CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.152
ISBN 978-65-86819-05-2

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESQUADRIAS UTILIZANDO A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

AZOLIM E. , GABRIELE
Engenheira Civil/ Mestranda
Universidade Federal do Pampa-UNIPAMPA
Rio Grande do Sul; Brasil
gabrieleespindola@gmail.com

MACHADO M., BRUNA
Discente de Engenharia Civil
Universidade Federal do Pampa-UNIPAMPA
Rio Grande do Sul; Brasil
brunaengenharia14@gmail.com

TEMP L., ALDO
Engenheiro Civil/Docente
Universidade Federal do Pampa- UNIPAMPA
Rio Grande do Sul; Brasil
eng.aldotemp@gmail.com

VENQUIARUTO D., SIMONE
Engenheira Civil/Docente
Universidade Federal do Pampa- UNIPAMPA
Rio Grande do Sul; Brasil
sivenquiaruto@gmail.com

RESUMO

As janelas, além das exigências estéticas, possuem função de garantir a luminosidade, a estanqueidade (água e ar), a segurança e o conforto acústico e térmico nos ambientes aos quais estão incluídas. Para que essas exigências sejam desempenhadas corretamente é necessário que a instalação desses elementos seja efetuada de acordo com as adequadas técnicas construtivas. Inserido neste contexto, o presente trabalho, teve como finalidade realizar uma inspeção visual por meio de imagens fotográficas e com termografia infravermelha no sentido de identificar anomalias que comprometam o desempenho em janelas. Essas análises ocorreram na cidade de Alegrete/RS, em um edifício do sistema construtivo em concreto armado sendo composto de dois pavimentos. Os resultados obtidos foram apresentados conforme a orientação das fachadas da edificação, por meio do mapeamento das manifestações patológicas existentes na região das aberturas juntamente com a apresentação dos termogramas gerados a partir da técnica de termografia infravermelho. Após a realização do estudo e da análise desses resultados, constatou-se que as manifestações patológicas encontradas nesta edificação foram principalmente às fissuras horizontais, inclinadas, manchamentos e bolhas, apresentando maior incidência na fachada leste da edificação, além disso, percebeu-se que na região das janelas que possuíam detalhamentos arquitetônicos como brises solares verticais o índice de manifestações patológicas foi muito baixo.
Palavras-chave: manifestações patológicas, janelas, análise térmica, desempenho.

ABSTRACT

The windows, in addition to the aesthetic requirements, have the function of ensuring brightness, watertightness (water and air), safety and acoustic and thermal comfort in the environments to which they are included. In order for these requirements to be properly fulfilled, these elements must be installed in accordance with the appropriate construction techniques. Inserted in this context, the present work aimed to perform a visual inspection through photographic images and infrared thermography in order to identify anomalies that compromise the performance in windows. These analyzes took place in the city of Alegrete / RS, in a building of reinforced concrete construction system consisting of two floors. The results were presented according to the orientation of the building façades, by mapping the existing pathological manifestations in the region of the openings along with the presentation of thermograms generated from the infrared thermography technique. After conducting the study and analysis of these results, it was found that the pathological manifestations found in this building were mainly the horizontal cracks, inclined, stains and bubbles, presenting higher incidence in the east facade of the building, and it was noticed that in the region of the windows that had architectural details such as vertical solar louvers, the rate of pathological manifestations was very low.
Keywords: pathological manifestations, windows, thermal analysis, performance.

1. INTRODUÇÃO

Há muitos anos, o conceito de desempenho na construção civil está associado ao comportamento em uso das edificações, dentro de determinadas condições (BORGES, 2008). Apesar da conceituação ser simples, a aplicação na prática é bastante difícil devido ao englobamento de muitos setores na construção civil como construtoras, fabricantes,

ISBN 978-65-86819-05-2

incorporadoras e órgãos de financiamento. Além de abranger interesses econômicos e as exigências dos usuários das habitações que muitas vezes são variáveis, crescentes e subjetivas.

Referente ao desempenho das edificações, no Brasil, após muitos anos de debates e revisões, no ano de 2013 entrou em vigor a norma de Desempenho das Edificações Habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013), a qual define e evidencia a importância de um desempenho mínimo ao longo da vida útil dos elementos principais, tais como vedações, instalações hidrossanitárias e elétricas, pisos, fachada e cobertura, de qualquer edificação habitacional.

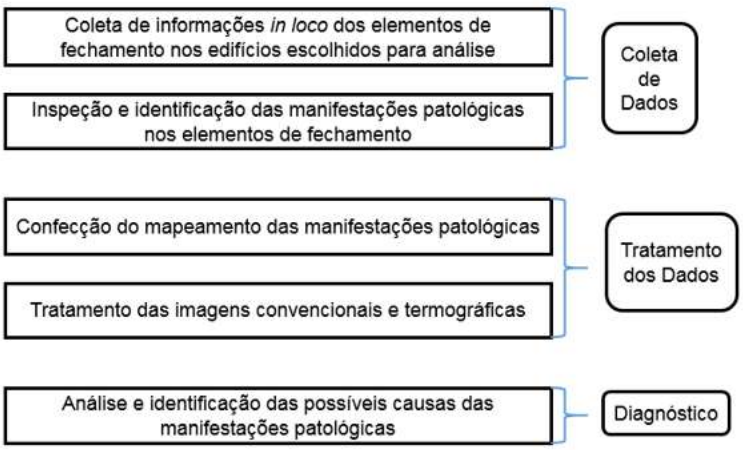
Dividida em 6 partes, a quarta parte da NBR 15575 (ABNT, 2013) aborda exclusivamente requisitos para sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais de até cinco pavimentos ou de seus elementos. Quanto aos sistemas de vedação, as janelas são importantes elementos de vedações verticais que possuem desempenhos estabelecidos por norma, onde os mesmos referem-se a requisitos como estanqueidade à água, ar, rajadas de vento, e ao conforto acústico e térmico (LUDUVICO, 2016). O desempenho adequado de todo esse conjunto é fundamental para a projeção de espaços de convivência saudáveis nas edificações.

Deste modo, este trabalho visa realizar análises termográficas, por meio de um ensaio não destrutivo, em superfícies de janelas de uma edificação de concreto armado a fim de identificar anomalias que comprometam o desempenho desses componentes de fechamento.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho é baseada na técnica de Antunes (2010). Essa técnica consiste em uma sequência fundamentada em três etapas distintas: coleta de dados, tratamento dos dados e diagnóstico. Na Figura 1, para facilitar o entendimento, encontra-se o fluxograma das etapas descritas acima.

Figura 1: Fluxograma da metodologia adaptado de Antunes (2010).



Fonte: Antunes (2010).

2.1 Coleta de dados

Nesta etapa, na cidade de Alegrete, no Estado do Rio Grande do Sul, realizou-se o levantamento e a coleta de dados das janelas previamente escolhidas para a realização do estudo. O método utilizado foi a observação individual dos elementos de fechamento, em seu ambiente real, juntamente com a coleta do maior número de informações.

O edifício escolhido para construir o grupo de amostragem é uma edificação cujo sistema construtivo é de concreto armado, composta por dois pavimentos. Neste estudo, analisaram-se as janelas externas e os resultados foram divididos conforme a orientação da fachada.

Salienta-se que pesquisa é voltada para a observação de falhas que ocasionam manifestações patológicas e perda de desempenho em janelas. Para essas análises, com o auxílio de uma câmera convencional, in loco, registros fotográficos foram realizados com intuito de registrar manifestações patológicas visíveis no elemento de estudo.

ISBN 978-65-86819-05-2

A partir da termografia infravermelha, registraram-se as anomalias ocultas ao observador. Tanto o levantamento fotográfico convencional como o termográfico, serviram de apoio para facilitar a classificação do tipo de manifestação patológica decorrente na estrutura.

Com a coleta das informações, registros fotográficos e o auxílio da bibliografia disponível, a identificação dos problemas patológicos e de desempenho foram realizados.

2.2 Tratamento dos dados

Após a concretização da coleta dos dados, as imagens obtidas foram organizadas conforme a numeração e a orientação de cada fachada. Posteriormente, realizou-se o tratamento das imagens convencionais e termográficas.

2.3 Diagnóstico

Nesta etapa final, os resultados foram analisados e comparados com as informações adquiridas por meio da pesquisa bibliográfica. Lakatos e Marconi (2003) enfatizam que é imprescindível a correlação da pesquisa com o universo teórico, afinal o modelo teórico serve de embasamento à interpretação do significado dos dados e fatos colhidos.

Por meio da interpretação das imagens através dos métodos empregados (convencional e termográfico), foram descritas as possíveis causas da perda de desempenho das esquadrias. Além disso, analisaram-se as origens das manifestações patológicas de cada elemento.

Dentre as falhas encontradas destacaram-se as que apresentam com maior incidência e posteriormente evidenciaram-se os problemas que deverão receber soluções prioritárias.

3. RESULTADOS

3.1 Amostragem

O município de Alegrete localiza-se no oeste do estado do Rio Grande do Sul e possui aproximadamente 77.653 habitantes. O sistema construtivo mais utilizado nas edificações, na região analisada, é o de concreto armado.

As janelas são elementos de extrema importância para o desempenho dessas edificações. Neste contexto, esta pesquisa visou a análise desses elementos, por meio de uma técnica termográfica passiva, em uma edificação do sistema construtivo em concreto armado.

Desse modo, para facilitar a compreensão, após a descrição do equipamento empregado no estudo, os resultados serão dispostos e analisados conforme a orientação da edificação.

3.1.1 Descrição do equipamento

Utilizou-se para a realização desta pesquisa a câmera termográfica da marca FLIR, modelo T400. O equipamento trabalha com uma faixa de temperatura de -20°C a 150ºC, possuindo precisão de ± 2°C ou ± 2% de leitura.

Quanto a emissividade, por se tratar de superfícies eficientes quanto à irradiação de energia (alta emissividade), o valor utilizado foi de 0,95, assim como empregado nos trabalhos de Dactu et al. (2005) e Mario (2011).

Através dessa câmera, fotografias convencionais juntamente com termográficas foram capturadas. O equipamento permitiu definir a escala de cores das imagens e por meio do programa FLIR Tools, disponibilizado gratuitamente pela empresa fabricante da câmera, realizou-se o tratamento das imagens.

3.1.2 Dados da edificação

O edifício analisado, exposto na Figura 2, foi finalizado no ano de 2015. Essa construção é composta por dois pavimentos e adota o sistema construtivo em concreto armado. Conforme informações coletadas, na época de sua execução, os projetos continham todos os detalhamentos das esquadrias em planta.

ISBN 978-65-86819-05-2

Figura 2: Fachada de acesso à edificação.



Fonte: Autor.

A empresa contratada para a execução da obra terceirizou o serviço de compra e colocação das esquadrias com uma empresa local (não especificada no documento de pesquisa). Entretanto, o profissional encarregado da fiscalização confirmou a existência de informações técnicas do fabricante das janelas tais como: resultados dos ensaios normativos, classificação técnica, especificações e desempenho. Na Tabela 1 encontram-se as características das janelas da edificação analisada, conforme informações coletadas com o responsável da fiscalização da obra.

Tabela 1- Dados esquadrias.

Dados das Esquadrias	
Material das Janelas	Alumínio (Janelas Retangulares) Vidro (Janelas Circulares)
Material do Caixilho	Alumínio
Tipo de Instalação	Parafusada
Tipo do Contramarco	Y

Observações:

- Não ocorreu o quebramento das paredes para a colocação de chumbadores;
- Existe a presença de peitoril (constituído de basalto), dotado de pingadeira.

Fonte: Autor.

A quantidade de janelas presentes a edificação é bastante significativa, afinal trata-se de um edifício formado por diversas salas (escritórios) que visam gerar ambientes agradáveis. A Tabela 2 informa a quantidade de janelas por fachada do edifício analisado.

Tabela 2- Quantidade de janelas por fachada.

Dados das Esquadrias	
Norte	8
Sul	1
Leste	28
Oeste	18

Fonte: Autor.

3.2 Tratamento dos dados e diagnósticos

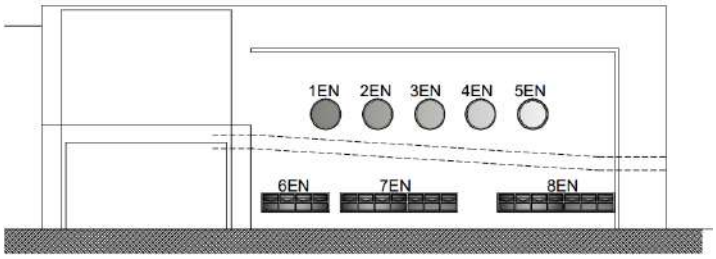
Foi permitido o livre acesso em toda a edificação e deste modo, foi possível analisar todas as fachadas. Conforme a orientação da fachada do edifício realizou-se o tratamento de dados juntamente com o diagnósticos relacionados às esquadrias. No dia da coleta de dados termográficos, da fachada Norte, Sul e Oeste o clima estava seco e a temperatura ambiente estava em torno de 32 ºC, o horário da captura dos termogramas variou das 17:45 às 18:30. Já na fachada leste, os termogramas foram capturados em um outro dia, neste caso, o horário da captura variou das 17:00 às 17:30, o clima estava seco e a temperatura em torno de 30 °C.

ISBN 978-65-86819-05-2

3.2.1 Fachada norte

A fachada norte apresenta grande incidência de insolação diária. Na edificação, essa fachada caracteriza-se por possuir 8 janelas, dentre essas, 5 são circulares, constituídas exclusivamente de vidro e as outras 3 são retangulares, constituídas de alumínio. Para uma melhor análise dos resultados as janelas foram numeradas de acordo com a Figura 3.

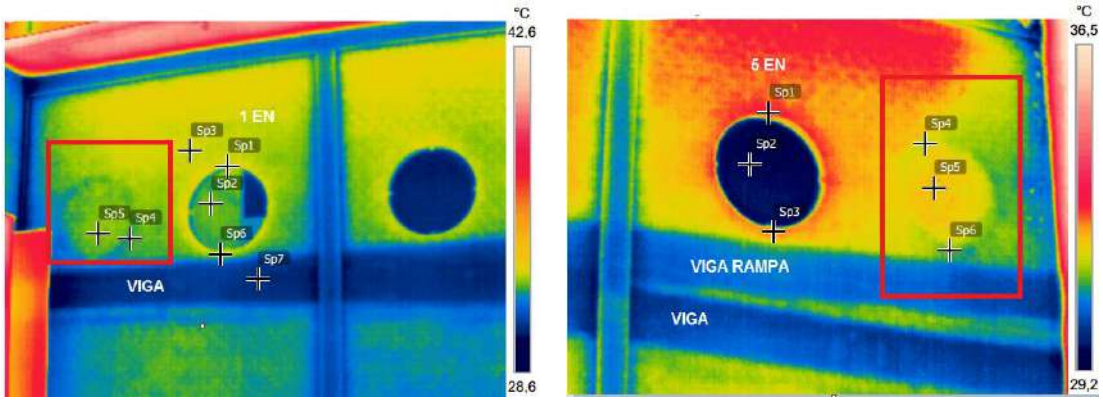
Figura 3: Numeração das esquadrias da fachada norte.



Fonte: Autor.

Por meio de análise visual e fotográfica foi possível identificar diversas incidências patológicas nas esquadrias da fachada norte. Porém, essas manifestações não ocorreram nas janelas circulares (1EN, 2EN, 3EN, 4EN e 5EN), provavelmente a geometria circular contribuiu para a ausência de anomalias. No entanto, um detalhe muito importante evidenciado pela termografia, foram erros de projeto ocorridos nessa fachada, conforme mostra a Figura 4. Nota-se que foram executados vãos para janelas (anterior à esquadria 1EN e posterior à 5EN), os quais foram posteriormente fechados com alvenaria de vedação.

Figura 4: Erros de projeto fachada norte.



(A) Erro de projeto (B) Erro de projeto

Fonte: Autor.

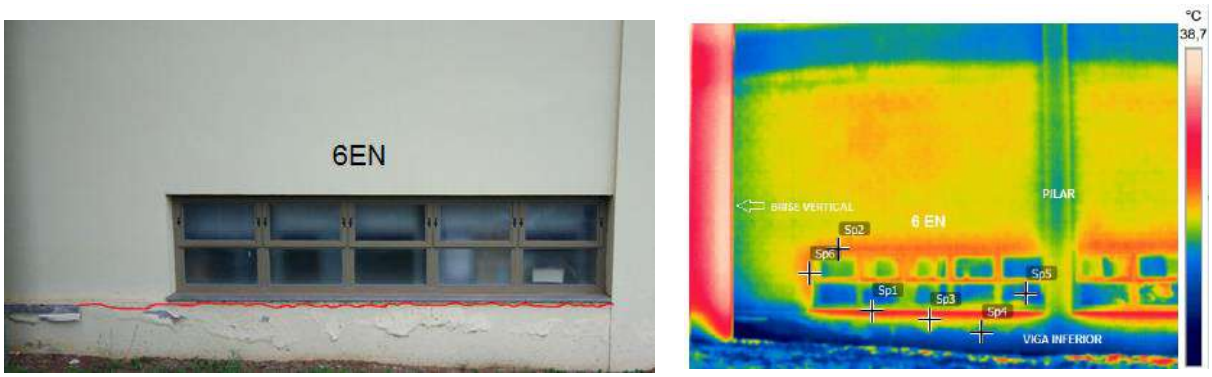
Por meio visual, evidenciou-se nesses vãos fechados, uma fissura circular contornando toda a parte onde seria a esquadria. A termografia possibilitou entender o motivo dessa fissura, nos pontos sp4 da Figura 4, a temperatura estava inferior aos pontos sp5. Essa diferença indica que são materiais com propriedades diferentes e consequentemente se dilatam e retraem de maneira distintas, possibilitando a formação de fissuras.

Possivelmente para a formação do vão circular foi utilizada uma quantidade excessiva de argamassa para a regularização do mesmo, explicando a temperatura menor nos pontos sp4. Desse modo, com o erro da locação da esquadria, a alternativa mais provável, foi apenas vedar esse vão com alvenaria (explicando a temperatura elevada no sp5), não retirando assim, a quantidade excessiva de argamassa de regularização utilizada anteriormente.

ISBN 978-65-86819-05-2

Além das esquadrias circulares, na fachada norte existem 3 janelas retangulares de alumínio (6EN, 7EN e 8EN), afastadas aproximadamente 40 cm do solo. Foram nessas esquadrias que ocorreram as maiores incidências de manifestações patológicas. A esquadria 6EN foi a que apresentou o maior indíce patológico, como evidência a Figura 5 A.

Figura 5: Janela 6EN.



(A) Imagem Digital (B) Imagem Térmica

Fonte: Autor.

Através da análise das 3 janelas (6EN, 7EN, 8EN), notou-se em todas a presença de fissura horizontal sob o peitoril incidente na conexão entre o peitoril e o sistema de fechamento da parede. MOCH (2009) destaca que as possíveis causas desse tipo de fissura é a ineficácia do peitoril, resultando em infiltração e retração por absorção de umidade. Além disso, essas fissuras podem ser ocasionadas devido o preenchimento excessivo do espaço entre o peitoril e a parede de vedação.

Outra manifestação patológica evidente nas 3 janelas são as bolhas, que também estão presentes abaixo do peitoril. A incidência de bolhas nesse local, provavelmente está relacionada com o contato direto de umidade ocasionado pela inclinação e o prolongamento longitudinal do peitoril inadequado. Ripper (1986) e Watanabe (2014) aconselham que o prolongamento transversal do peitoril tenha no mínimo 4 centímetros e inclinação mínima de 1%.

A termografia possibilitou uma análise mais precisa em relação a possível causa das fissuras horizontais encontradas abaixo do peitoril. O termograma da esquadrias 6EN (esquadria com maior índice patológico) está disposto na Figura 5 B. Com esse termograma foi possível perceber que na esquadria a região que mais absorveu calor foi o peitoril. O peitoril de todas as esquadrias dessa edificação é constituído de basalto, e a média de temperatura encontrada nesse material, entre as 3 janelas analisadas (6EN, 7EN, 8EN), foi de 34,4°C.

Salienta-se que nas 3 janelas, o fechamento inferior da esquadria foi realizado na viga, a qual estava apresentando uma temperatura média de 30,5°C. No entanto, entre o peitoril e viga , pela termografia foi possível perceber que existia (nas 3 janelas) uma região que apresentava uma temperatura média de 32°C que provavelmente refere-se a uma superfície da viga que aquece um pouco mais devido o contato direto com o peitoril . Esse diferencial de temperatura (entre peitoris, ligações e vigas) pode ser a possível causa da fissura horizontal detectada nas janelas retangulares da fachada norte, afinal os materiais estão se dilatando e retraindo de formas distintas.

Na região abaixo do peitoril, onde houve a presença de bolhas, a temperatura estava superior, comparando com a temperatura da viga, fato que se observa pela tonalidade de azul mais claro nas figuras acima. Todos os peitoris estavam com a prolongação abaixo da mínima recomendada, apresentando apenas 2 cm de prolongação e não contendo a inclinação mínima de 1%. Esse fato, pode indicar que esse erro construtivo, pode ser o agente causador das bolhas situadas logo abaixo da esquadria, além de auxiliar também para a formação da fissura horizontal, pela infiltração e tração por absorção de umidade.

Outro fato que foi possível perceber através da termografia foi que as 3 janelas retangulares analisadas não possuem vergas, o que facilita a aparência de fissuras inclinadas na parte superior dos vértices das esquadrias. No entanto, devido

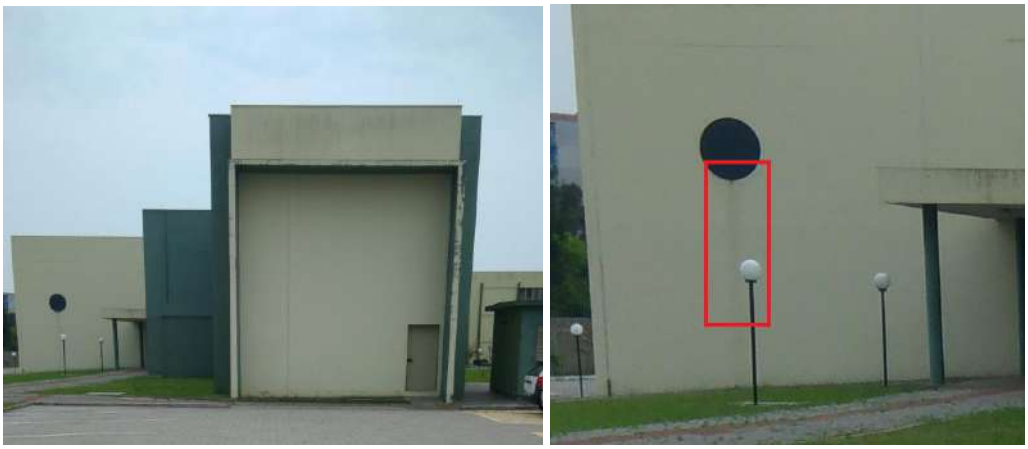
ISBN 978-65-86819-05-2

ao fechamento lateral das janelas ocorrer nos pilares (janela 6EN e 7EN lateral direita e janela 8EN laterais direita esquerda) essas fissuras não ocorreram.

3.2.2 Fachada sul

Dentre todas as fachadas, a fachada sul é que menos tem incidência de insolação diária, e, muitas vezes é a fachada que mais apresenta manifestações patológicas. Esse fato com certeza foi levado em consideração pelos projetistas dessa edificação afinal, conforme a Figura 6, é possível observar que a fachada sul é composta por apenas uma janela de vidro circular.

Figura 6: Manchamento esquadria fachada sul.



(A) Fachada Sul (B) Detalhamento

Fonte: Autor.

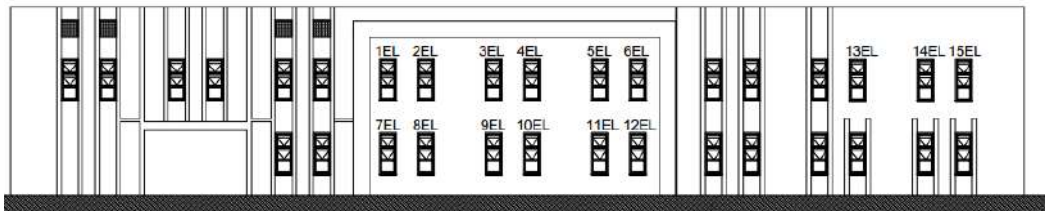
A esquadria dessa fachada não foi analisada termicamente, pois através da análise visual e fotográfica foi possível constatar, na parte inferior da esquadria, a presença de manchamento da superfície devido ao carreamento de partículas. Essa manifestação patológica ocorre quando a água em deslocamento se enriquece de elementos sólidos como poeira, e por atrito seu poder abrasivo é aumentando, ocasionando no deposito partículas de sujeira sobre a superfície.

3.2.3 Fachada leste

A fachada leste é caracterizada por receber a incidência solar apenas pela parte da manhã, evitando que os cômodos que estão incluídos a essa orientação superaqueçam no período da tarde. Devido a esse fato, muitos projetistas direcionam os cômodos de maior permanência a essa orientação.

A fachada leste do edifício analisado (Figura 7), refere-se a fachada com maior número de aberturas, possuindo no total 28 janelas retangulares constituídas de alumínio. Dentre essas 28 janelas, 17 janelas apresentam brises solares verticais.

Figura 7: Numeração das esquadrias da fachada leste.



Fonte: Autor.

Nessas 17 janelas com brises solares verticais não ocorreram manifestações patológicas. Entretanto, nas janelas que não possuíam esse elemento arquitetônico o índice de danos patológicos foi alto, visto que o objetivo dos brises é

ISBN 978-65-86819-05-2

justamente proteger a esquadria da incidência solar, e neste caso, a sua utilizaçao auxiliou para a prevenção de manifestações patológicas decorrentes do diferencial térmico entre esquadria e superfície de vedação.

Deste modo, os resultados da fachada leste serão focados às esquadrias 1EL, 2 EL (segundo pavimento) e 7EL e 8 EL (primeiro pavimento), devido a essas apresentarem maior índice de manifestações patológicas.

Por meio da análise fotográfica, constatou que as janelas 1EL e 2EL (Figura 8 A) apresentaram fissuras horizontais na região inferior onde localiza-se o peitoril. Juntamente à essa manifestação, constataram-se fissuras nos vértices das aberturas inferiores, essas geralmente se manifestam quando há a inexistência contraverga nas esquadrias. Além disso, na parte superior das esquadrias (1EL e 2EL) observaram-se fissuras entre a ligação entre viga (superior) e janela. Manifestações patológicas relacionadas a umidade também foram encontradas, na região do peitoril das duas janelas, constataram-se manchamentos devido ao carreamento de partículas.

Figura 8: Janelas 1EL e 2EL.



(A) Imagem digital (B) Imagem térmica

Fonte: Autor.

Pela análise térmica (Figura 8 B) das esquadrias 1EL e 2 EL notou-se que o fechamento superior da esquadria acontece realmente em uma viga. A temperatura da viga é representada pelo sp7 e equivale a 27,7ºC, enquanto a ligação entre esquadria viga (sp4) e a superfície de vedação (sp6) estão com 28,7ºC e 28,5ºC respetivamente. Esse diferencial de temperatura (viga, ligação e superfície) explica a formação de fissuras na ligação entre esquadria- viga superior, visto que há a descontinuidade dos elementos estruturais deste sistema construtivo, além disso, nos vértices esquadrias é onde localizam-se as concentrações de tensões que podem ser evitadas através da utilização de vergas e contravergas.

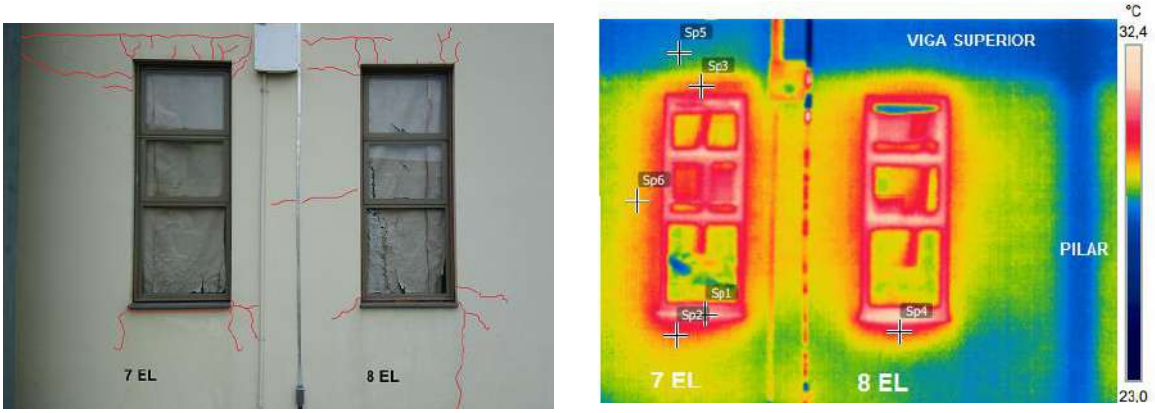
Como alternativa de minimizar esse tipo de fissura, aconselha-se a utilização de telas de aço, colocadas entre a ligação viga-esquadria. Salienta-se que as telas devem ser detalhadas em projetos para evitar erros construtivos. Nas laterais das esquadrias, onde também ocorreram fissuras horizontais, a temperatura média (sp5 e Sp3) estava entre 29ºC e a superfície de vedação (sp6) 28,5 ºC. Essa temperatura elevada nas regiões laterais em relação a superfície pode ser explicados pela temperatura alta das esquadrias de alumínio, onde essas aquecem a região que estão em contato, podendo formar as fissuras horizontais observadas nas laterais das janelas 1 e 2 EL. Outro ponto que pode ser analisado foi a ausência de contraverga em ambas as janelas, fato que explica as fissuras inclinadas nesta região. A região que absorveu maior calor foi o peitoril, apresentando (sp1) 30,7 °C.

A região entre ligação peitoril- superfície de alvenaria estava com 29,1°C e a superfície de vedação exibiu a temperatura de 28,5ºC. É importante salientar que o peitoril da fachada leste possui 3 cm de prolongamento, sem nenhuma inclinação, sendo o agente causador dos manchamentos e podendo ter uma parcela de responsabilidade em relação a fissura horizontal devido a infiltração e posterior tração por absorção de água. Essa fissura horizontal, em ambas esquadrias, também pode ter sido provocada pela diferença de temperatura (peitoril, ligação e superfície), diferencial ocasionado pelo superaquecimento do peitoril.

ISBN 978-65-86819-05-2

Através Figura 9 foi possível analisar as incidências patológicas das janelas 7EL e a 8EL. Por meio da análise visual (Figura 9 A), percebeu-se a presença de fissuras verticais inclinadas nas extremidades (inferior e superior das esquadrias). Além disso, evidenciaram-se fissuras horizontais na parte intermediária da esquadria e verticais na parte superior da ligação entre esquadria e superfície. Destacou-se também infiltração nas interfaces do peitoril e apenas na janela 7EL detectou-se fissura horizontal na parte do peitoril.

Figura 9: Janelas 7EL e 8EL.



(A) Imagem digital (B) Imagem térmica

Fonte: Autor.

Por meio do termograma da Figura 9 B foi possível constatar a ausência de verga e contraverga, justificando a presença de fissuras verticais nas extremidades das esquadrias. A verga e contraverga neste caso é essencial a essas aberturas, pois nenhuma delas faz fechamento (superior ou inferior) em vigas estruturais.

A viga conforme mostra o ponto sp5 do termograma, estava com 28,2°C e a superfície entre ligação viga-superfície de vedação (sp3) estava com 29,5. Essa diferença de temperatura aponta que existem diferenciais de absorção de calor e consequentemente dilatação entre os materiais, explicando as fissuras verticais observadas nas extremidades superiores das esquadria. O alumínio das esquadrias e os peitoris foram os elementos que mais absorveram calor, apresentado 30,9 ºC. O aquecimento do material da esquadria justifica a temperatura de 29,1°C das laterais da superfície de alvenaria (sp6), valor elevado comparada o restante da alvenaria de vedação (28,7°C). O aquecimento do peitoril assim como inadequação do mesmo, provavelmente resultou na fissura horizontal da esquadria 7EL, como já explicados nos casos semelhantes analisados anteriormente.

A infiltração abaixo do peitoril apresentou temperatura média de 29,5°C , conforme os pontos sp4 e sp6. Essa temperatura foi superior relacionado a região de vedação da superfície de alvenaria (28,7ºC).

3.2.4 Fachada oeste

A fachada oeste é caracterizada por receber maior incidência solar no período da tarde. Essa fachada é a que promove o acesso interior ao edifício analisado e é composta por 18 janelas de alumínio. Para facilitar o entendimento dos resultados referentes a essa fachada, as janelas foram numeradas de acordo com a Figura 10.

Figura 10: Numeração das esquadrias da fachada oeste.



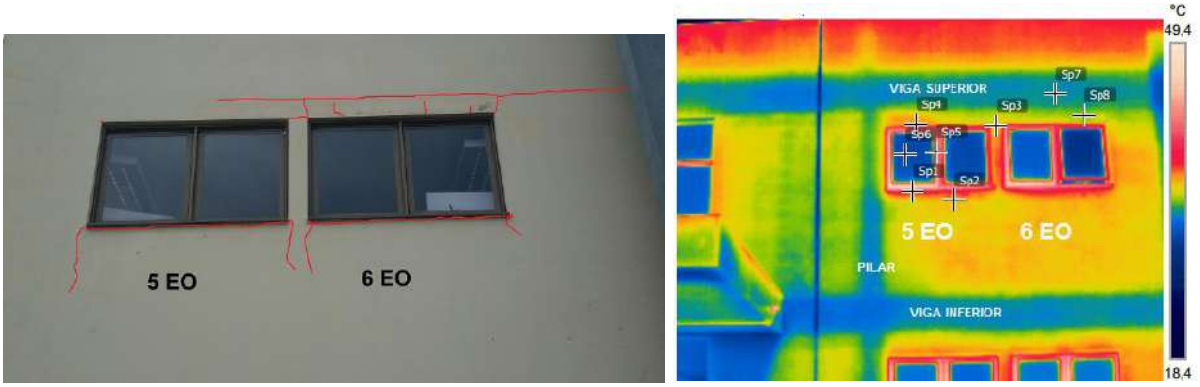
Fonte: Autor.

ISBN 978-65-86819-05-2

Dez janelas da fachada oeste são compostas por brises solares verticais e nessas não foram constatadas manifestações patológicas e, por este motivo, a análise ocorreu nas janelas que não possuem esses elementos arquitetônicos.

Nas esquadrias 5EO e 6EO (Figura 11), o índice de manifestações patológicas foi maior dentre todas as esquadrias desta orientação. Pela análise visual e fotográfica (Figura 11 A) constataram-se fissuras horizontais na região do peitoril juntamente com fissuras inclinadas nas extremidades das esquadrias e algumas fissuras verticais na parte superior da janela entre a ligação janela-superfície. Além dessas manifestações, bolhas abaixo do peitoril da janela 5EO e acima da esquadria 6EO também foram detectadas.

Figura 11: Janelas 5EO e 6EO.



(A) Imagem digital (B) Imagem térmica

Fonte: Autor.

Através do termograma da Figura 11 B, analisou-se que o fechamento superior da esquadria não aconteceu na viga superior, e com isso, a vedação foi executada com duas fiadas de alvenaria. Porém, nesse caso, seria essencial a utilização de verga e contraverga, para evitar as fissuras inclinadas nas extremidades das esquadrias, causadas pela concentração de tensões em torno dos vãos.

Entretanto, como pode-se perceber no termograma da Figura 11 B, evidenciou-se a ausência de verga e contraverga nas esquadrias 5EO e 6EO, justificando desse modo, a ocorrência das fissuras inclinadas nas extremidades, superior (direita janela 5EO e direita-esquerda janela EO) e inferior (direita janela 5EO e direita-esquerda janela EO) de ambas as janelas. Através da análise térmica também foi possível confirmar que a janela 5EO faz ligação com um pilar, explicando assim, a fissura vertical encontrada na região inferior esquerda entre a ligação lateral esquadria-pilar dessa janela.

A fissura horizontal acima das esquadrias (ligação viga- superfície) pode ser explicada devido a temperatura que a viga (sp7=33,8ºC) e a região de ligação viga-superfície de alvenaria (sp8=35,1ºC) apresentaram. O diferencial térmico mostrou que os materiais constituintes dessa região se dilatam/retraem de maneira diferenciada, formando desse modo, a fissura observada nessa superfície.

Os elementos que mais absorveram calor foram os peitoris (sp1=39,7°C) e o alumínio da esquadria (49,4°C). Devido a esse fato, a região de fechamento ao redor da esquadria encontrou-se mais aquecida como mostra os pontos sp2, sp3 e sp4, apresentando respectivamente 36,8ºC, 36,6ºC e 36,9ºC, valor médio de 0,6ºC a mais que a temperatura média da superfície de alvenaria de vedação. O super aquecimento do peitoril e a inadequação das dimensões e inclinação (2cm de prolongamento e 0 % de inclinação) do mesmo, pode ser o grande agente causador das fissuras horizontais na parte inferior das esquadrias.

4. CONCLUSÕES

No edifício analisado percebeu-se que nas janelas que possuíam brises solares verticais o índice de manifestação patológica foi quase nulo. No entanto, constataram-se manifestações patológicas em todas as esquadrias que não apresentavam esse elemento arquitetônico. A fachada leste desse sistema construtivo caracterizou-se por ser a fachada com maior número de janelas e foi nessa orientação que ocorreu o maior índice de manifestações patológicas.

ISBN 978-65-86819-05-2

Em geral, nas esquadrias dessa edificação, ocorreram problemas como fissuras (inclinadas e horizontais) e manifestações patológicas relacionadas à umidade tais como manchamentos, infiltrações e bolhas.

Pela análise de campo, observou-se que todos os peitoris não apresentavam a inclinação e o prolongamento normativo, sendo a provável explicação das manifestações patológicas relacionadas a manchamentos e formação das bolhas encontradas abaixo da região inferior das esquadrias.

As fissuras ocorreram de forma frequente em todas as janelas da edificação. As fissuras horizontais abaixo do peitoril estavam presentes em quase todas as janelas analisadas, a ocorrência dessa manifestação patológica foi possível ser diagnosticada com confiabilidade através da análise termográfica, onde evidenciou-se que o surgimento desse tipo de fissuração foi decorrente da alta absorção de calor do peitoril e/ou devido à dimensão e inclinação inadequada do mesmo.

As fissuras inclinadas ocorreram pela ausência de vergas e contravergas, nas esquadrias que não faziam fechamento em vigas. Salienta-se que só foi possível a verificação dessa ausência por meio das análises termográficas.

As fissuras horizontais localizadas nas laterais de algumas janelas, foram ocasionadas devido a transferência de calor das esquadrias de alumínio, onde essas aqueceram a região de ligação esquadria- superfície de vedação, fazendo com que essa região que não tem função estrutural (apenas de vedação) dilatasse e retraísse de forma diferenciada comparada ao restante da superfície de vedação a qual apresentou uma temperatura inferior. Através dos termogramas, analisou-se que as fissuras horizontais presentes nas extremidades de algumas janelas da edificação, ocorreram nas esquadrias que faziam fechamento em vigas. Esse fato pode ser explicado por meio da diferença de temperatura que os elementos (viga/vedação) possuíam, mostrando que esses trabalham (dilatam/retraem) de maneira diferenciada, ocasionando as fissuras horizontais evidenciadas.

Observaram-se também erros construtivos referentes à locação das janelas circulares na fachada norte, porém esses só foram visíveis através dos termogramas. As manifestações patológicas de umidades encontradas poderiam ser evitadas se o peitoril estivesse exercendo sua função adequadamente, para isso acontecer, esse elemento deveria possuir prolongamento e inclinação necessária de acordo com os autores e fabricantes consultados.

As fissuras inclinadas, observadas em algumas janelas da edificação, não ocorreriam se fosse empregado na fase de execução de projeto vergas e contravergas (quando necessário) junto às esquadrias. As fissuras horizontais na ligação entre janela-viga evidenciaram a importância do emprego de malhas metálicas entre esses elementos, essa malha previne a formação desse tipo de fissuração, devendo constar no projeto arquitetônico o detalhamento do uso desse elemento para evitar possíveis erros na fase de execução.

Por fim, as fissuras horizontais abaixo do peitoril, provavelmente seriam evitadas se o peitoril tivesse as dimensões adequadas e fosse constituído de outro material, para não ocorrer o superaquecimento que ocorreu no peitoril constituído de basalto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE** . Rio de Janeiro, 2013. 63 p.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília – Sistematização da incidência de casos**. 199f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Goiás, 2010.

BORGES, C.A.M. & SABBATINI, F.H. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/515. São Paulo: USP, 2008.

ISBN 978-65-86819-05-2

DACTU, S. et al. **Improvement of Building Wall Surface Temperature Measurements by Infrared Thermography**. Infrared Physics and Technology, v. 46, p. 451-467, 2005.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LUDUVICO, T. S. **Desempenho a estanqueidade à agua: interface janela e parede.** 2016. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MARIO,M. **Uso da termografia como ferramenta não destrutiva para a avaliação de manifestações patológicas oculta.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado)- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

MOCH, T. **Estudo da Interface Janela/Alvenaria: proposta componente de conectividade**. 2009. 178f. Dissertação (Mestrado em Engenha Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1986.

WATANABE, R. M. Caso n° 17: **Infiltrações de água**. In: Página Pessoal de Roberto Massaru Watabane. Disponível em: <http://www.ebanataw.com.br/infiltracoes/caso17.htm> . Acesso em: 17 dez. 2019.