



Diagnóstico de descolamento cerâmico em fachadas através da termografia infravermelha

Sizy Brenda de MELO¹, Esequiel Fernandes Teixeira MESQUITA²

¹ Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, sizybrenda@alu.ufc.br

² Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, emesquita@ufc.br

Resumo: O Brasil é um dos principais protagonistas no mercado mundial de revestimentos cerâmicos, o que impulsionou a crescente utilização desse tipo de revestimento em fachadas de edifícios. Sua viabilidade decorre da elevada durabilidade e da capacidade de impermeabilização, com considerável aplicação em zonas expostas a agentes agressivos. Diante disso, os problemas de deslocamento cerâmico têm se evidenciado com grande frequência, na qual, o diagnóstico, é feito por meio do ensaio a percussão, procedimento pouco prático que demanda tempo e apresenta risco à segurança do operador. Nesse sentido, os ensaios não destrutivos têm apresentado potencial de utilização para detecção de defeitos em diversas obras de engenharia. Logo, o presente trabalho tem como objetivo, utilizar a termografia infravermelha no diagnóstico dos descolamentos cerâmicos em fachadas a fim de desenvolver um método de avaliação. Para tal, foram feitas inspeções prévias, ensaio a percussão e registros termográficos no pano de uma fachada com revestimento de cor salmão, tanto no período matutino quanto vespertino. Os dados foram processados em um programa computacional e identificado padrões de comportamento que nortearam o desenvolvimento da metodologia. Ao fim, o modelo proposto foi validado através de uma aplicação prática que resultou em um índice com mais de 80% de assertividade.

Palavras-chave: Ensaios não destrutivos. Termografia infravermelha. Descolamento cerâmico. Fachadas. Sistema de revestimento.

1. Introdução

Os produtos à base de cerâmica são um dos materiais de revestimento mais utilizados no Brasil. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER, 2022), o país ocupou no ano de 2019, a nível mundial, a 3ª posição em produção e a 2ª posição em consumo, representando 6% do Produto Interno Bruto (PIB) da indústria de material de construção.

A ascensão desse insumo decorre da sua elevada durabilidade, da capacidade de impermeabilização e consequente proteção das áreas de aplicação, sobretudo, as fachadas, dado a sua exposição direta às intempéries (GARRIDO *et al.*, 2021). Porém, ao considerar as falhas no planejamento, projeto e execução das edificações aliado às movimentações advindas de tensões térmicas e mecânicas observa-se a frequente evidência dos problemas de descolamento cerâmicos (FREITAS; FREITAS; BARREIRA, 2014; BAUER; CASTRO; SILVA, 2015; PESSANHA; ALEXANDRE; LIMA; AZEVEDO; ZANELATO, 2019).

Sua ocorrência se dá pela perda de aderência entre a placa e o substrato, o que ocasiona a presença de ar entre as camadas e a fácil penetração das águas pluviais (PAVÓN DE LA FÉ, 2017). Por consequência, o

desempenho desses elementos construtivos é comprometido, pois resulta na perda de integridade, bem como na ausência de conforto, segurança e satisfação dos usuários (FREITAS; FREITAS; BARREIRA, 2014).

Ainda segundo o autor, o diagnóstico precoce é essencial para evitar maiores transtornos e reduzir os custos com reparo. Normalmente, a investigação dessa anomalia construtiva é feita por meio do ensaio a percussão, que consiste em utilizar um instrumento não contundente à procura de som cavo (ABNT NBR 13755: 2017). No entanto, esse procedimento é pouco prático, demanda tempo e apresenta risco à segurança do operador.

Diante desse cenário, Edis, Colen e Brito (2014), Bauer *et al.* (2016), Tanaka e Pavón (2021), Garrido *et al.* (2011) e outros, apontam que os ensaios não destrutivos, apesar de serem ainda pouco explorados, têm apresentado potencial de utilização na detecção de defeitos em diversas obras de engenharia, como é o caso da Termografia Infravermelha.

As análises da Termografia Infravermelha envolvem as temperaturas superficiais, uma vez que o transporte de calor é afetado pela presença de falhas (BAUER, *et al.*, 2016). Os registros são feitos por meio de câmeras termográficas que captam a radiação infravermelha emitida por um objeto, seja por meio natural (passiva) ou artificial (ativa), e a transformam em um sinal eletrônico, na qual as imagens obtidas são denominadas termogramas (PAVÓN DE LA FÉ, 2017).

Assim, tendo em vista que a utilização da termografia infravermelha para diagnóstico de descolamento cerâmicos em fachadas refere-se a uma técnica em evolução, já que existem na literatura dúvidas quanto aos fatores influenciadores e a forma de análise dos termogramas, sem contar que, trata-se de um procedimento ainda não normatizado, pretende-se com o presente trabalho reforçar o seu potencial de utilização.

O intuito principal é identificar padrões de comportamento e desenvolver um procedimento de diagnóstico capaz de mapear as zonas defeituosas, apresentando uma metodologia eficiente e eficaz.

2. Metodologia

Em síntese, as ações práticas e técnicas adotadas constituíram um delineamento de cinco etapas, conforme apresentado na Figura 1 abaixo:

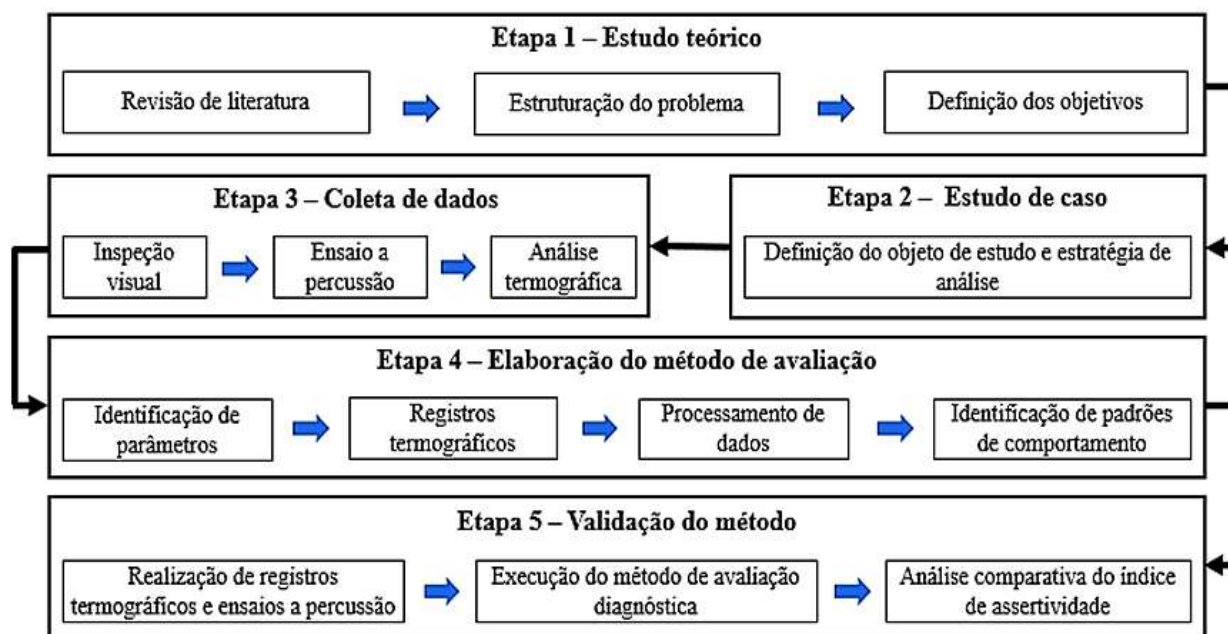


Figura 1 - Delineamento da pesquisa

2.1. Estudo Teórico

O estudo teórico, envolveu a revisão de literatura a fim de identificar uma lacuna acerca das adversidades que afetam, frequentemente, a Indústria da Construção Civil. Com isso, observou-se uma preocupação por parte dos estudiosos quanto à recorrente incidência dos descolamentos cerâmicos em fachadas de edifícios, assim como, as atuais técnicas de identificação adotadas. Este fato, deu origem à seguinte questão de pesquisa: O que a academia tem investigado sobre a utilização de ensaios não destrutivos para diagnóstico dos descolamentos cerâmicos em fachadas?

Em busca de maiores esclarecimentos sobre o tema, realizou-se pesquisas nas bases de dados Web of Science e Scopus, dado a sua multidisciplinaridade e confiabilidade. Ao analisar o conteúdo, definiu-se que o objetivo da pesquisa consistiria em desenvolver um procedimento de diagnóstico capaz de mapear, por meio da termografia infravermelha, zonas defeituosas em fachadas revestidas com placas cerâmicas.

2.2. Estudo de caso

Em entrevista com a administradora do Condomínio A (objeto de estudo do presente trabalho), constatou-se que o empreendimento em questão tem aproximadamente 20 anos e caracteriza-se como um edifício residencial, com elevador, composto por 14 pavimentos tipo, além de cobertura, playground, piscina e quadra. A fachada frontal fica direcionada ao Norte, fachada lateral direita a Oeste, fachada posterior ao Sul e fachada lateral esquerda ao Leste, ambas com revestimento argamassado e acabamento cerâmico nas tonalidades branca, preta e salmon, como mostra a Figura 2 abaixo.



Figura 2 - Representação de fachadas: Fachada frontal (a); Fachada lateral direita (b); Fachada posterior (c) e Fachada lateral esquerda (d)

Sabendo disso, definiu-se que a estratégia de investigação partiria de uma análise prévia por meio de inspeção visual, a fim de identificar e registrar as manifestações patológicas existentes na fachada do edifício. Em seguida, serão feitos registros termográficos, na qual a presença de ar entre as camadas próximas da superfície do revestimento, derivado da perda de aderência, possibilita observar variações de temperatura

expressivas entre zonas conforme e não conformes. Depois será realizado o ensaio a percussão com o intuito de detectar problemas de aderência entre as placas e o substrato, comprovando assim, a real evidência de descolamento cerâmico.

Ao final desta fase, haverá a elaboração de um esquema ilustrativo para mapeamento das zonas defeituosas por seção, o que permitirá a fácil visualização do local de evidência desta anomalia construtiva, além de favorecer a análise comparativa entre as duas técnicas.

2.3. Coleta de dados

A inspeção foi baseada na observação das quatro fachadas do edifício, através de visitas *in loco* e auxílio de câmera fotográfica para captura de imagens, úteis em análises posteriores. No que diz respeito ao ensaio a percussão, seguiu-se as diretrizes da NBR 13755:2017, no qual foram feitas, na data de 22 de outubro do ano de 2021, descidas em diferentes panos das fachadas por meio de um sistema de cordas e polias, em que o operador, com uso de um martelo, passava-o levemente sobre as placas cerâmicas a procura de som cavo, conforme a Figura 3a.

A medida que o operador diagnosticava os prováveis problemas de aderência, eram feitas marcações com fita adesiva nas extremidades das zonas defeituosas. Esse processo foi feito no pano esquerdo da fachada lateral direita (Figura 3b) e, também, da fachada posterior (Figura 3c).

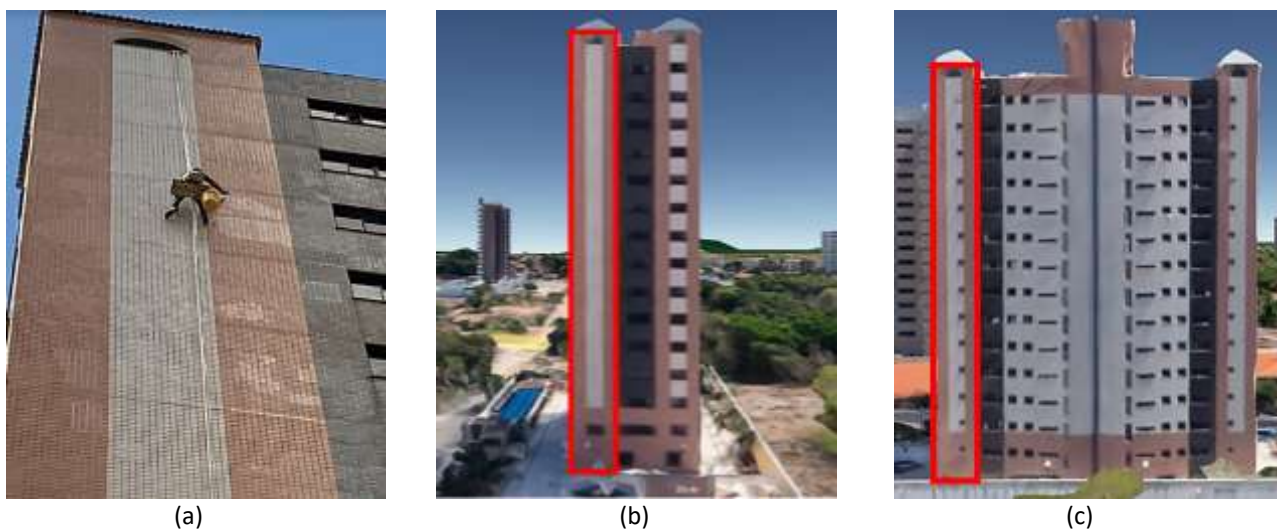


Figura 3 - Etapas do ensaio a percussão

Já durante a termografia por infravermelho, fez-se uso de uma câmera termográfica da marca FLIR modelo E5xt Wifi, com lente de 7 mm e resolução de 160 x 120. Com posse deste equipamento foram feitos, na data de 13/10/21 e 20/10/21, registros termográficos das quatro fachadas, tanto no período matutino (9:00 às 10:00 horas) quanto vespertino (16:00 às 17:00 horas) totalizando 4 momentos de avaliação. Ainda durante a análise coletou-se alguns parâmetros particulares para cada dia de medição, a saber: emissividade, temperatura refletida, temperatura atmosférica e umidade relativa.

2.4. Descrição do método de avaliação

O método de avaliação contempla três passos:

- 1) Detecção de parâmetros: nessa fase deve-se verificar *in loco* os parâmetros de emissividade, temperatura atmosférica, umidade relativa e, ainda, distância de medição em que os registros termográficos serão realizados. Em seguida, as informações obtidas devem ser adicionadas nas

configurações do aparelho de medição (câmera termográfica), a fim de garantir uma maior confiabilidade nos resultados finais.

- 2) Registrar termogramas: devem ser feitos com câmeras termográficas, registros de toda a superfície que se deseja estudar, preferencialmente, no período com maior incidência de calor, uma vez que o diferencial de temperatura torna-se mais expressivo, facilitando assim a identificação visual dos deslocamentos cerâmicos.
- 3) Processamento de imagens: com posse dos dados, os termogramas devem ser processados no programa Flir Thermal Studio. Em outras palavras, os dados devem ter sua temperatura calibrada para cada seção que se deseja avaliar, adotando que as cores vermelha e laranja representam zonas quentes e as cores azul e verde zonas frias, como já apontado na literatura.

2.5. Validação do método

Esta etapa consistiu em avaliar termogramas por meio do método desenvolvido e descrito na seção 3.4. Ao todo, foi analisado um termograma que contempla para o horário matutino, uma cor de revestimento cerâmico, salmão. Os resultados obtidos foram representados em um mapa de danos para que, em seguida, fossem comparados com os resultados do ensaio à percussão nesta mesma região. Ao fim calculou-se a margem de assertividade do método proposto.

4. Resultados e discussões

4.1. Identificação de manifestações patológicas

Constatou-se por meio das inspeções prévias que o edifício já havia passado por manutenções que, por sua vez, consistiram na substituição de algumas placas cerâmicas (Figura 5a e 5b). Mas, apesar dos esforços, notou-se ainda zonas com ocorrência de eflorescência, desgaste excessivo do rejunte, deterioração do selante elastomérico das juntas de movimentação horizontal, bem como descolamentos das placas cerâmicas. A Figura 4 apresenta registros fotográficos dessas manifestações patológicas.

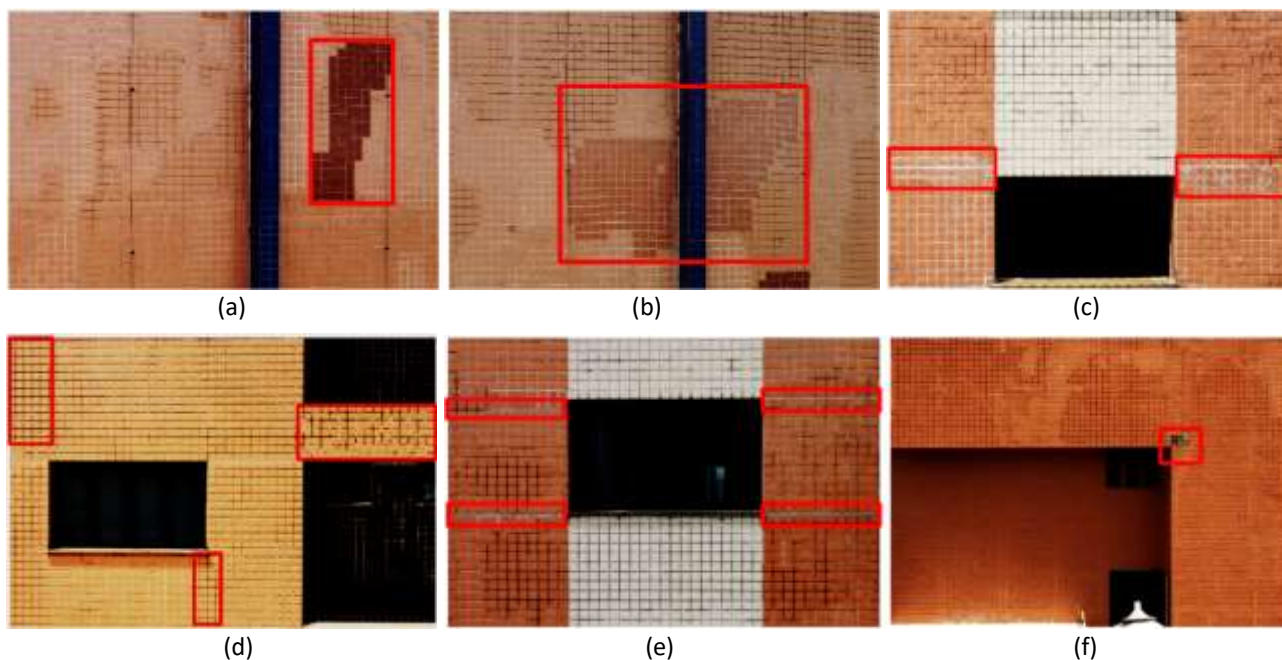


Figura 4 - Inspeção prévia em fachadas: Placas cerâmicas substituídas (a e b); Zonas com eflorescência (c); Zonas com desgaste excessivo do rejunte (d); Seções com deterioração do selante elastomérico das juntas de movimentação horizontal (e); Descolamento das peças cerâmicas (f)

Com base na Figura 5a e 5b, é possível perceber zonas com mudança de coloração no esmalte das placas cerâmicas, representando as peças já substituídas, que segundo Lordsleem Junior e Faro (2017) é comum quando durante o processo construtivo adota-se procedimentos inadequados aliado ao não seguimento das diretrizes normativas.

Na Figura 5c repara-se o fenômeno de lixiviação e, por consequência, a eflorescência, devido à presença de manchas esbranquiçadas na superfície do revestimento cerâmico que, nesse caso, concentram-se próximo às juntas de movimentação, uma vez que nessa região há maior probabilidade de ocorrência da infiltração devido o desgaste excessivo do rejunte, conforme apresentado na Figura 5d. Já na Figura 5e, observa-se a deterioração do selante elastomérico das juntas de movimentação horizontal que, normalmente, se dá pela degradação natural dos materiais quando sujeitos a intempéries e, na Figura 5f, tem-se o descolamento cerâmico.

Em geral, as falhas no sistema construtivo de fachadas favorece o aumento das infiltrações das águas pluviais e agentes agressivos que, por sua vez, comprometem a aderência do revestimento, afetam o conforto dos usuários, além de colocar em risco a vida dos moradores e, também, dos transeuntes, devido à possível queda de revestimento e desprendimento volumétrico.

Este fato, justifica a importância de estudar com celeridade e expertise estratégias capazes de detectar os descolamentos cerâmicos de forma rápida e segura, como é o caso da termografia infravermelha que vem apresentando grande potencial de exploração no setor da construção civil.

4.2. Detecção de descolamentos cerâmicos por percussão

Como primeiro resultado, a Figura 5, mostra um esquema ilustrativo da região em que foram feitas análises por meio do ensaio de percussão. Do lado esquerdo tem-se uma representação da fachada lateral direita em que se destaca o revestimento de cor salmão. Já do lado direito da imagem é apresentado um mapa de danos no formato de um esquema ilustrativo, na qual as placas cerâmicas possuem 10 cm de largura por 10 cm de altura em que a cor azul corresponde as juntas com falhas no rejunte enquanto que a cor laranja escuro equivale as peças perfeitamente aderidas ao substrato e as amarelas as placas descoladas.



Figura 5 - Mapa de danos da região estudada

Analisando qualitativamente a Figura 5, é possível perceber a ocorrência do descolamento cerâmico em todo o pano da seção analisada, predominando-se próximo às juntas de movimentação. Acredita-se que este fato se justifique devido a presença de falhas no rejunte, o que favorece o ataque de agentes agressivos e a consequente perda de aderência decorrente da infiltração das águas pluviais, conforme apresentado por Bauer, Castro e Silva (2015).

Quantitativamente, de um total de 1972 placas cerâmicas foram identificadas 558 com problema de descolamento que totalizaram 55800 cm² de área comprometida. Em outras palavras, as superfícies danificadas representam um percentual de aproximadamente 28,3%.

4.3. Detecção de descolamentos cerâmicos por termografia infravermelha

A Figura 6 mostra do lado esquerdo a fachada lateral direita, com o intuito de indicar a região já analisada por meio do ensaio a percussão e que, agora, será estudada pela técnica da termografia infravermelha, enquanto que, do lado esquerdo, apresenta-se o termograma equivalente a mesma seção que, por sua vez, foi registrado no período da manhã com evidência de temperaturas em até 38,3°C.

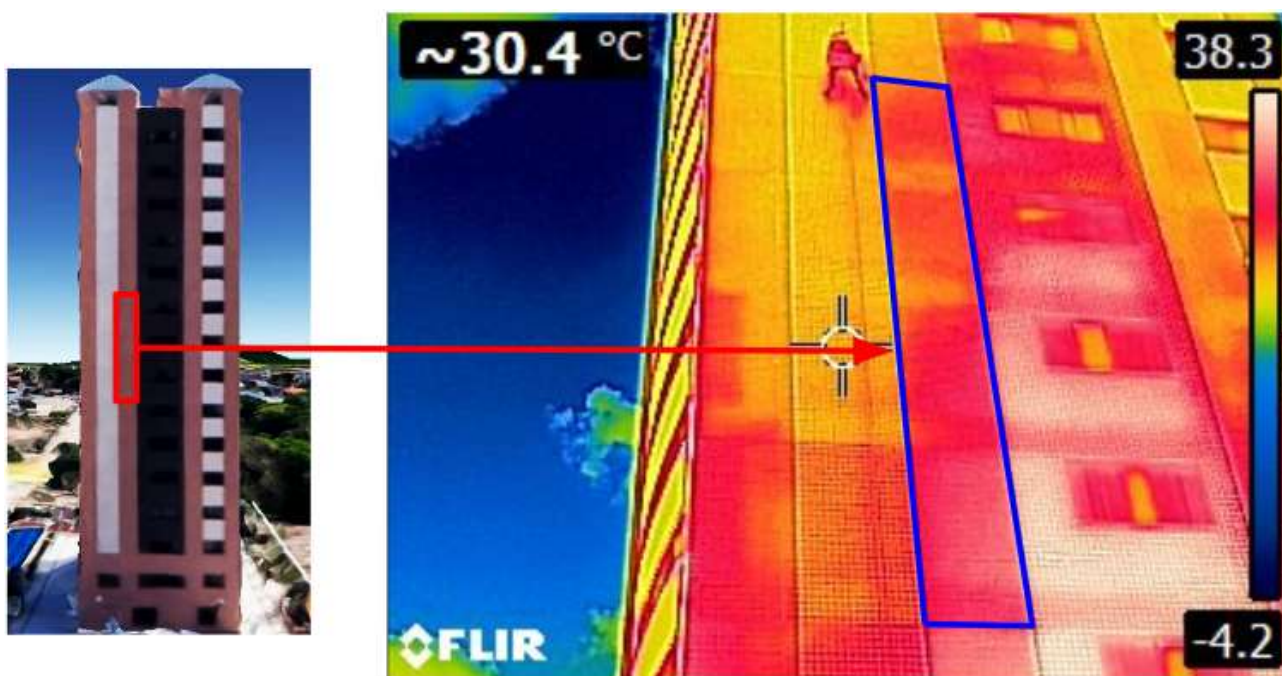


Figura 6 – Termograma da região analisada

Tomando como base os resultados obtidos nas pesquisas de Lourenço, Matias e Farias (2016) e Bauer *et al.* (2016) a escolha do termograma registrado no período matutino (9:00 às 10:00 horas) se dá pelo fato de nesse horário haver maior incidência solar sob a superfície, quando comparado ao período vespertino em que o sol já estava se pondo, caracterizando-se como uma fase de arrefecimento, e que dificulta a identificação das zonas defeituosas.

Sabendo disso, na Figura 7, segue as etapas que contemplam o método de avaliação descrito no subtópico 2.4 a fim de identificar os deslocamentos cerâmicos. São apresentados quatro sequências de termogramas em que as temperaturas mais elevadas são representadas nas cores brancas, vermelhas e laranjas e aquelas mais baixas nas cores azul e/ou verdes.

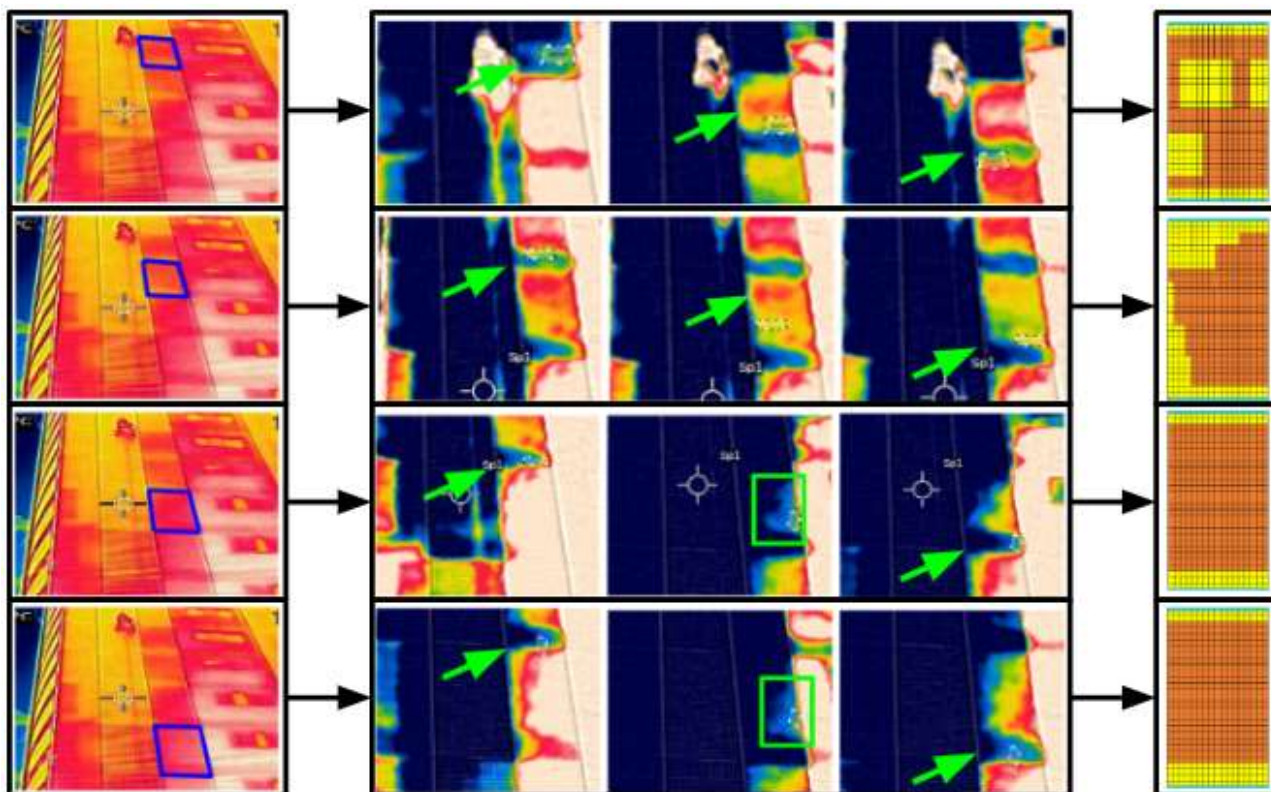


Figura 7 - Identificação de zonas descoladas por meio da termografia infravermelha

De um modo geral, após calibrar a temperatura por seção no software Flir Thermal Studio, observou-se com maior precisão as áreas danificadas, em que as regiões deslocadas próximas às juntas de movimentação apresentam temperaturas mais baixas, o que é aceitável devido a ocorrência de infiltrações, enquanto que as demais áreas com danos apresentam temperaturas mais elevadas. Por meio dessa técnica foram identificadas 559 placas cerâmicas descoladas que, por sua vez, totalizaram 55900 cm² representando 28,6%.

4.4. Comparação de percussão versus termografia infravermelha

Ao confrontar o mapa de danos obtido no ensaio a percussão com aquele alcançado por meio da termografia, constatou-se uma certa compatibilização entre os resultados encontrados, conforme apresentado na Figura 8 a seguir.

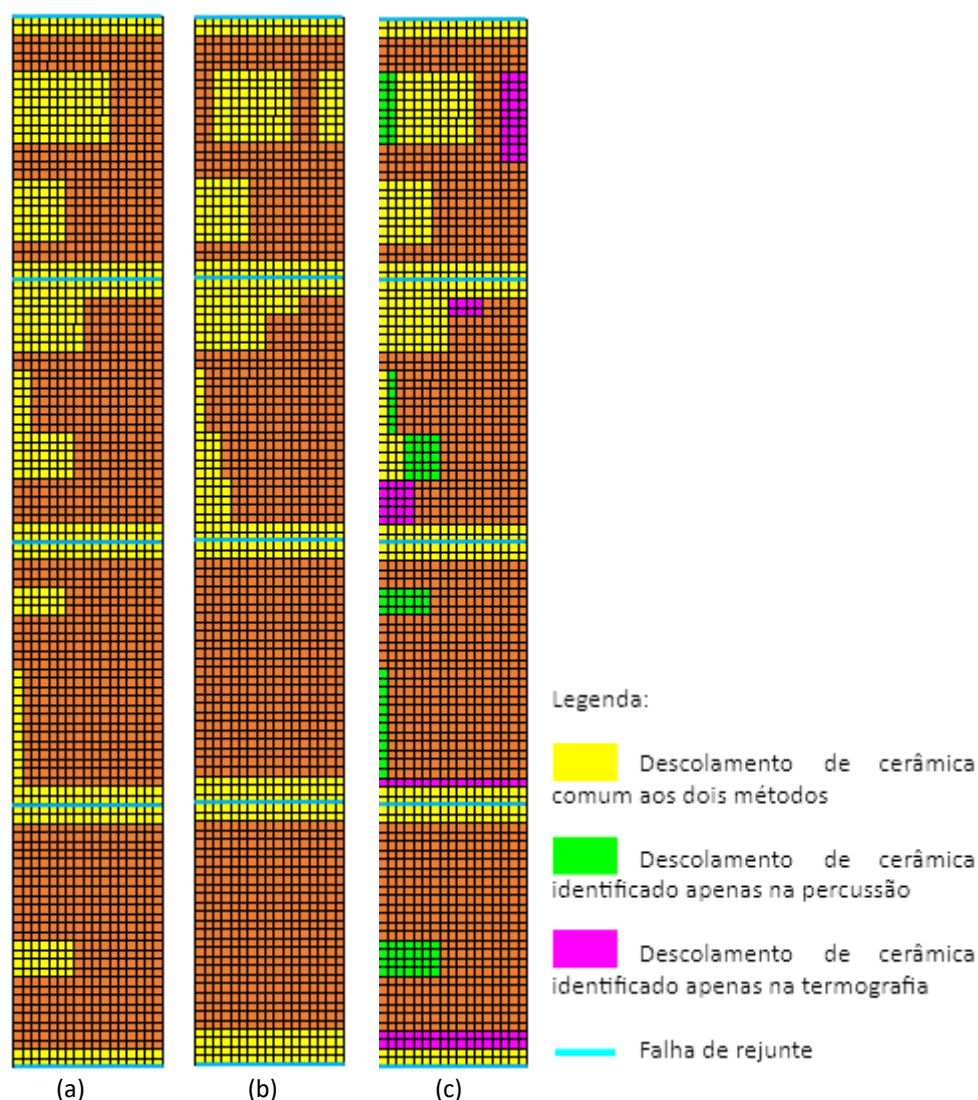


Figura 8 - Mapa de danos: Ensaio a percussão (a); Termografia infravermelha (b); Comparativo (c)

Sabendo que de um total de 197200 cm^2 de área, foi identificado por meio do ensaio a percussão uma área comprometida no valor de 55800 cm^2 (Figura 8a), enquanto que por meio da termografia 55900 cm^2 (Figura 8b), nota-se uma diferença de apenas 100 cm^2 para mais quando utilizado o segundo método.

Mas, apesar de haver uma equivalência entre o quantitativo das áreas deslocadas identificadas entre as técnicas, percebe-se ainda, que parte delas não correspondem à mesma região, como mostra a Figura 8c. Este acontecimento se justifica pelo fato do termograma analisado apresentar uma inclinação superior a 90° , uma vez que a presença de obstáculos *in loco* dificultaram a realização de um registro perpendicular à superfície, dificultando assim a precisão dos resultados.

Com base na Figura 8c, observa-se que a área danificada identificada apenas pela percussão equivale a 10100 cm^2 , somente pela termografia 10900 cm^2 e comum as duas técnicas 45600 cm^2 . Dessa forma, ao aceitar que os dados do ensaio a percussão estão totalmente corretos, constata-se que através da termografia infravermelha foi possível obter um índice de assertividade equivalente a $81,7\%$.

Assim sendo, entende-se que a termografia infravermelha pode ser considerada como uma estratégia generalista, tendo em vista que, quando se tem regiões danificadas próximo uma da outra, os termogramas as estimam como sendo uma seção única. Na prática esse fato é aceitável já que, normalmente, se faz a troca das placas não conformes e, também, aquelas que estão próximas às mesmas.

5. Conclusão

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou analisar a efetividade que os ensaios não destrutivos apresentam na detecção de deslocamentos cerâmicos, sobretudo, em fachadas. Em vista disso, a pesquisa conseguiu cumprir os objetivos propostos, haja vista que após analisar os termogramas e compará-los com os dados do ensaio a percussão foi possível desenvolver uma metodologia de análise aplicando-a ao revestimento de cor salmão.

Identificou-se que a termografia infravermelha apresenta maior eficiência em análises de descolamento generalizado, na qual para se obter resultados mais assertivos deve-se utilizá-la apenas nos quatro primeiros pavimentos, de modo a evitar maiores inclinações e sombreamento na região.

Além disso, o estudo em questão abre vertentes para o desenvolvimento de novos trabalhos acadêmicos nessa linha de pesquisa, dado que os presentes autores fizeram uma única aplicação do modelo de avaliação. Assim, sugerem-se as seguintes alternativas para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- a) Analisar diferentes cores e revestimento;
- b) Analisar termogramas registrados no período matutino e vespertino;
- c) Validar o modelo proposto aplicando-o a outros empreendimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a disponibilidade e a parceria da construtora Concrefuji Engenharia e, também, do Eng. Renan Paulo pelos serviços prestados quanto aos ensaios de percussão e registros termográficos, certo de que o conhecimento adquirido é mútuo na qual beneficiará ambos os lados, academia e empresa.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2017. 65 p.

BAUER, Elton; PAVÓN, Elier; BARREIRA, Eva; CASTRO, Eliane Kraus de. Analysis of building facade defects using infrared thermography: laboratory studies. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 6, p. 93-104, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.02.012>.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M. N. B.. Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília. **Cerâmica**, [S.L.], v. 61, n. 358, p. 151-159, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581786>.

EDIS, Ecem; FLORES-COLEN, Inês; BRITO, Jorge de. Passive thermographic detection of moisture problems in façades with adhered ceramic cladding. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 51, p. 187-197, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.085>.

FREITAS, Sara S. de; FREITAS, Vasco P. de; BARREIRA, Eva. Detection of façade plaster detachments using infrared thermography – A nondestructive technique. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 70, p. 80-87, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.094>.

GARRIDO, Iván; BARREIRA, Eva; ALMEIDA, Ricardo M.s.F.; LAGÜELA, Susana. Introduction of active thermography and automatic defect segmentation in the thermographic inspection of specimens of ceramic tiling for building façades. **Infrared Physics & Technology**, [S.L.], v. 121, p. 104012, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2021.104012>.

LOURENÇO, Tomás; MATIAS, Luís; FARIA, Paulina. Anomaly diagnosis in ceramic claddings by thermography- A review. In: **7th International Conference on Safety and Durability of Structures (ICOSADOS 2016)**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), 2016. p. 1-8.

LORDSLEEM JUNIOR, Alberto Casado; FARO, Humberto Faro. Descolamento de revestimento de fachada: estudo de caso. **Revista Alconpat**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 148-159, 31 maio 2017. Alconpat Internacional. <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i2.126>.

Números do setor cerâmico. Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER). Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/numeros-do-setor>. Acessado em: 22 de fev. de 2022.

PAVÓN DE LA FÉ, Elier. **Critérios e padrões de comportamento para avaliação de descolamentos cerâmicos com termografia de infravermelho**. 2017. 250 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

PESSANHA, Diogo Florencio; ALEXANDRE, Jonas; LIMA, Jose Augusto Pedro; AZEVEDO, Afonso Rangel Garcez de; ZANELATO, Euzébio Bernabé. Ensaio não destrutivo em revestimento cerâmico utilizando um protótipo para detecção de patologia. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 24, n. 4, maio 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620190004.0835>.

TANAKA, Diandra; PAVON, Elier. Influência das dimensões dos descolamentos de revestimentos cerâmicos na avaliação com termografia de infravermelho. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 133-146, set. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000300542>.