

## Aplicação da termografia infravermelha na análise de manifestações patológicas em uma edificação prisional

### Application of infrared thermography in the analysis of pathological manifestations in a prison building

<sup>1</sup>Anderson Santana da Costa, <sup>2</sup>Adriana Eloá Bento Amorim

<sup>1</sup> Engenheiro Civil –UFMT, Servidor da Secretaria Adjunta de Administração Penitenciária do Estado de Mato Grosso (andersoncosta@sespmt.gov.br)

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Civil -UNICAMP, Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Mato Grosso- (adriana.amorim@ufmt.br)

**RESUMO:** As edificações prisionais necessitam constantemente de vistorias preventivas, não destrutivas e de rápida execução. Assim, para evitar mais prejuízos ao elemento construtivo, um recurso utilizado pela engenharia de perícias é o método indireto de análise de dano, o qual permite a investigação e análise por meio de técnicas não destrutivas, como a termografia infravermelha (TI) para identificação de manifestações patológicas (MP). Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é analisar as manifestações patológicas em uma edificação penal, destacando a aplicabilidade do uso da TI neste tipo de edificação. As MP, danos visíveis e ocultos foram identificados, classificados e analisados por sistema construtivo, apontando suas prováveis causas, origens e mecanismos, assim como propostas ações de recuperação. Os resultados apontaram que a maior ocorrência de MP é no sistema estrutural, seguido das instalações; e a origem em decorrência da falha de projeto (em especial da cobertura) e na rede elétrica, aliadas à falta de manutenção e especificidade do uso da edificação (danos causados pela ação humana). A aplicação da técnica de TI na investigação de MP contribuiu para a otimização da investigação, como a redução do tempo de coleta, constatação de MP e danos ocultos. E permitiu que a movimentação interna dos privados de liberdade fosse realizada sem a necessidade de desativação local avaliado. Deve-se levar em consideração para trabalhos futuros, a utilização de uma amostra mais representativa para danos específicos causados pela ação humana, como por exemplo, pesquisa em unidades prisionais com maior tempo de uso.

**Palavras Chave:** Manifestações patológicas em edificações. Termografia infravermelha. Edificações penais. Danos por ação humana.

**ABSTRACT:** Prison Buildings are in constant need of preventive, non-destructive inspections that can be carried out quickly. Thus, in order to avoid further damage to the construction element, a resource used by forensic engineering and appraisals is the indirect method of damage analysis, which allows investigation and/or analysis using non-destructive techniques, such as infrared thermography (IT) to identify pathological manifestations (PM). In this context, the general objective of this work is to analyze the pathological manifestations in a prison building, highlighting the applicability of the use of IT in this type of building. The PM, visible and hidden damage was identified, classified and analyzed by construction system, pointing out their causes, origins and mechanisms, as well as recovery actions were proposed. The results showed that the greatest occurrence of PM is in the structural system, followed by the installations and the origin is due to design faults (especially in the roof) and in the electrical network, combined with a lack of maintenance and specific use of the building (damage caused by human action). The application of the IT technique in the investigation of PM contributed to the optimization of the investigation, such as the reduction in collection time, the discovery of PM and hidden damage. And it has allowed the internal movement of prisoners to be carried out without the need to deactivate the site being assessed. Future work should take into account the use of a more representative sample for specific damage caused by human action, such as research in prison units with a longer period of use.

**Keywords:** Pathological manifestations in buildings. Infrared thermography. Prison buildings. Damage by human action.

## 1. INTRODUÇÃO

A manutenção e recuperação dos edifícios deve ser subsidiada pelo levantamento de suas manifestações patológicas, com vistas a se ter uma adequada identificação de suas origens, causas e potenciais soluções, seguindo assim os preceitos apontados pela ciência da patologia das edificações. As manifestações patológicas (MP) são as evidências, as

degradações identificadas nas inspeções, os sintomas que caracterizam a presença da patologia. Nessa perspectiva a patologia das construções configura-se como o estudo e diagnóstico das manifestações patológicas identificadas nas edificações (SENA et al., 2020).

Como se sabe, em qualquer edificação ocorre desgaste natural, endógeno (fadiga, degradação, falhas estruturais, entre outros) ou exógeno (atrito, corrosão, abrasão, impactos, entre outros). No entanto, esse processo pode ser acelerado devido à falta de manutenção tanto preventiva quanto corretiva. Deste modo, as patologias podem ocorrer por erros oriundos (de origem) desde a concepção do projeto e execução da obra ou por não cumprimento das manutenções preventivas por parte do usuário da edificação. Em se tratando de uma edificação prisional, enfoque desta pesquisa, tais danos são agravados e potencializados pelo desgaste constante decorrente da ação humana (danos à estrutura, revestimentos, esquadrias e outros elementos construtivos).

Recorrentemente os métodos tradicionais ou diretos de investigação são aqueles usualmente aplicados para identificação da manifestação patológica, requerendo inspeção visual *in loco*. Apesar de algumas serem de fácil detecção visual, existem outras que, por serem ocultas, comprometem a segurança e a durabilidade das edificações, necessitando de ensaios destrutivos do elemento construtivo para uma análise e avaliação mais completa, o que pode danificá-lo ou compromê-lo. Ao se analisar essa questão sob a perspectiva das edificações prisionais e, considerando a logística necessária para um remanejamento das pessoas privadas de liberdade do respectivo local, torna-se ainda mais difícil a aplicação dos métodos tradicionais. Em edificações penais há ainda uma particularidade devido à conduta dos indivíduos, privados de sua liberdade que depredam esses locais, ocorrendo manifestações patológicas cujas principais origens são uso inadequado e falta de manutenção da edificação. Assim, para evitar mais prejuízos aos elementos construtivos, um recurso utilizado pela engenharia de perícias e avaliações é o método indireto de análise de dano, o qual permite a investigação e/ou análise por meio de técnicas não destrutivas (TINOCO, 2009), tais como o uso da técnica da termografia. Tinoco (2009) define ainda o método misto (direto e indireto) como a investigação por meio de recursos e tecnologias não destrutivas, visando garantir a mínima invasão destrutiva nos elementos construtivos, procura-se o equilíbrio entre as necessidades de aprofundamento das investigações e as capacidades de investimentos em tecnologias avançadas.

A norma brasileira NBR 15.572 (ABNT, 2013) estabelece a termografia como um método indireto de investigação, definindo-a como um ensaio não destrutivo, que se baseia na formação de imagens térmicas (termogramas) obtidas pelos aparelhos (termógrafos), por meio da radiação infravermelha emitida pelos objetos. A partir da variação de temperatura observada no gradiente (espectro) de cor do aparelho, é possível identificar regiões com anomalias (variações térmicas fora do esperado para o local), que podem se configurar como uma manifestação patológica. Oliveira et al. (2020) descrevem que este ensaio não destrutivo pode identificar presença de umidade nos elementos construtivos, falhas de uniformidade na superfície de revestimentos, aquecimento excessivo em dispositivos elétricos, vazamentos em tubulações, entre outras.

Segundo Hart (1991), as aplicações da termografia na indústria da construção civil são inúmeras, podendo ser avaliado o desempenho da construção, de seus componentes e dos serviços, avaliar defeitos em isolamentos, perdas de energia, vazamento de ar, bem como detectar umidade e infiltração em telhados e paredes tanto na estrutura interna quanto externa, localizar pontes térmicas, identificar falhas na construção, analisar “detalhes ocultos”, como dutos e tubos subterrâneos, além disso pode auxiliar em manutenções preventivas e detecção de anomalias elétricas. Através da termografia infravermelha é possível também a identificação de corrosão de armaduras, manifestação patológica de maior ocorrência em estruturas de concreto (HELENE, 1992). Nas vedações internas e externas, as MP mais

recorrentes são as fissuras ou trincas, que podem ocorrer por sobrecarga da estrutura, retração do concreto, além de movimentações térmicas, higroscópicas, recalque estrutural, alterações químicas dos materiais de construção (THOMAZ, 1989). Outras manifestações patológicas em vedações, como bolor e eflorescência, são as decorrentes de umidade, as quais podem ser oriundas de águas das chuvas, condensações, da própria construção e umidade ascensional (SENA et al., 2020). Rocha et al. (2018) mostraram que a termografia infravermelha é um ensaio adequado na detecção de manifestações patológicas causadas por infiltrações, mesmo tendo influência das condições ambientais nas paredes que possuem contato solar em sua superfície externa. Infiltrações também foram detectadas pela técnica da termografia, representadas por diferenças de temperatura em vedações, comprovando a presença de umidade nos elementos (BIANCHIN, 2019; OENING, 2021; BERNARDI, 2021; BINOTI, 2023; FARIAS, 2023). Outra manifestação patológica analisada por meio da termografia é o descolamento de revestimentos (cerâmicos ou pinturas), em especial, em fachadas (SANTIAGO et al., 2020; BERNARDI, 2021; HEMESAT, 2022; BINOTI, 2023; FARIAS, 2023). Anomalias nos circuitos elétricos, como a sobrecarga, são facilmente identificadas pelas altas temperaturas registradas por termografia (OLIVEIRA et al., 2020).

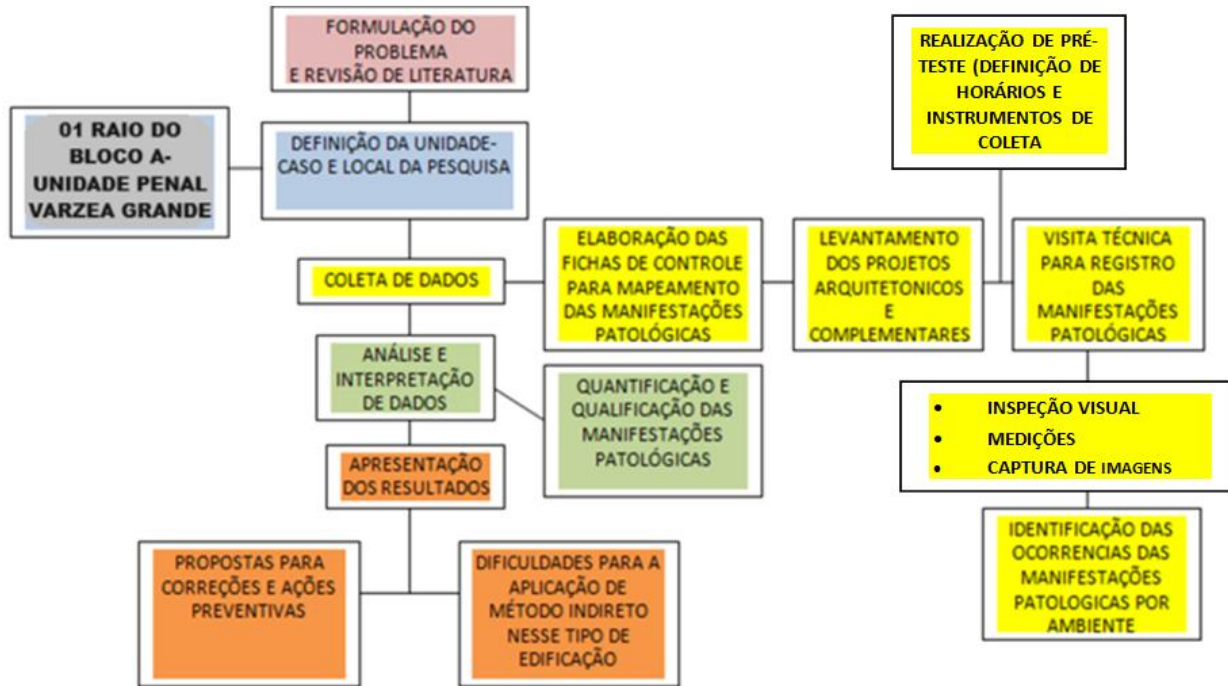
No Brasil, a garantia da qualidade, segurança e conforto em edificações são previstos nas normas técnicas, tal como ABNT NBR 15.575: Desempenho de Edificações Habitacionais (ABNT, 2021). Conforme destacado por Sena et al. (2020), apesar dessa norma corroborar nas discussões da área da patologia das construções, no Brasil ainda não existem normas específicas para outros tipos de edificações. A norma técnica da ABNT NBR 5674 – Manutenções de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção (ABNT, 2012), define as manutenções corretiva e preventiva nas edificações, para garantir a segurança e qualidade de vida dos usuários. Para assegurar que as manutenções prediais sejam realizadas nas edificações é necessário seguir a Lei Estadual n.º 10.492 (MATO GROSSO, 2017), que estabelece que os condomínios ou proprietários de prédios comerciais e residenciais com mais de 25 (vinte e cinco) anos de vida útil têm a obrigatoriedade de realizar inspeções prediais quinquenais as quais devem ser conduzidas por um profissional habilitado, conforme os requisitos da norma da ABNT NBR 16.747 - Diretrizes, Conceitos, Terminologias e Procedimentos (ABNT, 2020).

Ao se considerar que edificações prisionais necessitam constantemente de vistorias preventivas, não destrutivas e de rápida execução, questiona-se a potencialidade da aplicabilidade da termografia infravermelha na identificação e análise de manifestações patológicas para este tipo de edificação. Assim, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar as manifestações patológicas em uma edificação prisional, destacando a aplicabilidade do uso da termografia infravermelha.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa pode ser classificada de natureza exploratória e de aspecto quantitativo e qualitativo. Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso (estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento), das manifestações patológicas e danos que podem ser analisados por métodos indiretos da termografia infravermelha em edificações penais. A Figura 1 ilustra o delineamento de um estudo de caso proposto por Gil (2010) e adaptado para a pesquisa.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa –estudo de caso.



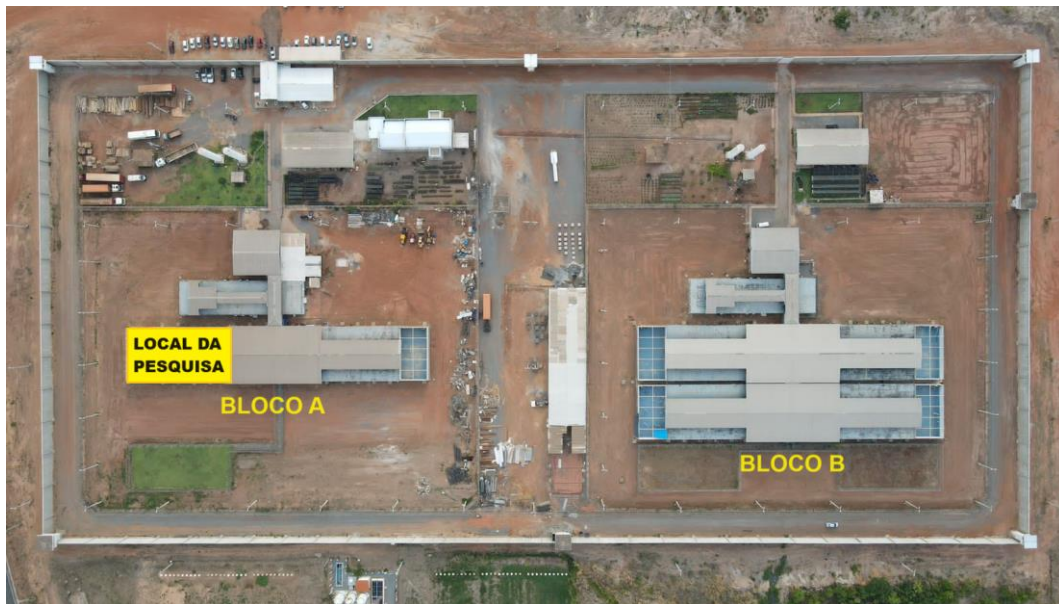
### 2.1 Definição da unidade-caso: amostragem e local da pesquisa

Para melhor compreensão da edificação, é necessário definir os itens que a compõe, conforme segue: a) cela é o espaço destinado a vivencia de pessoas privadas de liberdade, podendo ser coletivas ou individuais; b) ala é conjunto de duas celas ou mais celas , podendo ter solário ou não; c) solário é área descoberta ou coberta apenas com grades ou chapa expandida localizada logo a frente das celas permitindo também o banho de sol nas alas; d) raio é conjunto de alas e corredores, tendo obrigatoriamente ao final deste um espaço amplo destinado ao banho de sol e/ou recebimento de visitas(quadra); e) bloco é o conjunto de raios.

A edificação selecionada para a pesquisa, configura-se como uma Unidade Penal, com capacidade de 1008 vagas, localizada no estado de Mato Grosso. A edificação é constituída por dois Blocos (A e B), totalizando seis raios (pavilhões) prisionais de dois pavimentos, onde o inferior é composto pelas celas, alas e demais áreas de vivência das pessoas privadas de liberdade, enquanto o superior é utilizado para controle, segurança e serviço por parte dos policiaos penais. Existem ainda dois módulos de saúde, dois módulos triagem, um modulo administrativo, um módulo corpo de guarda e alojamentos, seis torres de segurança, perfazendo uma área total de 14.390,08m<sup>2</sup> (Figura 2).

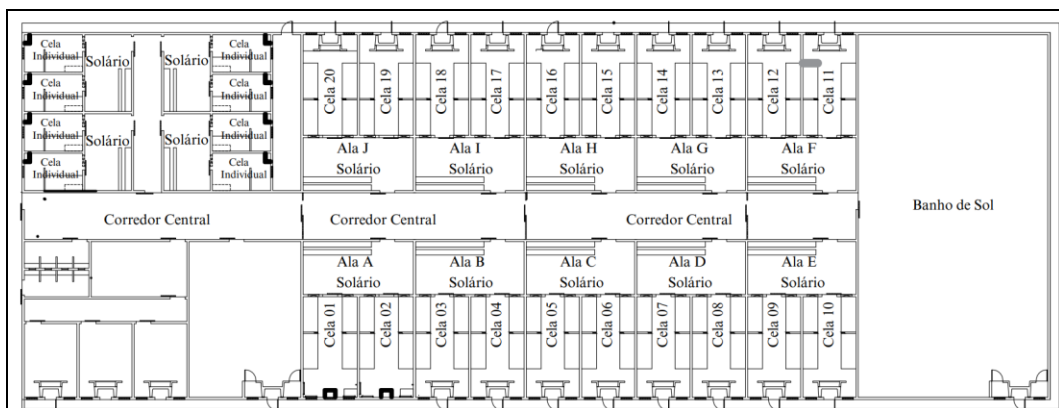
Cada Bloco é construído em painéis de concreto armado pré-fabricados, cobertura de estrutura metálica e telhas galvanizadas, piso em concreto e granilite. As instalações hidrossanitárias, elétricas e de proteção contra incêndio são parcialmente embutidas e aparentes.

Figura 2- Vista aérea do local da pesquisa.



O objeto da pesquisa ou amostragem trata-se das celas de vivência coletiva do Raio 2 (pavilhão prisional), do Bloco A, com capacidade de 168 vagas, com área de 1.072,14m<sup>2</sup>, conforme apresentado no leiaute (Figura 3).

Figura 3- Leiaute do Raio 02 (amostra).



Fonte: Adaptado de SESP-MT (2023).

No Quadro 1, apresenta-se a caracterização do objeto amostral selecionado (Bloco A) pertencente ao complexo da edificação prisional.

Quadro 1 - Identificação da amostra.

Edificação/ Bloco	N.º de Raios	N.º de Alas (solários)	N.º de Celas	N.º de quadra/ banho de sol	Área de estudo (m <sup>2</sup> )
Bloco A	01 (Raio 2)	14	28	01	1.072,14

## 2.2 Coleta de dados e instrumental

### 2.2.1 Coleta de dados documentais

Foram consultados os seguintes documentos: projeto arquitetônico (plantas baixas, cortes, fachadas, detalhes). Não havia ou não foi disponibilizada qualquer documentação referente a registros de manutenção e ou de inspeção predial.

### 2.2.2 Coleta de dados *in loco*

Na coleta de dados *in loco* foram realizados os seguintes procedimentos:

- a) Visita técnica no local da pesquisa onde verificou-se a aplicação da Ficha de Identificação de Manifestações Patológicas -dos instrumentos e horários de coleta. A partir deste pré-teste ficou definido a realização da coleta de dados no período matutino, nos horários compreendidos entre 8 e 10h;
- b) Mapeamento da manifestação patológica, com anotação no leiaute;
- c) Captura de imagens de manifestações patológicas visíveis utilizando equipamento fotográfico comum, como a câmera digital; e
- d) Captura de imagens de manifestações patológica, visíveis e ocultas com utilização da câmera termográfica.

### 2.2.3 Instrumental usado na pesquisa

- a) Câmera termográfica, modelo Modelo E6, do fabricante FLIR; é um instrumento detector de infravermelho de 43.200 (240 × 180) pixels e a uma faixa de temperatura operacional maior, de -20 °C a 550 °C (-4 °F a 1022 °F);
- b) A Câmera digital utilizada foi a do celular Samsung Galaxy S20 FE com 12 megapixels e resolução de imagem de 4000x3000 pixels;
- c) Fissurômetro, da Trident e trena.

## 2.3 Classificação, análise e interpretação dos dados

Após captura das tomadas fotográficas termográficas, os dados foram analisados de forma qualitativa através da identificação de pontos quentes e pontos frios da imagem termográfica (diferença de cores), indicando a existência ou não de manifestações patológicas ocultas, com suas respectivas causas, origens e mecanismos, apresentando ações corretivas e preventivas.

A classificação das manifestações patológicas foi feita por tipo e para cada sistema construtivo (onde está localizada), como consta na NBR 15575-1 (ABNT, 2021): a) estruturas; b) pisos internos; c) vedação vertical externa; vedação vertical interna; d) cobertura e; e) hidrossanitário, este último adaptando outras instalações prédios, tais como as instalações elétricas, de telecomunicação ou de segurança contra incêndio. Os resultados estão apresentados por Ala, sendo denominadas: A, B, C, D, E, H, I, J. Nas Alas F e G não foram encontradas manifestações patológicas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

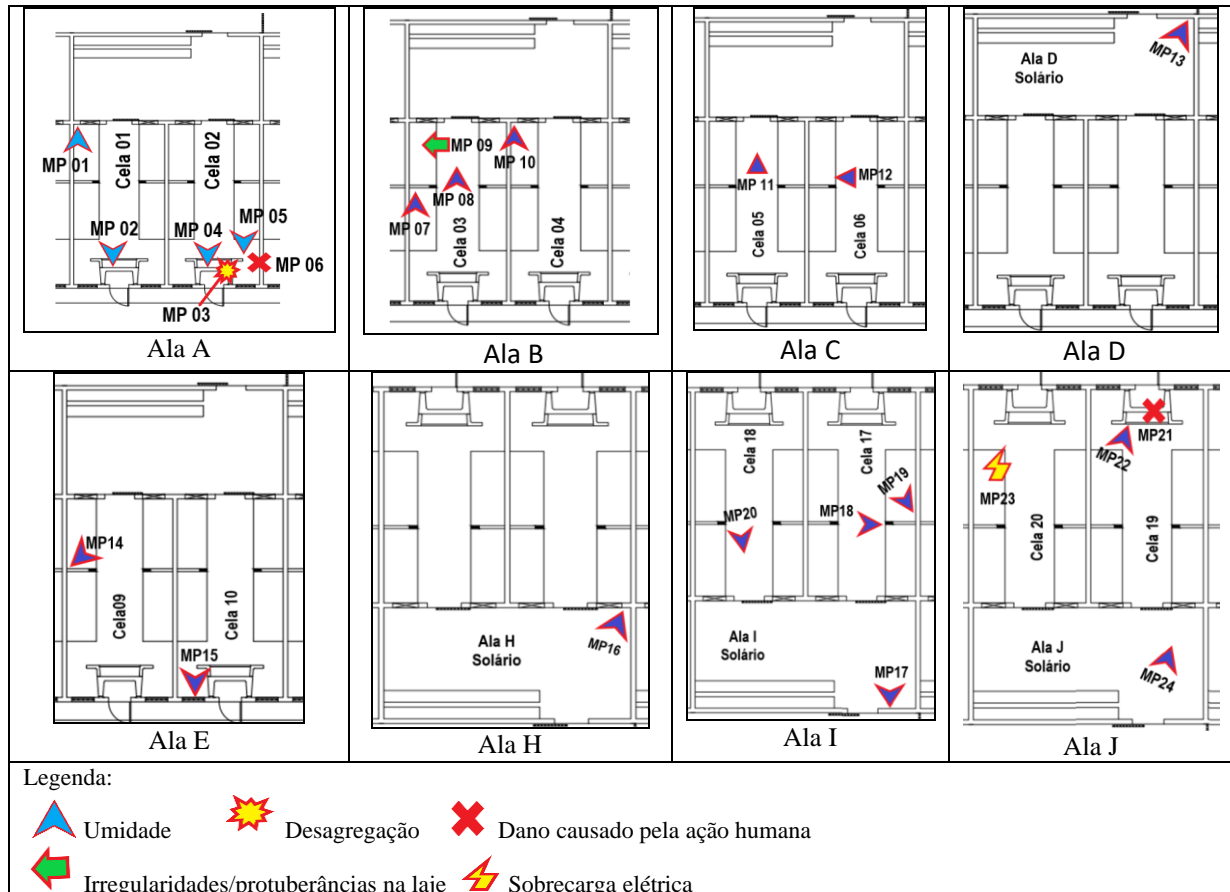
A coleta de dados foi realizada no mês de fevereiro de 2024, contemplando a inspeção visual *in loco* e os registros fotográficos de imagens obtidos utilizando a termografia infravermelha e imagens digitais, totalizando 511 imagens capturadas; a partir das quais as manifestações patológicas (MP) foram classificadas e analisadas, por ocorrência nos sistemas construtivos, e foram detalhadas por Celas em cada Ala, laje de serviço e cobertura. No Quadro 1 (Apêndice A) consta o resumo da descrição das MP, por tipo, classificação por

sistema construtivo, localização, identificação, se visível ou oculta por inspeção visual; síntese da causa, origem e mecanismo, assim como sugestão de reparos.

### 3.1 Análise por Alas

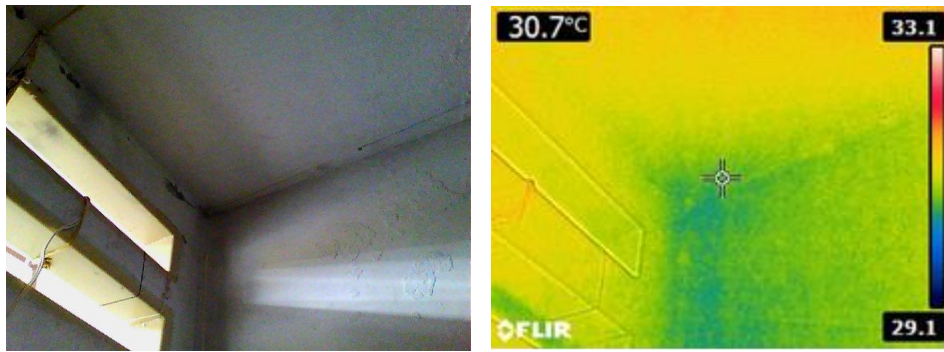
A Figura 4 mostra a localização das 13 MP, destacadas nas respectivas figuras (imagens digitais e imagens termográficas).

Figura 4 – Localização das manifestações patológicas (MP) em cada Ala.



Na Ala A (Celas 01 e 02), as manifestações patológicas (MP) identificadas foram predominantemente do tipo: umidade, desagregação do concreto, brechas, totalizando seis ocorrências. A termografia permitiu identificar e analisar a presença de umidade (MP01), representada pela diferença de temperatura na região entre a laje (33,1°C, espectro de cor amarela) e as paredes da cela (29,1°C, espectro de cor azul), causada pelas infiltrações das águas das chuvas (Figura 5). A origem da MP01 está na fase de projeto, pois a área coberta de proteção laje de cobertura é insuficiente, assim como por falha na impermeabilização, seja na fase de execução e/ou de manutenção. Como proposta de recuperação, tem-se a realização da manutenção da impermeabilização da laje de serviço, bem como a extensão da cobertura para que esta possa dar proteção a toda área da laje.

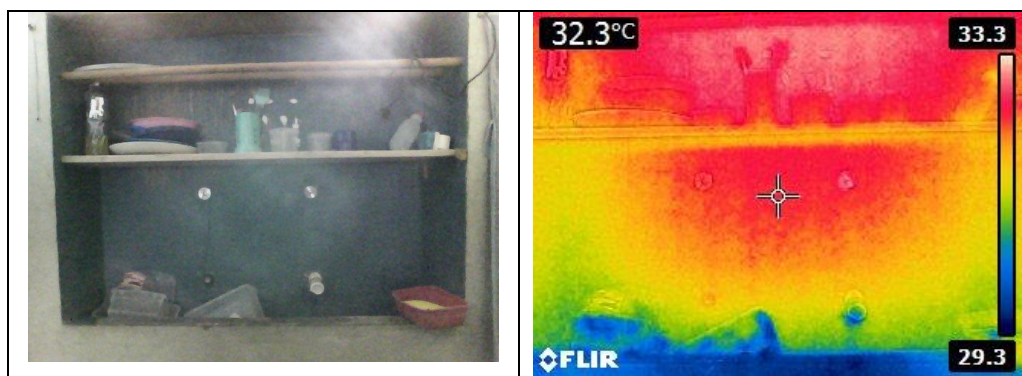
Figura 5 – Presença de umidade entre a laje e as paredes na Cella 01.



Verifica-se ainda a presença de umidade proveniente de vazamento nas instalações de água fria do bebedouro (MP02), causadas pela ação humana (quebra das torneiras), sendo necessário o reparo na instalação hidráulica (Figura 6).

Bianchin (2019), Oening (2021), Bernardi (2021), Binoti (2023) e Farias (2023) analisaram as manifestações patológicas por termografia, comprovando a presença de umidade nos elementos, através da diferença de temperatura que as mesmas apresentavam.

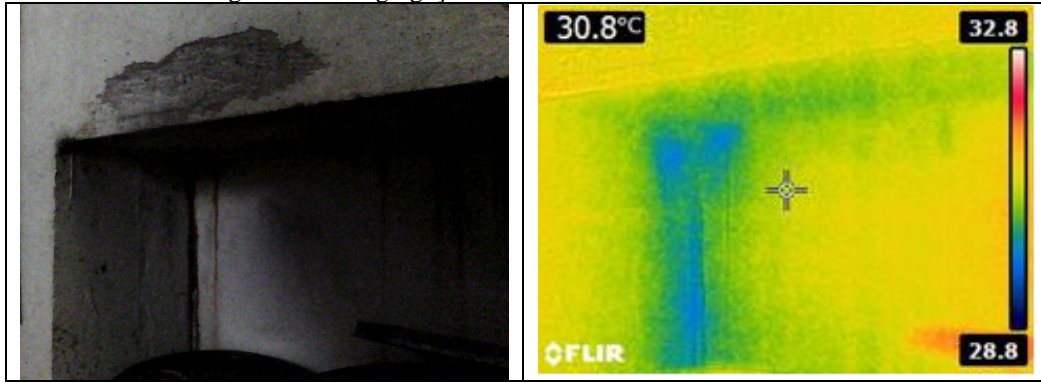
Figura 6 – Presença de umidade devido ao vazamento na Cella 01.



Na Cella 02, por meio da inspeção visual, pode-se constatar a presença de desagregação (MP03) da camada de concreto da vedação (estrutural), causada pela ação humana (Figura 7, à esquerda). Por meio da imagem termográfica, verifica-se um espectro da termografia (cor azul) e a temperatura mais baixa, aproximadamente de 28,8°C, que indicam a presença de umidade (MP04), causada por vazamento na tubulação de água fria (mecanismo) (Figura 7, à direita). A origem desta MP é decorrente do uso, isto é, dano causado por ação humana. Outros pontos de umidade (não apresentados em figuras) foram constatados por meio da câmera termográfica (MP05 e MP06).



Figura 7 – Desagregação e umidade devido a vazamento na Cella 02.



Na Ala B (Celas 03 e 04) as manifestações patológicas identificadas foram predominantemente do tipo: umidade e irregularidades ou protuberâncias na superfície, totalizando quatro ocorrências (Figuras 8 e 9). Isto se deve à área coberta ser menor que a laje de serviço, a qual apresenta trincas, devido a movimentação térmica e higroscópica. A origem da MP é falta de manutenção e reparos na impermeabilização da laje de serviço. Como reparo dessa MP deve-se também realizar a manutenção da impermeabilização da laje de serviço, a extensão da cobertura para que esta possa dar proteção a toda área da laje, bem como a impermeabilização do interior das celas com tinta à base de epóxi (por exemplo).

Figura 8 – Umidade na laje da Cella 03.

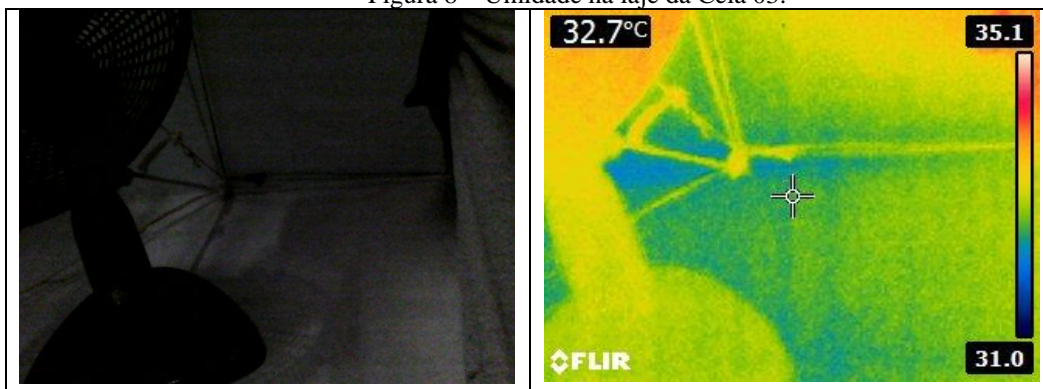
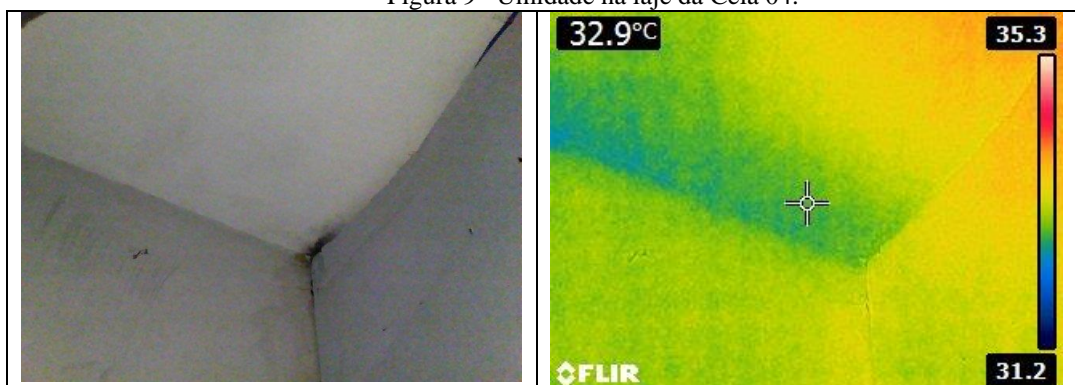


Figura 9 – Umidade na laje da Cella 04.



Na Cella 06 da Ala C, somente por meio da imagem termográfica foi possível identificar a presença de umidade (MP12) na laje e na área localizada abaixo da cama. Esta umidade é resultado do acúmulo de água utilizada para limpeza da cela (Figuras 10 e 11).

Figura 10 – Umidade na laje da Cella 05.

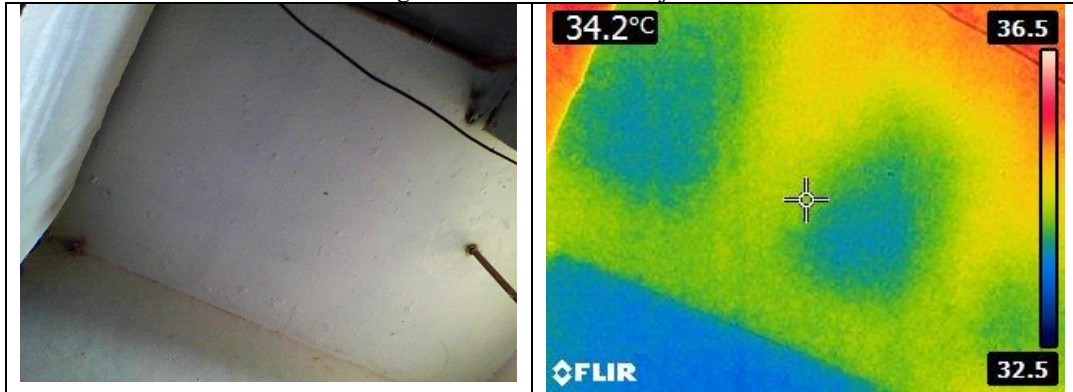
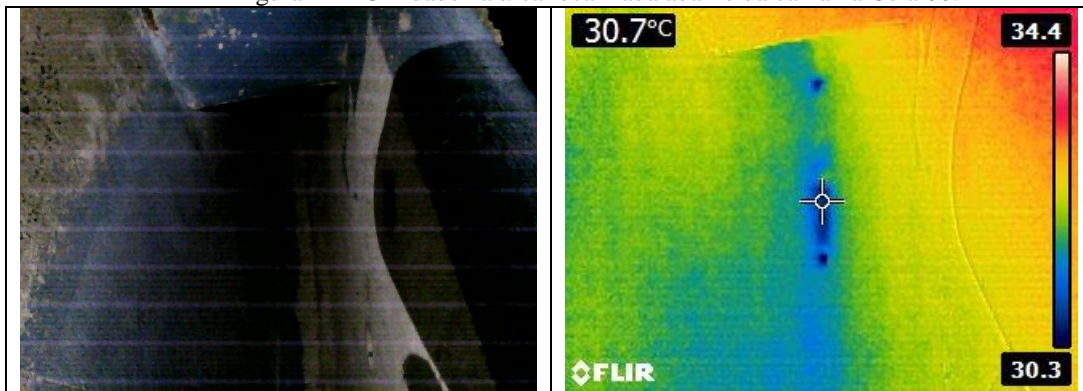


Figura 11 – Umidade na área localizada abaixo da cama na Cella 06.



As manifestações patológicas identificadas pela câmera termográfica nas Alas D, H, I, J e no solário foram predominantemente do tipo umidade, com origem em vazamentos nas instalações hidráulicas ou infiltrações da laje de serviço (Figuras 12 e 13). Para o reparo destas MP, deve-se também realizar a manutenção da impermeabilização da laje de serviço, a extensão da cobertura para que esta possa dar proteção a toda área da laje, bem como a impermeabilização do interior das celas com tinta a base de epóxi (por exemplo).

Figura 12 – Infiltrações na laje da Cella 20, laje sob solário.

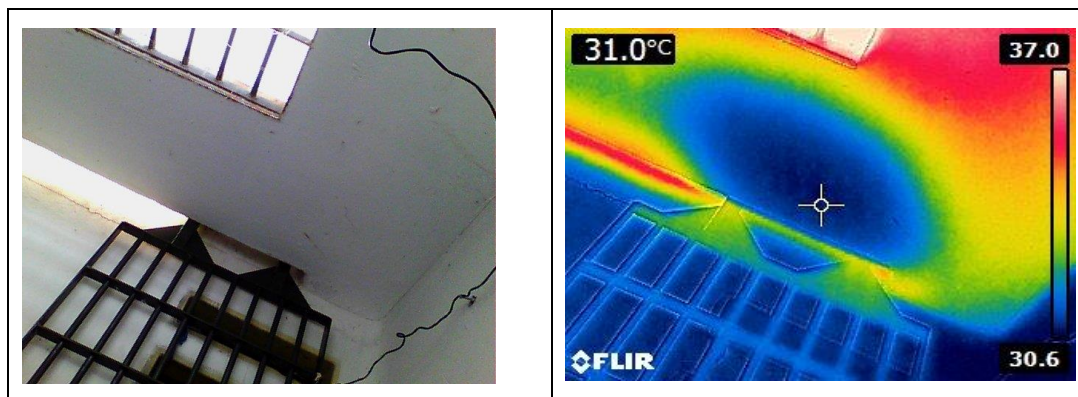
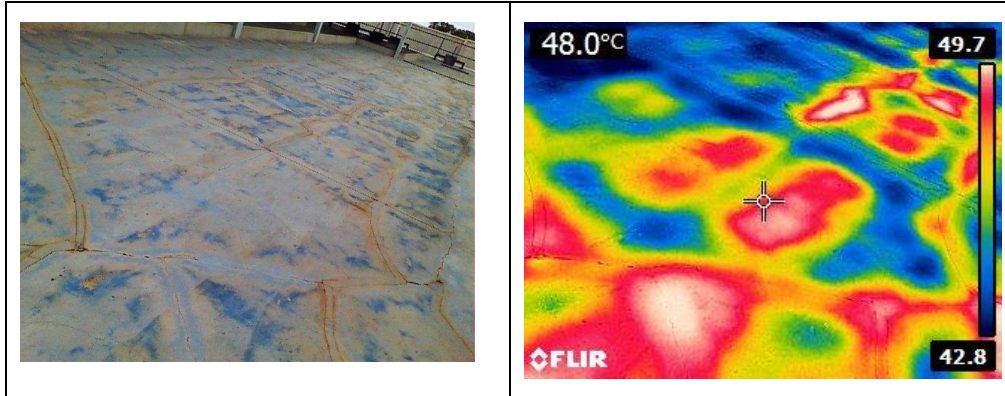
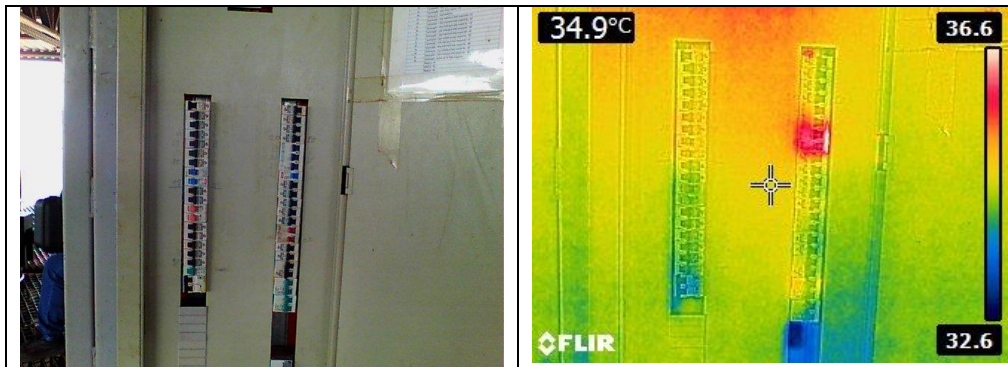


Figura 13 – Fissuras e impermeabilização danificada sobre a laje do solário.



Nos cinco quadros de energia, localizados na laje de serviço, a MP constatada por termografia foi do tipo aquecimento de circuitos, causado pela sobrecarga elétrica, com temperatura de até 36,6°C, representada no espectro vermelho (Figura 14).

Figura 14 – Aquecimento dos circuitos do Quadro 03



No sistema de cobertura, em razão da estrutura e das telhas serem metálicas, as imagens termográficas capturadas na parte inferior não conseguiram identificar contrastes que pudessem ser usados para identificar patologias relacionadas a umidade devido às altas temperaturas (Figura 15). Portanto, conta-se que para elementos construtivos metálicos e aquecidos a termografia não é aplicável com precisão para identificação de MP ou danos.

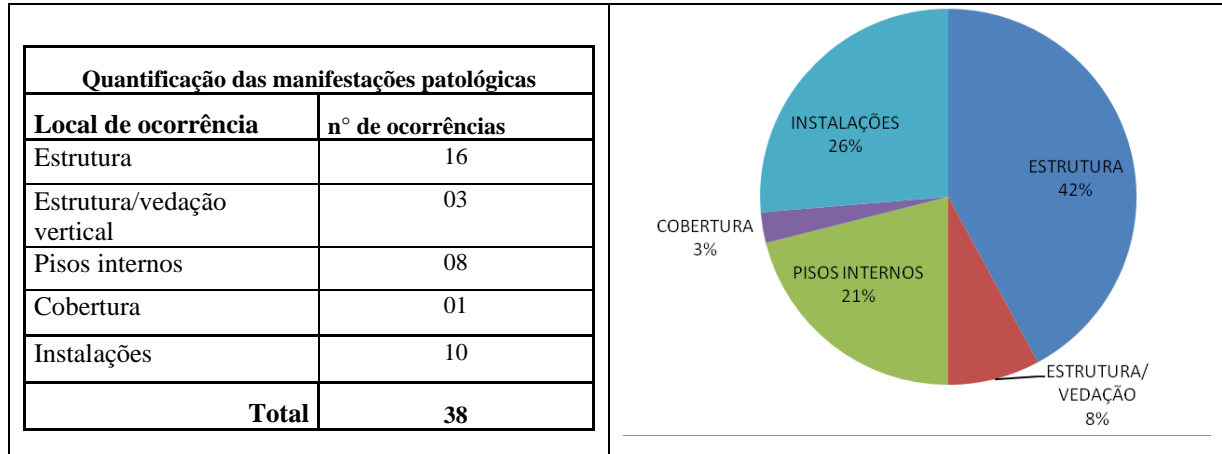
Figura 15 – Vista inferior da cobertura



### 3.2 Análise geral das manifestações patológicas

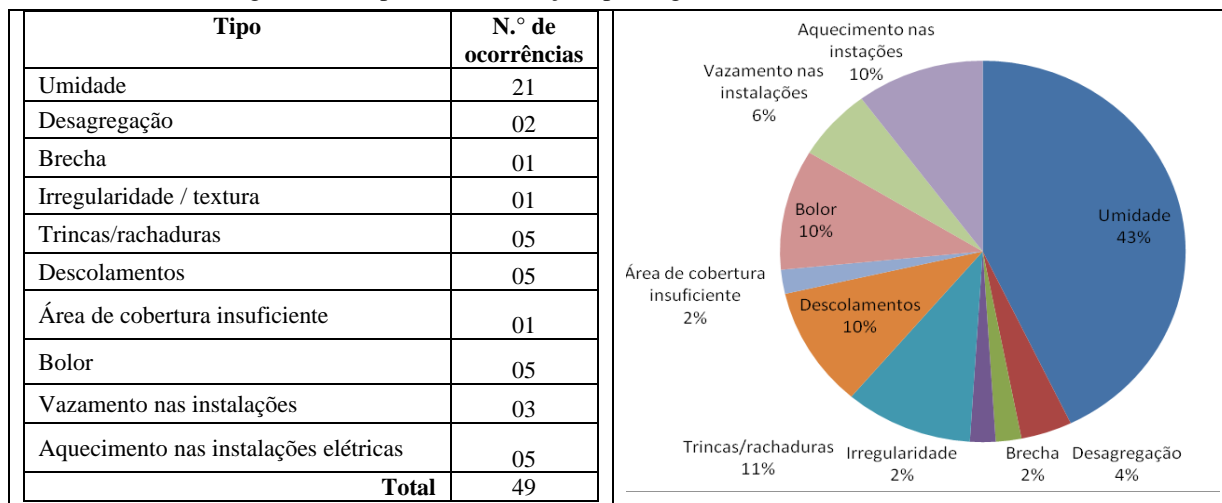
Observa-se que o maior número de ocorrências foi no sistema de estrutura, com 16 ocorrências (42%), seguida das instalações, com 10 ocorrências (26%); pisos com 08 ocorrências (21%), estrutura/vedação 03 ocorrências (8%) e cobertura 01 ocorrência (3%). Destaca-se que as vedações verticais da área em estudo são estruturais (placas pré-fabricadas de concreto armado), assim considerando o sistema “Estrutura/ vedação vertical” (Figura 16).

Figura 16 - Manifestações patológicas por ocorrência em sistemas construtivos



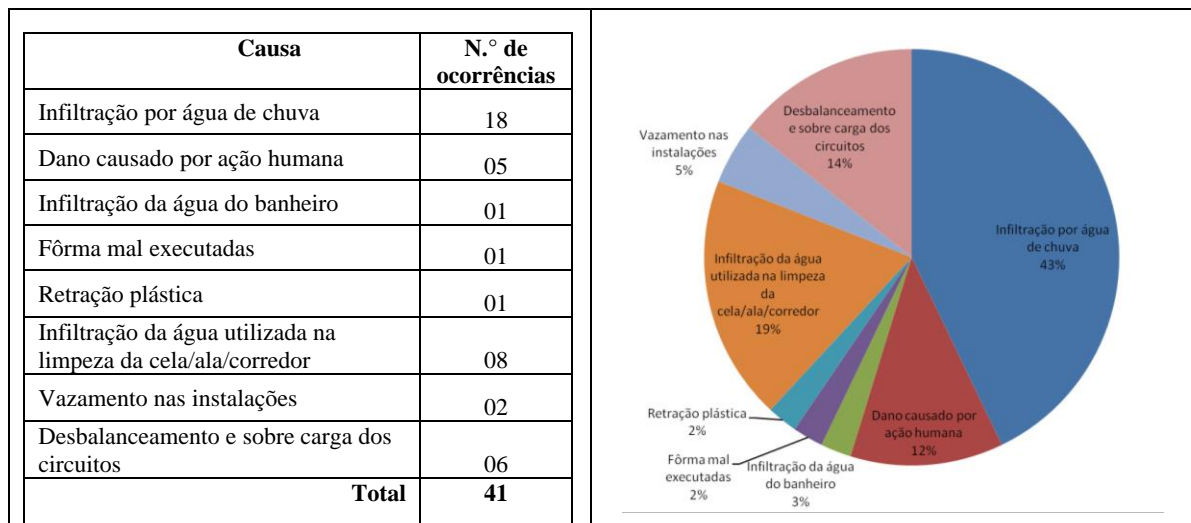
Quanto ao tipo de MP, as maiores ocorrências foram relacionadas à umidade (43%), seguida por trincas e rachaduras (11%) e aquecimento das instalações elétricas, bolor e descolamentos (10%) (Figura 17).

Figura 17 – Tipo de manifestações patológicas x Número de ocorrências



Quanto às causas das MP destaca-se a infiltração, tanto por água de chuva (43%), infiltração da água utilizada na limpeza das celas/ala/corredor (19%), seguida pelo desbalanceamento dos circuitos elétricos (14%) e danos causador por ação humana (12%) (Figura 18).

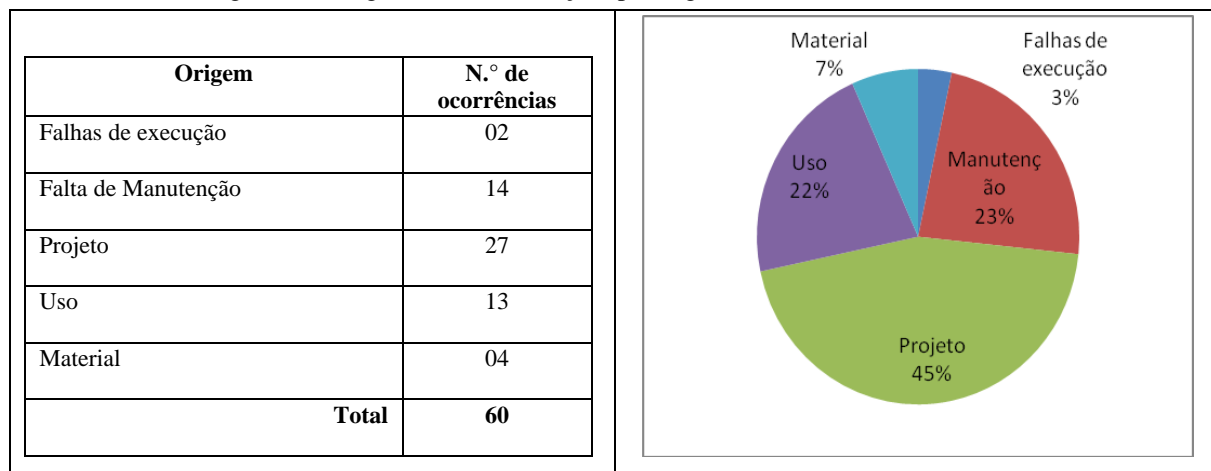
Figura 18– Causa das manifestações patológicas x Número de ocorrências.



Como em Oliveira et al. (2020), a ocorrência de aquecimento nas instalações elétricas também foi constatada em todos os quadros de energia, apresentando um índice de 10%, e indicando a necessidade de redimensionamento de toda a rede.

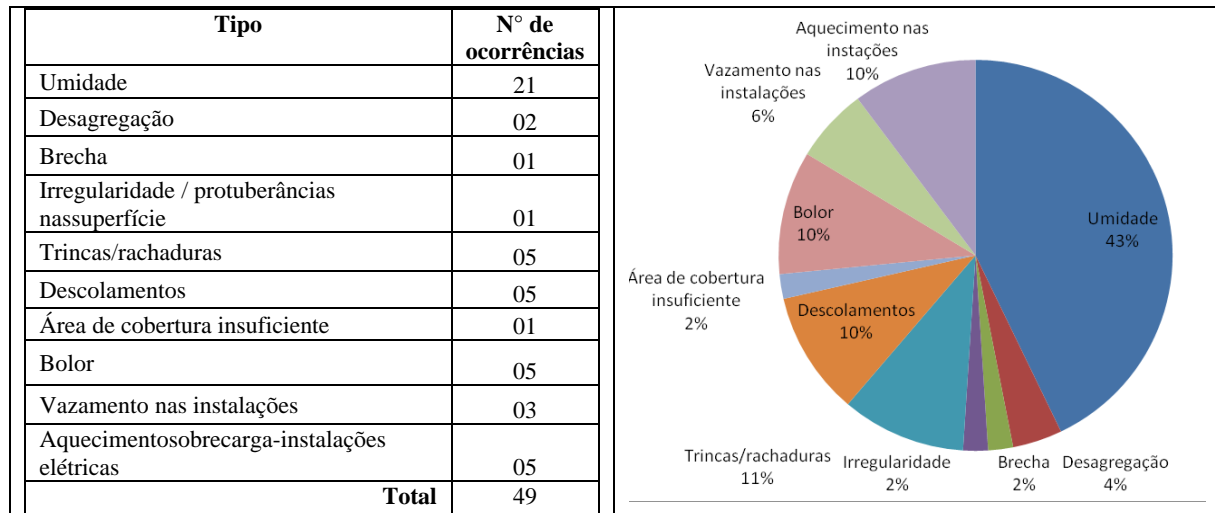
Em relação à origem das MP, observa-se na Figura 19 que, as maiores ocorrências se deram por falha de projeto (45%), seguida por falta de manutenção (23%) e uso (22%).

Figura 19– Origem das manifestações patológicas x Número de ocorrências.



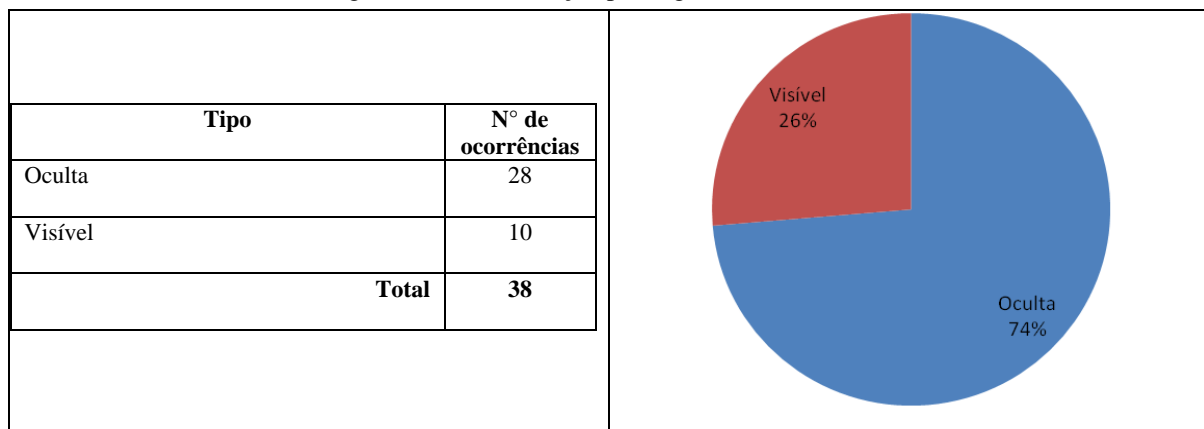
Quanto ao tipo de MP, as maiores ocorrências foram relacionadas à umidade (43%), seguida por trincas e rachaduras (11%); aquecimento das instalações elétricas, bolor, desagregação e descolamentos 10%) (Figura 20).

Figura 20 – Tipo de manifestações patológicas x N° de ocorrências.



A utilização da termografia infravermelha na coleta de dados proporcionou a identificação de 74% de manifestações patológicas ocultas analisadas na amostra – Raio 2 da edificação (Figura 21).

Figura 21 – Manifestação patológica oculta e visível.



A partir da identificação e análise das manifestações patológicas (MP) observadas na edificação prisional, por sistema construtivo, pode-se constatar que o maior número de ocorrências foi no sistema estrutural, com 16 ocorrências (42%), devido as vedações da edificação serem constituídas de placas de concreto armado pré-fabricados. Em estabelecimento prisional. Matias (2020) também diagnosticou MP em estruturas de concreto armado, porém, somente por inspeções visuais, ensaios de carbonatação e aferição das porcentagens de perda de seção transversal das armaduras das peças, concluindo que a edificação não estava em condições ideais de abrigar os internados.

Destaca-se que o reparo ou substituição da impermeabilização da laje de serviço, e a extensão da cobertura para que esta possa dar proteção a toda área da laje, bem como a impermeabilização do interior das celas com tinta á base de epóxi (por exemplo) vai eliminar a maioria das patologias identificadas.

A técnica da termografia como ferramenta de auxílio nas identificações de MP ocultas em edificações, através da variação térmica, também exige do pesquisador conhecimento do comportamento térmico, com atenção às fachadas, assim como das grandezas externas que influenciam nas interpretações.

É importante considerar a dificuldade da coleta de dados em edificações prisionais, pois foi necessário o remanejamento (movimentação interna) das pessoas privadas de liberdade, devida a constante necessidade de manter a segurança na unidade penal, em pleno uso. Por vezes, houve a necessidade de suspensão ou interrupção da coleta de dados conforme orientação da direção para se obedecer a todas as regras de segurança estabelecidas nos procedimentos de funcionamento do estabelecimento prisional.

#### 4. CONCLUSÕES

Ficou comprovada a hipótese que a termografia é mais aplicável na identificação de MP e danos específicos como: presença de umidade, trincas e fissuras no concreto, no revestimento e aquecimento na rede elétrica de uma edificação prisional, e que é eficiente na identificação de MP ocultas. Destaca-se que, para elementos construtivos metálicos e aquecidos, a termografia não é aplicável com precisão para identificação de MP ou danos. Através da análise geral dos dados, foi possível concluir que a maior parte das manifestações patológicas é decorrência da falha de projeto da cobertura e rede elétrica, aliada à falta de manutenção e especificidade do uso da edificação, frequentemente exposta à ação humana. Os danos causados por ação humana registraram 12% das ocorrências, comprovando assim a hipótese que o uso da termografia pode ser aplicável na identificação de MP e de danos específicos causados pela ação humana.

A aplicação da técnica de termografia infravermelha na investigação de MP contribuiu para a otimização da investigação, como a redução do tempo de coleta, constatação de manifestações patológicas e danos ocultos. Destaca-se que o uso do equipamento- câmera termográfica- permitiu que a movimentação interna dos privados de liberdade fosse realizada sem a necessidade de desativação da unidade ou mesmo do raio avaliado. Deve-se levar em consideração para trabalhos futuros, a utilização de uma amostra mais representativa para danos específicos causados pela ação humana, por exemplo, a pesquisa em unidades prisionais com maior tempo de uso. Esta pesquisa propõe as ações de reparo, mas reforça necessidade de implementação de um plano de manutenções periódicas, para melhor conservação e efetividade no que diz respeito à ocupação da edificação.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação do Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental (LATECA), da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, da UFMT, pelos equipamentos e orientações fornecidos para o desenvolvimento da pesquisa. À Secretaria Adjunta de Administração Penitenciária (SAAP) do Estado de Mato Grosso pela autorização da coleta de dados.

#### 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: Manutenção de edificações- procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15572**: Ensaios não destrutivos - Termografia. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

**BERNARDI, D. F. Análise das manifestações patológicas nas fachadas do hospital Casa de Saúde de Santa Maria, RS.** 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo) - Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2021.

**BEZERRA, A. J. A. Manifestações patológicas em sistemas prediais hidrossanitários: estudo de caso em escolas do município de Crateús-CE.** Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Crateús - CE, 2021.

**BIANCHIN, D. R. Levantamento de manifestações patológicas causadas por umidade nas edificações da Unipampa Campus Alegrete.** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Pampa, RS, 2019.

**BINOTI, P. M. Uso da termografia para avaliação de manifestações patológicas em fachadas de edificações.** 2023. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil na área de Construção Civil)- Universidade Federal de Minas Gerais, 2023.

**CAVALCANTE SEGUNDO, J. A. Estudo de manifestações patológicas em edificação multifamiliar localizada na cidade de Pombal-PB.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande. Pombal – Paraíba, 2022.

**DA SILVA, D. L; DA FONSECA, J. M. M; BENTO, A. J; MONTEIRO, E. C. B.** Considerações sobre a formação de etringita tardia (DEF). **Construindo**, p. 36-46, 2017.

**FARIAS, L. V. L. M. Estudo das manifestações patológicas do prédio antigo do Núcleo de Pesquisa Tecnológica (NPT).** 2023. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, 2023.

**GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

**HART, J. M. A Practical guide to infra-red thermography for building surveys.** Building Research Establishment: Garston, 1991.

**HELENE, P. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** São Paulo. Pini, 1992.

**HEMESATH, H. B. Modelagem Termográfica: Uso de fotogrametria em imagens termográficas de edificações para visualização tridimensional de manifestações patológicas.** 2022. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2022

**MAIA, D. M. Métodos de avaliação estrutural não destrutivos.** 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN, 2022.

**MALYSZ, et al.** Análise termográfica para identificação de manifestações patológicas: estudo de caso: Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES. **Anais...** Campo Grande, MS, 2018.

**MATIAS, et al.** Avaliação de manifestações patológicas em estabelecimento prisional no Rio Grande do Sul e alternativas de recuperação. CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, **Anais...** Fortaleza, CE, p. 1041–1050, 2020.

**MATO GROSSO.** Assembleia Legislativa de Mato Grosso. **Lei n° 10.492**, de 09 de janeiro de 2017. Disponível em: <https://www.crea-mt.org.br/portal/wp-content/uploads/2023/10/lei-10492-2017.pdf> . Acesso em: 20 mar. 2023.



OENING, R. W. **Identificação e avaliação das principais manifestações patológicas em ambientes internos pós-ocupação com o auxílio da termografia infravermelha: um estudo de caso do Fórum da Comarca de Pato Branco-PR.** 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

OLIVEIRA, *et al.* Estudo de caso: identificação de manifestações patológicas com o uso da termografia infravermelha. CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES. **Anais...** Fortaleza, CE, 2020 p. 2135-2143, 2020.

ROCHA, *et al.* **Deteção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso.** Ambiente Construído, v. 18, p. 329–340, 2018.

ROCHA, J.H.A., PÓVOAS, Y.V. Deteção de corrosão em concreto armado com termografia infravermelha e ultrassom. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 3, p. 53-68, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300324>. Acesso em: 10 dez.2023.

SAMPAIO, R.F; MANCINI, M.C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.** Revista Brasileira de Fisioterapia, 2007.

SANTIAGO, *et al.* Uso da termografia na deteção de manifestações patológicas em fachadas: Análise em modelos de escala reduzida com foco na identificação de deslocamentos cerâmicos. **Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 5, n. 5, 2020.

SECRETARIA DE ESTADO DE SEGURANÇA PÚBLICA DE MATO GROSSO (SESPMT). **Projeto** Arquitetônico do Centro de Ressocialização Industrial Ahmenon Lemos Dantas, Várzea Grande, 2023.

SENA, G. O; NASCIMENTO, M. L. M; NABUT NETO, A. C. **Patologia das construções.** Salvador: 2B, 2020. 256p.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: PINI, 1989. 194p.

TINOCO, J. E; **Mapa de Danos Recomendações Básicas.** Textos para Discussão – Série 2: Gestão de Restauro. Olinda – PE, 2009.

**APÊNDICE**

**APENDICE A- Quadro 1 – Resumo das manifestações patológicas por sistema construtivo**

Sistema Construtivo (NBR 15575)	Local	Localização no leiaute	Tipo de MP	Visível	Oculto	Causa	Origem	Mecanismo	Sugestão de reparo
Estrutura/vedação	Cela 01	MP01	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção/ Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Reparo da impermeabilização da laje de serviço e aumento da área cobertura
Estrutura/ vedação	Cela 02	MP03	Desagregação	X		Dano causado por ação humana	uso	Impacto de algum objeto na área afetada	Regularização com argamassa de reparo estrutural, graute ou concreto
Estrutura	Cela 02	MP05	Umidade		X	Infiltração da água do banheiro	Projeto/uso	Infiltração devida a falta de impermeabilização	Impermeabilização do interior da cela
Estrutura	Cela 02	MP06	Perfuração(brecha) no concreto	X		Dano causado por ação humana	uso	Impacto de algum objeto na área afetada	Regularização com argamassa de reparo estrutural, graute ou concreto
Estrutura	Cela 03	MP07	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura
Estrutura	Cela 03	MP08	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura
Estrutura	Cela 03	MP09	IRREGULARIDADES		X	Fôrma mal executadas	Falhas de execução/	Vazamento durante a concretagem	NÃO SE APLICA
Estrutura	Cela 04	MP10	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura
Estrutura	Cela 05	MP11	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura

(Continua...)

Quadro 1 – Resumo das manifestações patológicas por sistema construtivo (Continuação...)

Sistema Construtivo (NBR 15575)	Local	Localização no leiaute	Tipo de MP	Visível	Oculto	Causa	Origem	Mecanismo	Sugestão de reparo
Estrutura/vedação	Cela 09	MP14	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura
Estrutura	Cela 17	MP19	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura
Estrutura	Cela 18	MP20	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura
Estrutura	Cela 19	MP22	Umidade		x	Dano causado por ação humana	uso	infiltração por vazamento e ausência de impermeabilização	Impermeabilização do interior da cela
Estrutura	Solário Ala j	MP24	Umidade		X	Infiltração por água de chuva	Falta de manutenção / Projeto	Infiltração devido a existência de trincas e rachaduras	Impermeabilização da laje de serviço e aumento da cobertura
Estrutura	Laje de Serviço	VAR	Trincas /Rachaduras/ Descolamento/ Bolor	X		Retração plástica	Falta de manutenção / Projeto	Falha na realização da cura do concreto	Reparo das trincas e /Impermeabilização da laje de serviço
(Piso)	Cela 06	MP12	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza da cela	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização	Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água
Piso	Solário Ala D	MP13	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza da cela	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização	Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água
Piso	Solário Ala H	MP16	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza da ala	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização	Instalação de drenos e Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água
Piso	Solário Ala I	MP17	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza da cela	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização	Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água

Quadro 1– Resumo das manifestações patológicas por sistema construtivo (Continuação...)

Sistema Construtivo (NBR 15575)	Local	Localização no leiaute	Tipo de MP	Visível	Oculto	Causa	Origem	Mecanismo	Sugestão de reparo
Piso	Cela 17	MP18	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza da ala	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização	Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água
Piso	Corredor Central	MP25	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza do corredor e Infiltração por água de chuva	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização e insuficiência da área coberta	Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água e aumento da cobertura
Piso	Corredor Central	MP26	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza do corredor e Infiltração por água de chuva	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização e insuficiência da área coberta	Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água e aumento da cobertura
Piso	Corredor Central	MP27	Umidade		X	Infiltração da água utilizada na limpeza do corredor e Infiltração por água de chuva	Projeto	Infiltração ocasionada pela falta de impermeabilização e insuficiência da área coberta	Impermeabilização do piso para melhor escoamento da água e aumento da cobertura
Cobertura	Raio	Não se aplica	Área coberta insuficiente	X		Não se aplica	Projeto	Não se aplica	Ampliação da cobertura
Instalações Hidráulicas	Cela 01	MP02	Vazamento nas instalações	X		Dano causado por ação humana	Uso/ Material	Uso inadequado das instalações	Reparo na tubulação

(Continua...)

Quadro 1– Resumo das manifestações patológicas por sistema construtivo (Continuação...)

Sistema Construtivo (NBR 15575)	Local	Localização no leiaute	Tipo de MP	Visível	Oculto	Causa	Origem	Mecanismo	Sugestão de reparo
Instalações Hidráulicas	Cela 02	MP04	Umidade	X		Vazamento nas instalações	Uso/ Material	Uso inadequado das instalações	Reparo na tubulação
Instalações Hidráulicas	Cela 10	MP15	Vazamento nas instalações	X		Vazamento nas instalações	Uso/ Material	Uso inadequado das instalações	Reparo na tubulação
Instalações Hidráulicas	Cela 19	MP21	Vazamento nas instalações	X		Dano causado por ação humana	Uso/ Material	Uso inadequado das instalações	Reparo na tubulação
Instalações Elétricas	Cela 20	Não se aplica	Aquecimento nas instalações		X	Desbalanceamento e sobre carga dos circuitos	Uso/Projeto	Aquecimento por excesso carga no circuito	Redimensionamento das instalações
Instalações Elétricas	Quadro de força 01	Não se aplica	Aquecimento nas instalações		X	Desbalanceamento e sobre carga dos circuitos	Uso/Projeto	Aquecimento por excesso carga no circuito	Redimensionamento das instalações
Instalações Elétricas	Quadro de força 02	Não se aplica	Aquecimento nas instalações		X	Desbalanceamento e sobre carga dos circuitos	Uso/Projeto	Aquecimento por excesso carga no circuito	Redimensionamento das instalações
Instalações Elétricas	Quadro de força 03	Não se aplica	Aquecimento nas instalações		X	Desbalanceamento e sobre carga dos circuitos	Uso/Projeto	Aquecimento por excesso carga no circuito	Redimensionamento das instalações
Instalações Elétricas	Quadro de força 04	Não se aplica	Aquecimento nas instalações		X	Desbalanceamento e sobre carga dos circuitos	Uso/Projeto	Aquecimento por excesso carga no circuito	Redimensionamento das instalações
Instalações Elétricas	Quadro de força 04	Não se aplica	Aquecimento nas instalações		X	Desbalanceamento e sobre carga dos circuitos	Uso/Projeto	Aquecimento por excesso carga no circuito	Redimensionamento das instalações



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.