todos os pontos do mapeamento, mas apenas o de verificar os resultados da técnica através de imagens feitas durante o período proposto através da simulação higrotérmica.

Figura 8 – Mapas de danos por prumada.



(a) – Prumada 1 (b) – Prumada 2

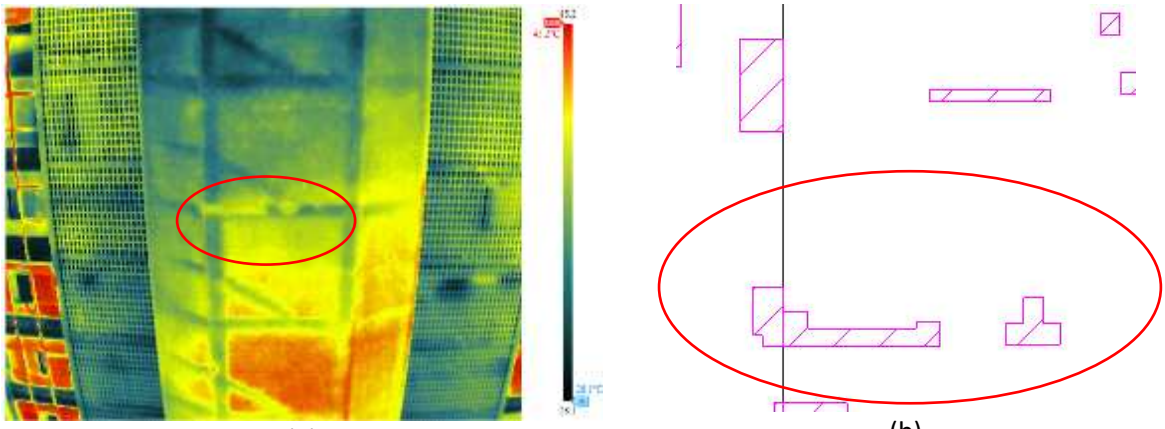
(c) – Prumada 3 (d) – Prumada 4

Fonte: Autor (2025).

PRUMADA 1

Nas Figuras 9 e 10 são indicados exemplos de locais em que a termografia detectou anomalias térmicas na Prumada 1.

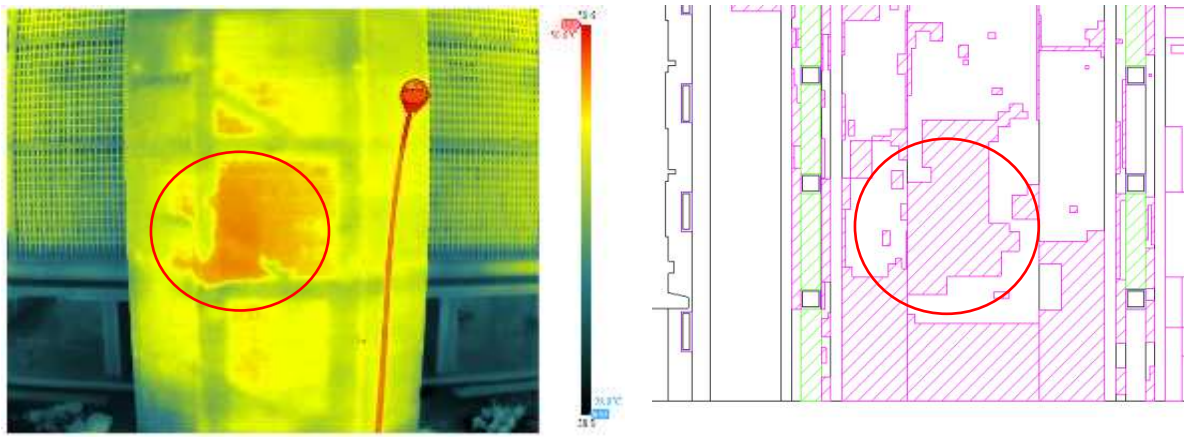
Figura 9 – Trecho de anomalia térmica indicada com a termografia (a) e local da fachada equivalente (b).



(a) (b)

Fonte: Autor (2025).

Figura 10 – Trecho de anomalia térmica indicada com a termografia (a) e local da fachada equivalente (b).



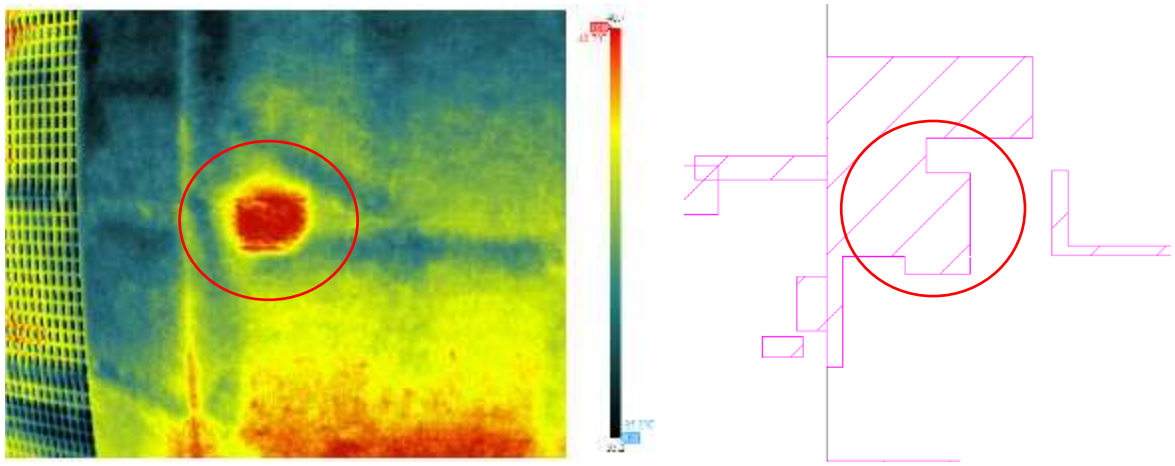
(a) (b)

Fonte: Autor (2025).

PRUMADA 2

Na Figura 11 é indicado um exemplo de local em que a termografia detectou anomalias térmicas na Prumada 2.

Figura 11 – Trecho de anomalia térmica indicada com a termografia (a) e local da fachada equivalente (b).



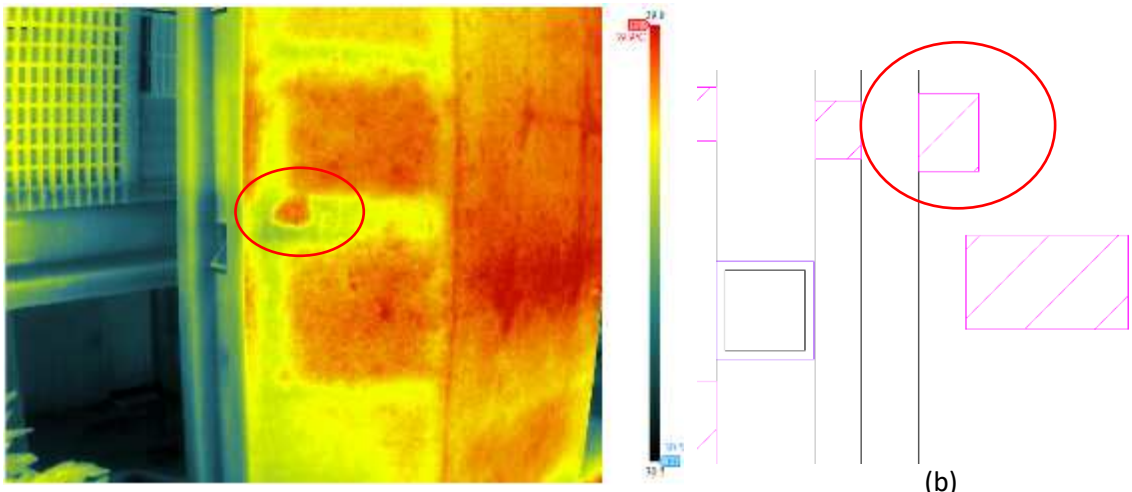
(a) (b)

Fonte: Autor (2025).

PRUMADA 3

Na Figura 12 é indicado um exemplo de local em que a termografia detectou anomalias térmicas na Prumada 3.

Figura 12 – Trecho de anomalia térmica indicada com a termografia (a) e local da fachada equivalente (b).



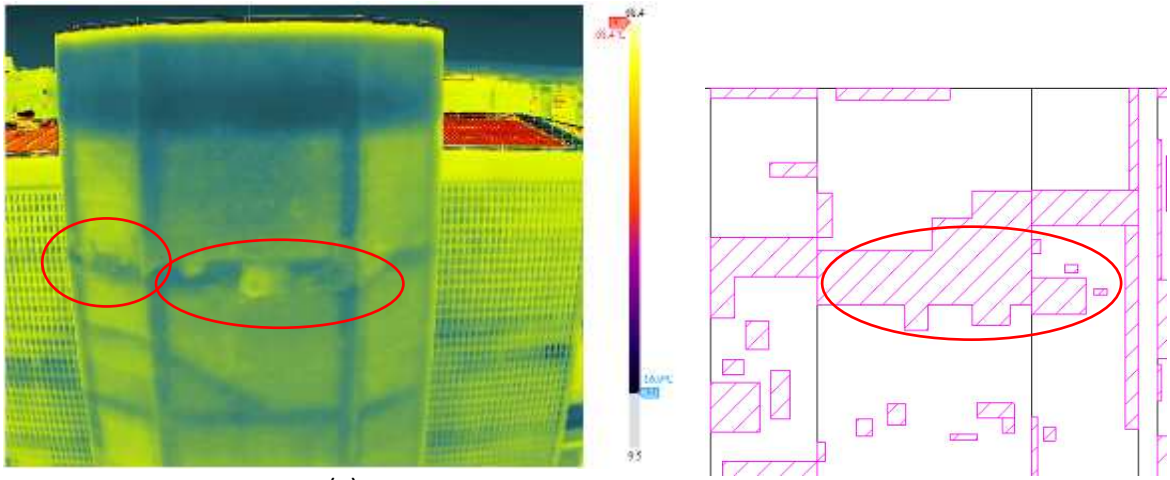
(a) (b)

Fonte: Autor (2025).

PRUMADA 4

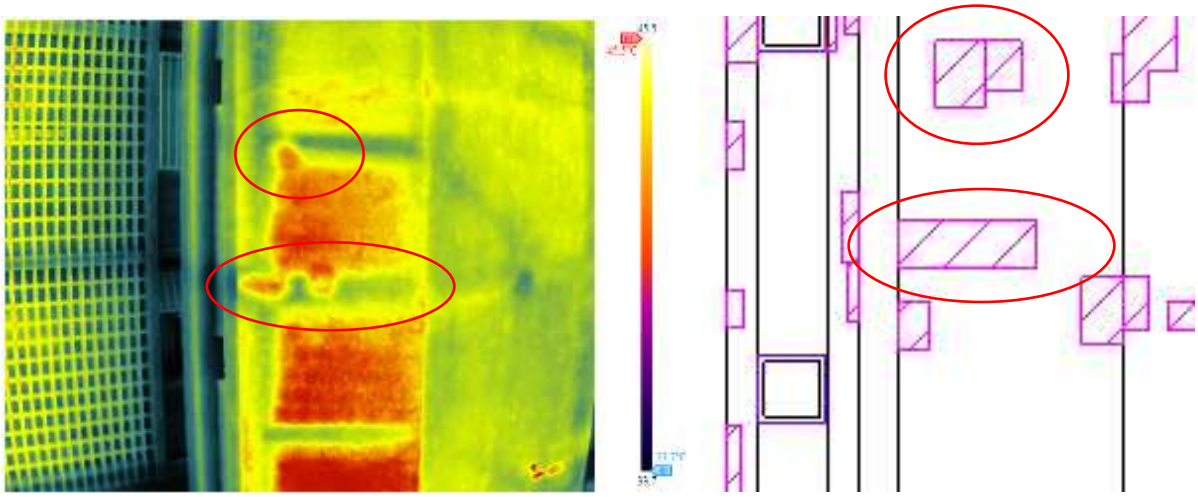
Nas Figuras 13 e 14 são indicados exemplos de locais em que a termografia detectou anomalias térmicas na Prumada 4.

Figura 13 – Trecho de anomalia térmica indicada com a termografia (a) e local da fachada equivalente (b).



(a) (b)

Figura 14 – Trecho de anomalia térmica indicada com a termografia (a) e local da fachada equivalente (b).



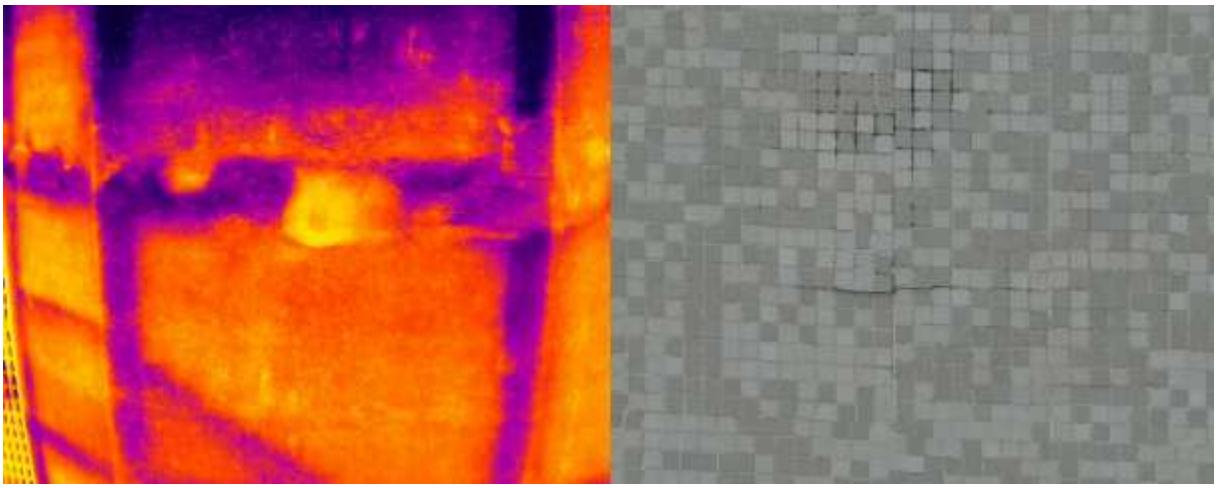
(a) (b)

Fonte: Autor (2025).

Muitas áreas problemáticas de fato foram identificadas com a termografia por infravermelho, conforme pôde ser visto nos diversos exemplos anteriores. Inclusive, conforme Figuras 15 e 16 (Prumada 4) algumas destas áreas apresentam regiões visivelmente com descolamentos presentes. De todo modo, em muitas áreas foi verificada área com som cavo na camada de emboço, ou seja, há situações em que a termografia não foi capaz de identificar tais áreas tendo em vista a sua profundidade. Lembra-se aqui também que a termografia é uma técnica de superfície e a depender da profundidade da anomalia a técnica pode não ser capaz de detectar. Ou seja, entende-se com isso que para determinadas situações a termografia não substituirá completamente o ensaio percussivo, tratando-se sim de uma técnica complementar e de auxílio ao correto diagnóstico e manutenção de fachadas.

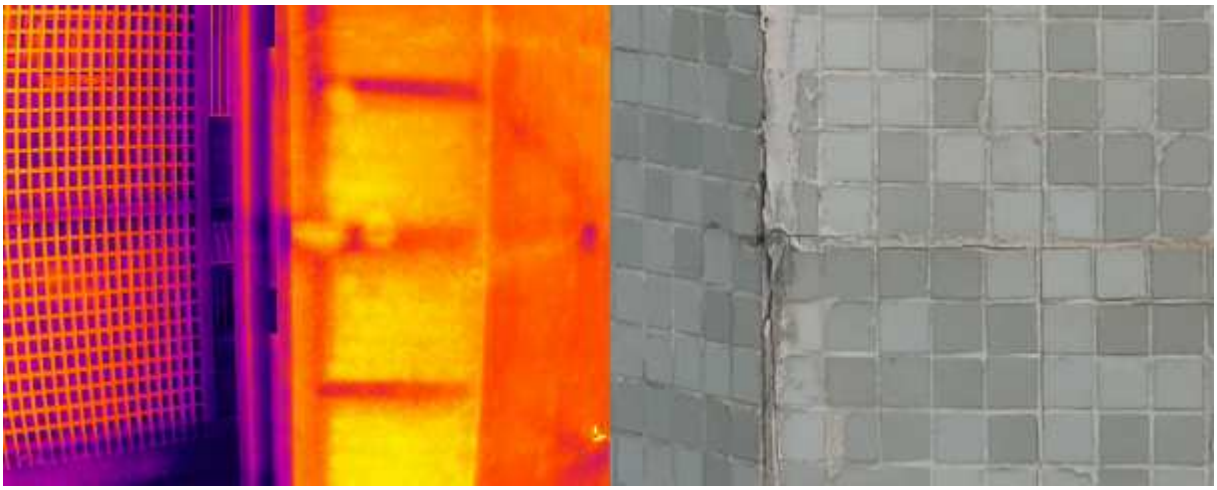
Para o caso em questão também foi notado uma grande área com som cavo em todas as prumadas das caixas de escada (Figura 8). Tal fato é atribuído a ser encontrado no local argamassa de emboço com presença de saibro, que possui como resultado a baixa resistência mecânica, pulverulência, dentre outros fatores [22]. Inclusive, durante esta análise estava previsto inicialmente a realização de ensaio de resistência de aderência à tração de acordo com a ABNT NBR 13755: 2017 [23], NBR 13528 [24] e NBR 13749 [25]. Durante a realização do ensaio em absolutamente todos os pontos os mesmos não puderam ser totalmente concluídos, pois em todos os casos de início das tentativas a camada de argamassa apresentava elevada pulverulência e se “quebrava” durante o corte no local com serra copo.

Figura 15 – Região com descolamento visível.



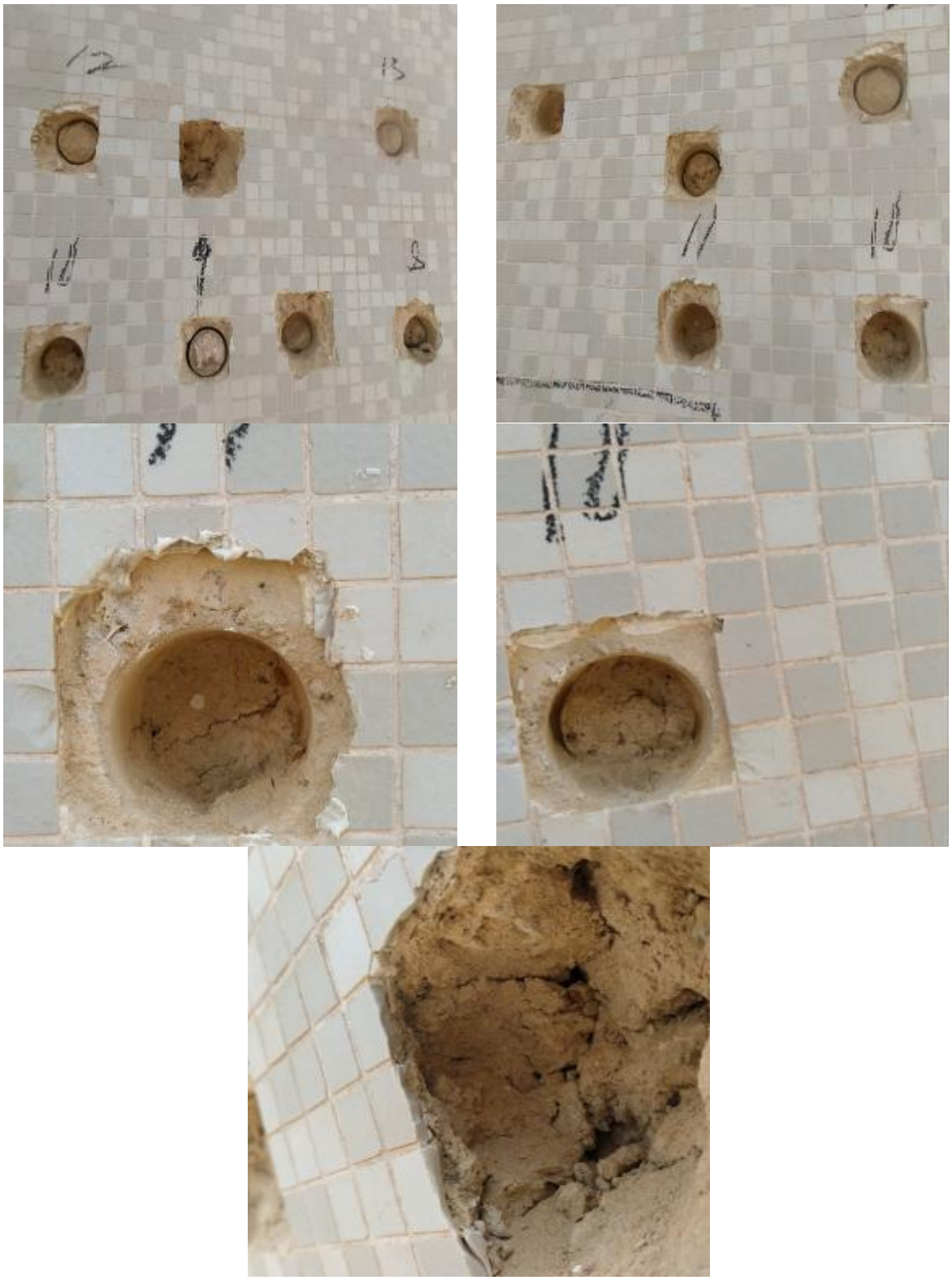
Fonte: Autor (2025).

Figura 16 – Região com descolamento visível.



Fonte: Autor (2025).

Figura 17 – Exemplo de amostras de argamassa com presença de saibro.



Fonte: Autor (2025).

CONCLUSÕES

Diante das análises, em que foi aplicada a simulação higrotérmica para definição de horários de inspeção com termografia por infravermelho, além das respectivas comparações e verificações através de ensaios complementares, conclui-se que:

- A simulação higrotérmica comprova-se como uma excelente ferramenta de previsão de comportamento térmico das fachadas. Com isso há economia de tempo e recursos durante as inspeções, tendo em vista que se pode programar a mesma com antecedência e de forma mais assertiva. Ou seja, trata-se de uma excelente ferramenta para emprego durante as inspeções preditivas;
- Ficou comprovado que a termografia não detectou todas as áreas com som cavo da fachada. Isso pode acontecer por uma série de variáveis durante a própria inspeção, porém em relação a tal caso notou-se durante o ensaio percussivo que muitas regiões apresentavam áreas de som cavo na própria camada de argamassa de emboço, que possuía saibro na composição;
- A termografia mais uma vez se comprova como excelente ferramenta de diagnóstico de manifestações patológicas em fachadas. Aliada ao drone a técnica permite que as inspeções sejam ainda mais assertivas e com custos mais baixos. A técnica também pode ser utilizada como forma de inspeção inicial para auxílio da verificação de necessidade de outros ensaios. Além disso, este ensaio comprova-se também excelente ferramenta para assistência nas ações de manutenção preventiva e preditiva pra fachadas de um edifício;
- Para trabalhos futuros sugere-se que outras fachadas sejam avaliadas da mesma forma por meio de variações na orientação solar, bem como no tipo de revestimento (argamassado com pintura e/ou textura, por exemplo).

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

[2] BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

[1] CONSOLI, O. J. **Análise da durabilidade dos componentes de fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006, 208 p.

[2] MELO JÚNIOR, C. M. **Influência da chuva dirigida e dos detalhes arquitetônicos na durabilidade de revestimentos de fachada**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010, 204 p.

[3] FLORES-COLEN, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

[4] STRAUBE, J. F. **Moisture in buildings**. ASHRAE Journal, v. 44, n. 1, p. 15–19, 2002.

[5] PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. 107 p.

[6] BAUER, E.; CASTRO, E.K.; ANTUNES, G. R. **Patologias mais correntes nas fachadas de edifícios em Brasília.** 3º. Congresso Português de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa, 2010.

[7] SOUZA, J.S. **Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachadas de edifícios**. Tese de doutorado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019. 139 p.

[8] NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016. 173p.

[9] ZANONI, V. A. G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília**. Tese (Doutorado) Universidade de Brasília, 2015. 293 p.

[10] PAVÓN, E. **Critérios e padrões de comportamento para avaliação de descolamentos cerâmicos com termografia de infravermelho**. Tese de doutorado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2017. 250 p.

[11] SILVA, M. S. **Avaliação de fissuras em fachadas de argamassa com o emprego de termografia.** Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2023. 125 p.

[12] BAUER, E.; MILHOMEM, P.; AIDAR, L. Utilização da simulação higrotérmica como ferramenta de apoio para inspeção termográfica de fachadas. In: Construção 2018. **Anais...,** Porto-Portugal, 2018. p. 892-900.

[13] DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. **Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energetico de edificações**. X Congresso Internacional de Tintas. Anais...São Paulo. 2007.

[14] **Google Earth**. Google. Disponível em:<https://earth.google.com/>. Acesso em: 13/01/2025.

[15] **WUFI Pro 6.8**. IBP - Fraunhofer Institute for Building Physics. Holzkirchen, Germany, 2025.

[16] **Sun Earth Tools**. Disponível em:< https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt#top>. Acesso em 15/09/2023.

[17] **DJI**. Especificações do DJI MAVIC 3 ENTERPRISE. Disponível em: < https://enterprise.dji.com/pt-br/mavic-3-enterprise/specs>. Acesso em: 13/01/2025.

[18] **PIXPRO**. DJI Mavic 3 T. Disponível em:< https://www.pix-pro.com/blog/dji-mavic-3t>. Acesso em: 13/01/2025.

[19] ASTM E1862-1997, Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Reflected Temperature Using Infrared Imaging Radiometers", American Society for Testing and Materials (ASTM), 1997.

[20] ASTM E 1933-1999, Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared, American Society for Testing and Materials" (ASTM), 1999.

[21] **DJI**. DJI Thermal Analysis Tool 3. Disponível em:https://www.dji.com/br/downloads/softwares/dji-dtat3. Acesso em: 30/09/2023

[22] Carasek, H. Argamassas. In: Geraldo C. Isaia (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 3ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2017, v. 2, p. 922-969.

[23] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

[23] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13528-1**: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2019.

[24] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.