

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Guilherme Ongaratto**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS  
DECORRENTES DA UMIDADE EM EDIFICAÇÃO  
MULTIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre  
Agosto, 2024

**Guilherme Ongaratto**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS  
DECORRENTES DA UMIDADE EM EDIFICAÇÃO  
MULTIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão  
de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de  
Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Civil

**Orientadoras: Profa. Dra. Fernanda Lamego Guerra  
Profa. Dra. Laís Zucchetti**

Porto Alegre  
Agosto, 2024

**Guilherme Ongaratto**

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS  
DECORRENTES DA UMIDADE EM EDIFICAÇÃO  
MULTIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, agosto de 2024

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Lais Zucchetti (UFRGS)**

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

**Profa. Fernanda Lamego Guerra (UFRGS)**

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

**Eng. Victor Saldanha Cassel (UFRGS)**

Me. em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Enga. Juliane Rodrigues Falcão (UFRGS)**

Ma. em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha família  
e a todos os meus amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Rogério Ongaratto e Sandra Santana Novelo, que sempre estiveram me apoiando e torcendo por mim, além de me proporcionarem todas as condições necessárias para ser a pessoa que sou hoje e alcançar meus objetivos.

Agradeço a todos meus amigos que estiveram comigo durante a jornada, todas pessoas que me apoiaram.

Agradeço em especial aos meus colegas Mateus Berton, Caetano Carvalho e João Deckmann por me ajudarem a concluir o curso me ajudando em diversos momentos durante a graduação.

Agradeço às minhas orientadoras, Laís e Fernanda, por toda ajuda, disposição e paciência.

Agradeço a Deus por me guiar, me abençoar, me dar condições de seguir em frente e possibilitar este momento.

Os que se encantam com a prática sem a ciência  
são como os timoneiros que entram no navio sem  
timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu  
destino.

*Leonardo da Vinci*

## RESUMO

As edificações visam proporcionar segurança, lazer e comodidade aos seus usuários. Entretanto, os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem com o decorrer do tempo são responsáveis pela degradação da edificação. Este trabalho tem como objetivo analisar e relatar as ocorrências das manifestações patológicas causadas pela umidade, nos últimos pavimentos de um edifício residencial. Foi realizado o levantamento e identificação da origem das manifestações patológicas, bem como relacionadas as prováveis causas dos problemas, relacionados, principalmente, à ocorrência de umidade. Para realização deste trabalho foram realizadas visitas *in loco*, registros fotográficos, conversas informais com moradores e desenvolvido um modelo gráfico no *software* Revit® para a representação da edificação, permitindo indicar/localizar as áreas de incidências das manifestações patológicas. Como resultado, verificou-se a existência de manifestações patológicas relacionadas à umidade por infiltração no sistema de cobertura e no sistema de vedação vertical externo, bem como associadas à umidade por condensação. Como fatores originários das manifestações patológicas verificam-se aspectos relacionados a questões de uso inadequado, falha do projeto, falta de manutenção e/ou falha de execução.

**Palavras-chave:** Manifestações patológicas; Infiltração; Umidade; Edificação residencial.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desempenho ao longo do tempo.....	18
Figura 2 – formato das edificações para o estudo de chuva dirigida.....	19
Figura 3 – Análise da chuva dirigida para Porto Alegre (RS).....	20
Figura 4 – Localização da edificação no meio urbano.....	23
Figura 5 – Localização da edificação na quadra.....	24
Figura 6 – Fachada norte.....	25
Figura 7 – Fachada sul.....	26
Figura 8 – Topo da edificação - fachada leste.....	26
Figura 9 – Vista isométrica a nordeste.....	27
Figura 10 – Vista isométrica a noroeste.....	27
Figura 11 – Planta Baixa do vigésimo quarto andar.....	28
Figura 12 – Planta Baixa do vigésimo quinto andar.....	29
Figura 13 – Planta baixa da cobertura.....	29
Figura 14 – Correspondência entre o tipo de cobertura e os ambientes do apartamento 2401.....	31
Figura 15 – Correspondência entre o tipo de cobertura e os ambientes do apartamento 2404.....	33
Figura 16 – Fluxograma do método.....	35
Figura 17 – Planta baixa do vigésimo quarto pavimento com representação das manifestações patológicas.....	37
Figura 18 – Planta baixa do vigésimo quinto pavimento com representação das manifestações patológicas.....	38
Figura 19 – Planta baixa do vigésimo quarto pavimento com as divisões dos locais afetados pela falha de impermeabilização da laje de cobertura.....	39
Figura 20 – Laje de cobertura 1 - tubulação da coluna d'água da lavanderia atravessando a laje.....	42
Figura 21 – Laje de cobertura do apartamento 2501.....	47
Figura 22 – Suporte para a eletrocalha na cobertura do apartamento 2501.....	47
Figura 23 – Planta baixa do vigésimo quarto pavimento com as divisões dos locais afetados pela falha de estanqueidade do telhado.....	48

Figura 24 – Esquadria do banheiro no apartamento 2401.....	57
Figura 25 – Relação das inclinações e porcentagem de área útil das esquadrias basculantes.....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Padrão para vãos de ventilação e iluminação natural.....	21
Quadro 2 – Ficha técnica das manifestações patológicas: lavanderia e área de serviço do apartamento 2401.....	40
Quadro 3 – Ficha técnica das manifestações patológicas: circulação do 24º pavimento e na cozinha do apartamento 2401.....	43
Quadro 4 – Ficha técnica das manifestações patológicas: banheiro do apartamento 2501.....	45
Quadro 5 – Ficha técnica das manifestações patológicas: quarto 1 e sala de estar do 2401.....	49
Quadro 6 – Ficha técnica das manifestações patológicas: quarto 1 do apartamento 2403.....	51
Quadro 7 – Ficha técnica das manifestações patológicas: quarto 1 do apartamento 2404.....	53
Quarto 8 – Ficha técnica das manifestações patológicas: sala de estar do apartamento 2401 e quarto 1 do apartamento 2404.....	54
Quarto 9 – Ficha técnica das manifestações patológicas: banheiro do apartamento 2401.....	56

## **LISTA DE SIGLAS**

SVVE – Sistema de vedação vertical externo

SVVIE – Sistema de vedação vertical interno e externo

MP – Manifestação patológica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	14
1.1.2 Objetivo Específicos.....	14
<b>2 UMIDADE NA CONSTRUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
2.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO.....	16
2.1.1 Falha no sistema de lajes de cobertura.....	16
2.1.2 Falha no sistema de cobertura tipo telhado.....	17
2.1.3 Umidade em Fachadas.....	17
2.2 UMIDADE DE CONDENSAÇÃO.....	21
<b>3 OBJETO DE ESTUDO E MÉTODO.....</b>	<b>23</b>
3.1 OBJETO DE ESTUDO.....	23
3.2 MÉTODO.....	34
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO NO SISTEMA DE COBERTURA.....	38
4.1.1 Falha no sistema de impermeabilização.....	39
4.1.2 Umidade na laje devido a falhas no telhado da edificação.....	48
4.2 INFILTRAÇÃO NO SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL .....	54
4.3 UMIDADE DE CONDENSAÇÃO.....	55
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
REFERÊNCIAS.....	62

## 1. INTRODUÇÃO

As edificações são projetadas e construídas para atender às necessidades humanas, proporcionando ambientes seguros, confortáveis e funcionais para moradia, trabalho, lazer, educação, entre outros. Conforme o tempo passa, é natural que ocorra a degradação dos materiais utilizados na construção da edificação. Isso acontece por uma série de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem ao longo do tempo em associação às características dos materiais e sua capacidade de resistência aos fatores de exposição. Segundo Bertolini (2010, p.31):

*“A degradação dos materiais é produzida pela interação físico-química do ambiente com os materiais; estas interações podem ocorrer apenas depois do movimento dos agentes agressivos no interior do ambiente ou do material”.*

As consequências que existem por causa dessa degradação dos materiais correspondem ao surgimento da deterioração estrutural, que tem como resultado a perda do desempenho, prejuízo à habitabilidade, segurança e sustentabilidade. Esse fenômeno é intimamente responsável pelas manifestações patológicas, que são problemas ou defeitos que surgem em uma edificação ao longo do tempo, decorrentes de diversos fatores como exposição a agentes ambientais, uso indevido, execução inadequada, erros de projeto, falta de manutenção, entre outros (RIPPER, 1998).

Vários são os agentes externos que interagem com a edificação e provocam a redução de sua vida útil. Entre eles, está a umidade, que apresenta diferentes origens e é responsável por vários processos degradativos que afetam a segurança e a habitabilidade das edificações.

A NBR 15575 (ABNT, 2021) estabelece critérios e parâmetros de desempenho para edificações habitacionais. Ela define as exigências mínimas de habitabilidade, sustentabilidade e segurança que as construções devem atender em diferentes sistemas, como estrutural, vedação vertical interno e externo (SVVIE), piso, cobertura entre outros. Essa norma é de extrema importância para garantir a qualidade das edificações e o conforto dos usuários, além de contribuir para a segurança e durabilidade das construções.

O objeto de estudo deste trabalho é uma edificação multipavimentos, localizada no centro de Porto Alegre- RS, coordenada geográfica 30°01'51.9"S, 51°13'30.0"W.

## 1.1 OBJETIVOS

Com base no que foi exposto, a seguir são apresentados os objetivos gerais e específicos desta pesquisa.

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é realizar o levantamento das manifestações patológicas decorrentes da umidade, existentes no vigésimo quarto e vigésimo quinto pavimentos de uma edificação com aproximadamente 40 anos.

### 1.1.2 Objetivo Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) realizar um levantamento fotográfico das manifestações patológicas, produzindo um mapeamento com base na planta baixa da edificação, indicando os locais de incidências dos problemas;
- b) analisar os problemas existentes, indicando a sua causa.

## 2. UMIDADE NA CONSTRUÇÃO

A umidade é um dos fatores ambientais que tem a capacidade de causar severos danos às construções existentes e uma das causas mais comuns no surgimento das manifestações patológicas, incluindo a corrosão de armaduras, infiltrações, vazamentos, desagregação do concreto e danos ao revestimento. Ainda, ela afeta psicologicamente os usuários, uma vez que é incômodo estar/habitar um ambiente com goteiras ou manchas de umidade, além do desgaste necessário na resolução/responsabilização deste tipo de problema (VERÇOZA, 2019).

A interação físico-química do ambiente com a edificação é a principal responsável pela degradação dos materiais, essas transformações são influenciadas por fatores como o tempo, variação da temperatura e utilização da estrutura. O concreto e os blocos cerâmicos são os materiais mais utilizados dentro da construção civil, entretanto, esses materiais são considerados porosos, ou seja, possuem uma microestrutura com um sistema de poros de várias dimensões, que facilita a penetração de substâncias gasosas e líquidas (BERTOLINI, 2010). Para evitar este comportamento é necessário projetar e utilizar sistemas que impeçam a entrada da água na edificação.

Conforme Bertolini (2010), a umidade pode ser originária da exposição da edificação a uma atmosfera úmida, assim como do contato direto da superfície com a água líquida. No primeiro caso, a água se forma nos poros pela condensação capilar e no segundo por absorção capilar.

Conforme Sabino (2019), os problemas causados pela infiltração da umidade possuem diversos fatores, sendo os principais:

- umidade de infiltração;
- umidade de condensação;
- umidade ascensional, que ocorre pela capilaridade do substrato;
- umidade acidental causada pelo vazamento de redes hidráulicas.

Dentre as possíveis causas existentes para a ocorrência da umidade na edificação apenas duas foram abordadas neste estudo, sendo elas: umidade de infiltração, oriunda da água das chuvas e umidade de condensação.

## 2.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO

Conforme Verçozza (1991) a umidade devido à infiltração de água da chuva é mais comum e inconstante, porque depende da quantidade de precipitação e da direção do vento. Ela se manifesta principalmente em lajes de cobertura, telhados e paredes (fachadas). Outro aspecto relevante sobre este tipo de manifestação patológica é que existe uma dificuldade em encontrar a causa, uma vez que os pontos de vazamento geralmente estão ocultos, tornando o processo de correção complexo.

### 2.1.1 Falha nas lajes de cobertura

Uma das maiores causas de umidade no sistema de lajes de cobertura é a falta do sistema de impermeabilização ou manutenção do mesmo, permitindo a percolação da água.

Conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2024) a exposição à água da chuva acaba gerando umidade que pode acelerar a deterioração e prejudicar às condições de habitabilidade do ambiente construído. Para assegurar a estanqueidade em lajes de cobertura, a norma cita a necessidade de sistemas que impossibilitem a penetração de líquidos ou umidade, sem gerar prejuízo da utilização do ambiente, sem comprometer a sua segurança estrutural. Quando houver sistemas de impermeabilização, estes sistemas devem seguir a ABNT NBR 9575 - Impermeabilização: seleção e projeto (ABNT, 2010).

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010) a impermeabilização deve ser projetada para evitar a passagem de fluidos e vapores nas construções, proteger os elementos e componentes construtivos expostos ao intemperismo e proteger o meio ambiente de agentes contaminantes.

A umidade existente em terraços e coberturas é proveniente da água de infiltração, atuando em superfícies onde não existe um esforço hidrostático sobre os elementos construtivos, proporcionando um livre escoamento da água. Desta maneira, a água se propaga por osmose, molhando cada grão do material até atingir a parte interna da edificação (CUNHA; NEUMANN, 1979).

### 2.1.2 Sistema de cobertura do tipo telhado

Conforme a NBR 15575-5 (ABNT, 2021) o sistema de cobertura de uma edificação tem a função de assegurar estanqueidade às águas pluviais, resistir às ações do vento, garantir o isolamento térmico, reduzindo o calor entre o ambiente interno e externo, isolamento acústico e possuir uma resistência mecânica para cargas permanentes (peso próprio) e variáveis (vento).

Quando o sistema especificado é do tipo telhado, este pode apresentar vazamentos na área de cobertura das telhas, afetando a sua função de garantir a estanqueidade. Um problema que pode acontecer em qualquer tipo de telhado é o caimento inadequado das águas, gerando um desprendimento dos encaixes das telhas e o seu mau funcionamento. Um defeito muito comum encontrado em telhados de telhas de fibrocimento são os vazamentos por fissuras nas peças, devido a sua colocação inadequada ou devido às variações térmicas (VERÇOZA, 1991).

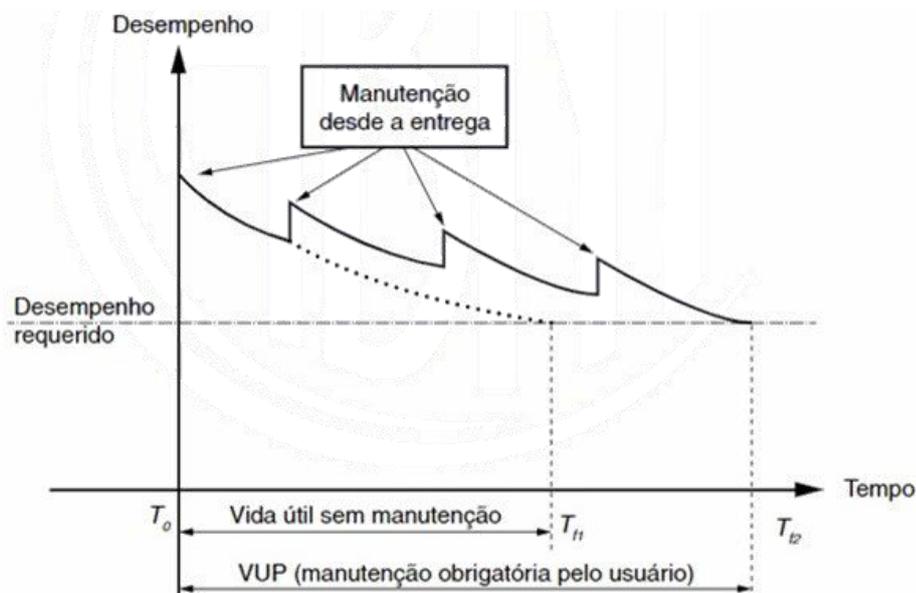
A NBR 15575-5 (ABNT, 2021) cita que as ações atuantes em um sistema de cobertura, tais como a ação do vento, a intensidade de chuvas e a insolação são as que exercem maior influência nas coberturas e, portanto, determinantes no projeto.

### 2.1.3 Umidade em fachadas

A umidade de infiltração nas fachadas é um problema comum nas edificações, comprometendo a estética e em alguns casos podendo afetar a habitabilidade e a estrutura da edificação. O envelhecimento dos edifícios e suas fachadas é um processo natural, o desempenho é perdido ao longo do tempo, sendo necessárias medidas de manutenção com o intuito de recuperar ou manter a qualidade da fachada (CONSOLI; REPETTE, 2006), conforme pode-se observar na figura 1.

Conforme a NBR 15575-4 (ABNT, 2021) o SVVE deve garantir a estanqueidade à água, impedindo a entrada de águas em condições de exposição à chuva e ventos, garantir o desempenho térmico, minimizando a entrada de calor entre o ambiente interno e externo e acústico, protegendo o ambiente interno contra ruídos externos. Além das funções de habitabilidade, a NBR 15575-4 (ABNT, 2021) exige a durabilidade da fachada, garantindo a vida útil mínima esperada, de acordo com a edificação, e a garantia da segurança estrutural, onde as fachadas devem suportar as cargas de vento sem comprometer a segurança da edificação.

Figura 1: gráfico desempenho ao longo do tempo



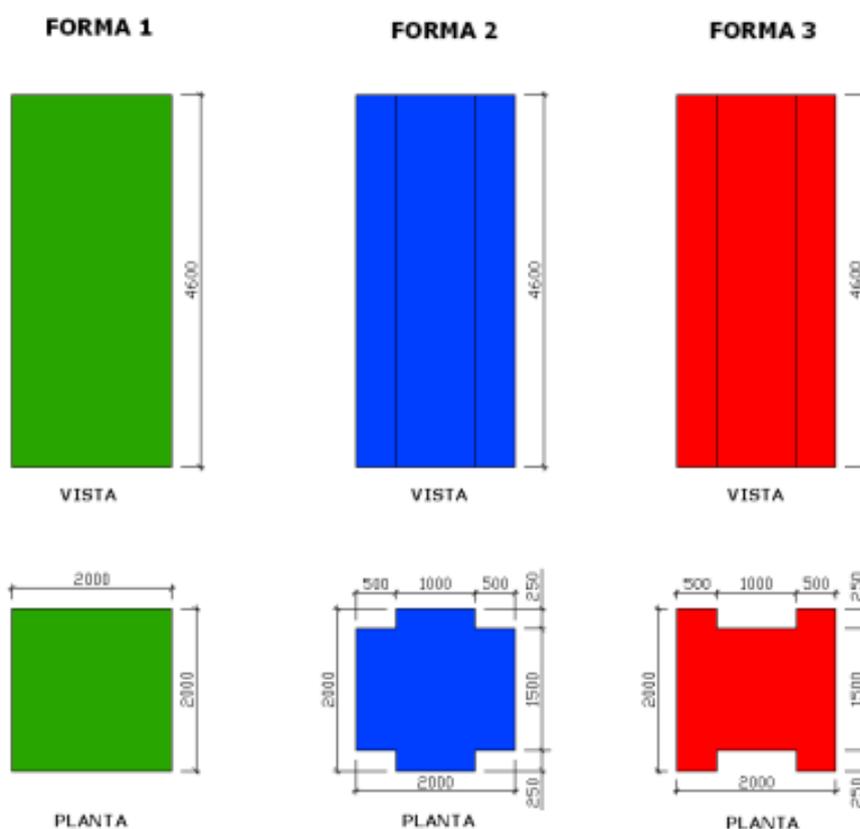
fonte: NBR 15575:1, ABNT 2024

Os fatores que afetam a durabilidade de uma fachada podem ser divididos em intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos se relacionam com a superfície do material e sua geometria, como a rugosidade da fachada e sua geometria. Já os fatores extrínsecos são aqueles em que o ambiente e as condições físico-químicas atuam diretamente na fachada. Alguns exemplos das ações extrínsecas são: a força do vento, a precipitação da chuva, a radiação solar, a temperatura, a umidade relativa do ambiente e a poluição. O principal fator que colabora com a infiltração da água em fachadas é a chuva dirigida, que corresponde à combinação da água pluvial carregada pelo vento, onde acaba existindo uma componente horizontal por causa da velocidade do vento, empurrando esta água que se projeta para a superfície da fachada (POYASTRO, 2011).

Conforme Poyastro (2011), a ação simultânea do vento e da água é muito diferente da ação isolada do vento. A chuva dirigida possui um padrão diferente da ação do vento isolado, não possuindo as mesmas distribuições de pressões de vento quando ocorre a chuva sem a ação do vento, as fachadas não são molhadas, havendo apenas alguns respingos de água. A consequência direta dessa mudança de padrão é a forma como os projetistas se preocupam em proteger as fachadas contra manchamentos e infiltrações.

A autora realizou seu estudo baseado no formato de três modelos de edificações distintas, sendo eles: prédio prismático, em H e em cruz, conforme apresenta a figura 2.

Figura 2: Formato das edificações para o estudo de chuva dirigida



fonte: POYASTO, 2011

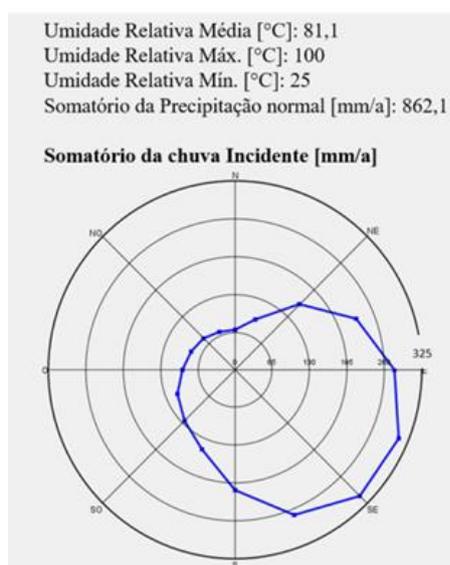
A conclusão da influência da chuva dirigida nessas edificações é que a edificação prismática apresenta a menor área de molhamento em suas fachadas, além disso, ao analisar as edificações, observa-se que os andares superiores apresentam uma faixa de molhamento maior na parte superior da fachada em comparação com o meio ou a base (POYASTRO, 2011).

A autora também realizou os efeitos em relação ao entorno da edificação, e a conclusão obtida foi que prédios sem edificações próximas, ou seja, isolados, apresentam melhores resultados, com uma área de molhamento menor que prédios com a interferência de edificações à meia altura ou de mesma altura, da edificação analisada no entorno (POYASTRO, 2011).

A chuva dirigida desempenha um papel fundamental na durabilidade das edificações. Este fenômeno tem como consequência a ocorrência de infiltrações da água pluvial pelas aberturas da edificação, provocando danos estruturais à edificação, crescimento de mofo e alterações estéticas nas fachadas. Portanto, o entendimento da chuva dirigida tem uma importância significativa para identificar os locais mais afetados que irão necessitar de manutenção com maior frequência, além de determinar o melhor *design* para a edificação (POYASTRO, 2011).

Conforme Grafulin (2021), a direção preferencial da chuva para Porto Alegre ocorre no sentido sudeste, como é possível observar na figura 3.

Figura 3: Análise da chuva dirigida para Porto Alegre (RS)



fonte: GRAFULIN, 2021

## 2.2 UMIDADE DE CONDENSAÇÃO

A dimensão da umidade gerada pela condensação está intimamente relacionada à microestrutura dos poros dos materiais da alvenaria, à quantidade de vapor de água presente no ambiente e, conseqüentemente, à umidade relativa, bem como à temperatura das superfícies internas e externas da parede. Diferentes condições ambientais externas influenciam a umidade do ar, que se condensa na superfície do material quando atinge a temperatura de orvalho, sendo então absorvida por capilaridade (BERTOLINI, 2010).

Conforme a NBR 15575-1 (ABNT, 2024) os ambientes existentes nas edificações devem possuir aberturas, como janelas, portas e venezianas que permitam a entrada e saídas de ar. O dimensionamento dessas aberturas varia conforme o ambiente. Na falta de ventilação natural em áreas de permanência não prolongada, deve-se optar por ventilação mecânica, que permita uma taxa adequada de renovação do ar.

Para Porto Alegre, o Código de Obras<sup>1</sup> (2022) determina os padrões dimensionais para os vãos de ventilação dos compartimentos principais, indicados no anexo 4, apresentados no quadro 1.

Quadro 1: Padrão para vãos de ventilação e iluminação natural

USO	TIPO EDIFÍCIO E/OU COMPARTIMENTO	VENTILAÇÃO Fração da área do piso
RESIDENCIAL	Compartimento principais, cozinhas e lavanderias	1/12
NÃO RESIDENCIAL	Sala, escritórios, edifícios administrativos, hotéis, escolas, hospitais, clínicas, locais para refeições, etc.	1/12
	Lojas, pavilhões, galerias e centros comerciais, auditórios e outros locais de reunião de público	1/24
RESIDENCIAIS E NÃO RESIDENCIAIS	Sanitários	1/12
	Garagens, pequenos depósitos vinculados a outras atividades e não enquadrados na tipologia pavilhão, circulações de uso comum, etc	1/20

fonte: do autor, adaptado do anexo 4 do código de edificações de Porto Alegre

O Código de Obras de Porto Alegre (2022) indica que os vãos, quando dotados de esquadrias, devem permitir a renovação do ar em pelo menos 50% da área mínima exigida, além disso é necessário que a ventilação do ambiente não seja inferior a 0,4m<sup>2</sup>, exceto na existência de dutos de ar ou de sanitários que contenham apenas lavatório e vaso sanitário, no qual a área mínima pode ser de 0,25m<sup>2</sup>.

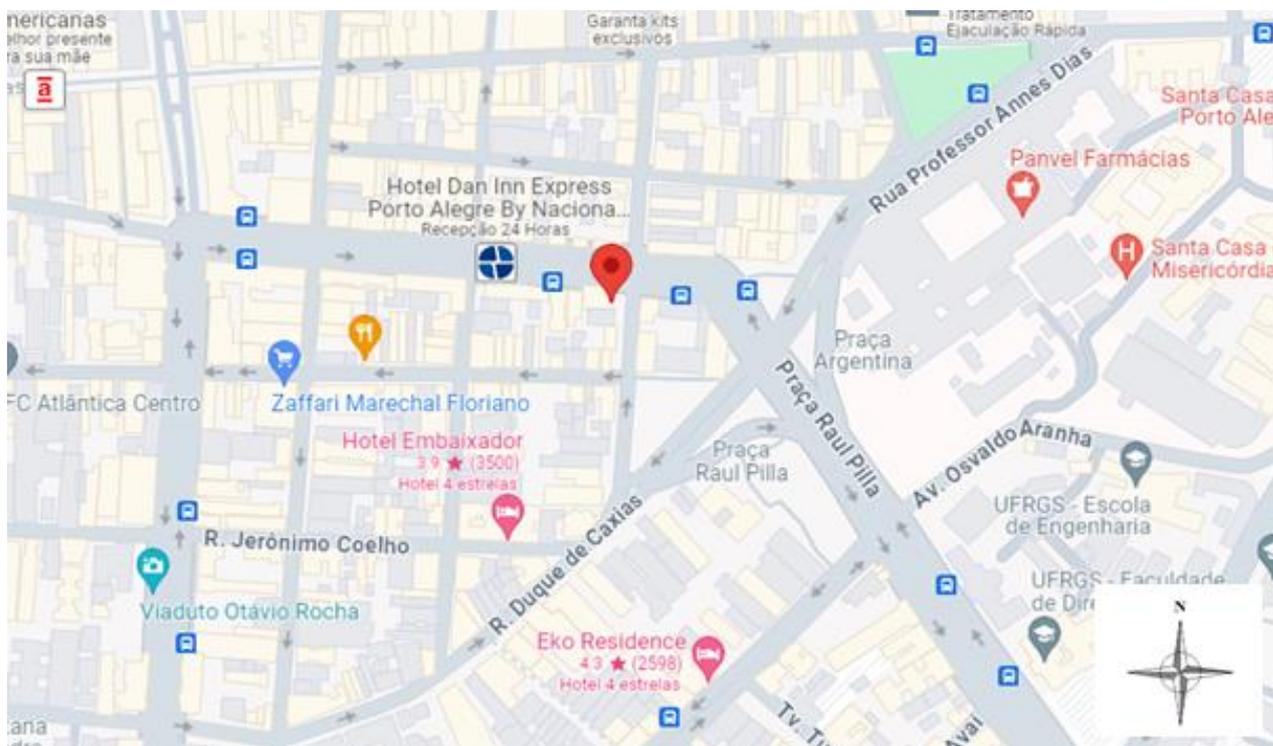
### 3. OBJETO DE ESTUDO E MÉTODO

Neste capítulo será abordado o objeto de estudo, apresentando pontos importantes da edificação como sua localização, formato, sistema construtivo e tipos de cobertura. Na sequência será descrito o método utilizado para o desenvolvimento deste estudo.

#### 3.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho situa-se em Porto Alegre, no bairro Centro. Nas figuras 4 e 5 pode-se observar a localização da edificação. Trata-se de uma edificação com vinte e cinco pavimentos, composta por sistema estrutural de concreto armado, com aproximadamente 40 anos, onde serão analisados o 24º e o 25º pavimento e cobertura.

Figura 4: Localização da edificação no meio urbano



fonte: Google maps, 2024

Figura 5: Localização da edificação na quadra



fonte: Google maps, 2024

A edificação localiza-se na esquina da Avenida Senador Salgado Filho com a Rua Doutor Flores, apresenta as fachadas principais voltadas para Leste e Norte.

O sistema estrutural é composto por elementos de concreto armado, enquanto o sistema de vedação vertical externo (SVVE) é composto por alvenaria de blocos cerâmicos com assentamento de argamassa. A alvenaria externa é revestida em quase toda sua extensão por pastilhas cerâmicas. Além desse tipo de revestimento, uma pequena parte da fachada possui revestimento em argamassa e acabamento em tinta. As esquadrias externas da edificação são compostas de madeira com vidro simples e sistemas de correr.

O sistema de cobertura é formado por dois tipos distintos, sendo um deles laje de concreto e o outro telhado. As lajes foram projetadas com caimento em direção aos ralos e impermeabilizadas com uma manta asfáltica revestida de alumínio. A cobertura do tipo telhado possui uma estrutura de madeira com telhas de fibrocimento com inclinação direcionada às calhas existentes no perímetro externo da edificação, que coletam a água e a conduzem aos tubos de quedas.

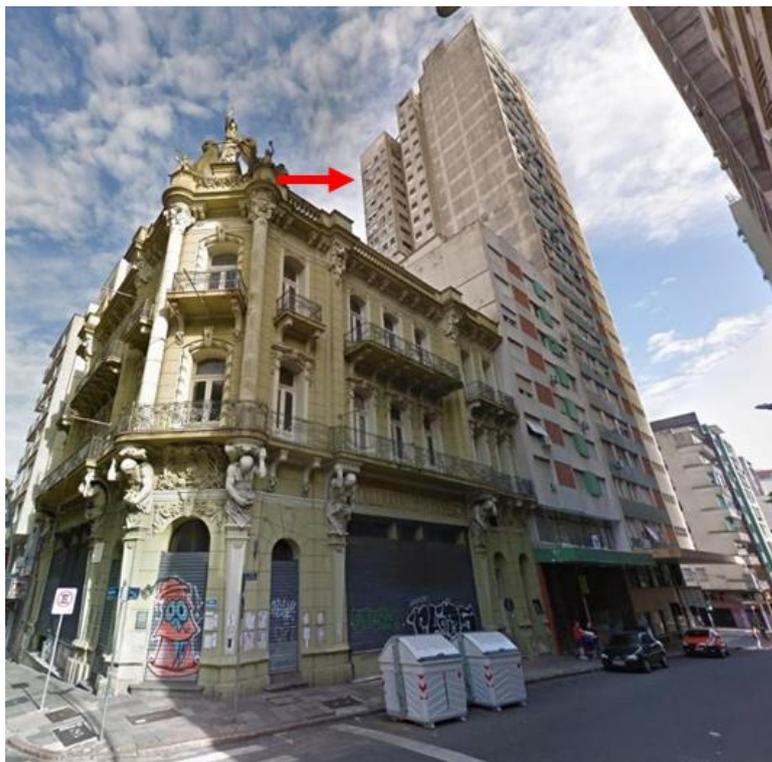
Na figura 6 pode-se observar a fachada norte da edificação, enquanto na figura 7 está apresentada a fachada sul e na figura 8, está o topo da fachada leste.

Figura 6: Fachada norte



fonte: Google maps, 2024

Figura 7: Fachada sul



fonte: Google maps, 2024

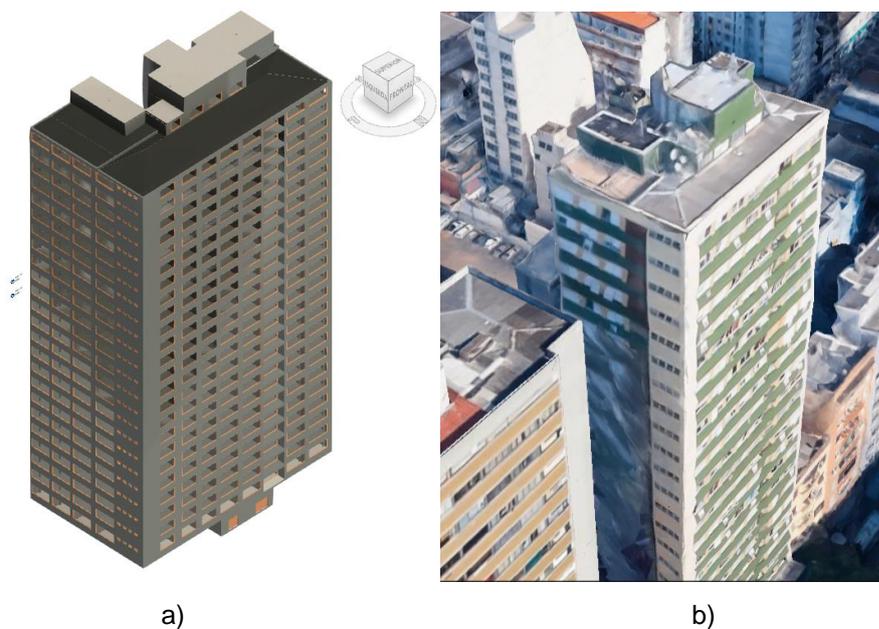
Figura 8: Topo da edificação – fachada leste



fonte: foto do autor, 2024

Na figura 9 (fachada nordeste) e na figura 10 (fachada noroeste) está representada a edificação pela vista isométrica, observa-se imagens geradas em modelo gráfico do *software* Revit® (a) e imagens obtidas pelo *Google Earth* (b).

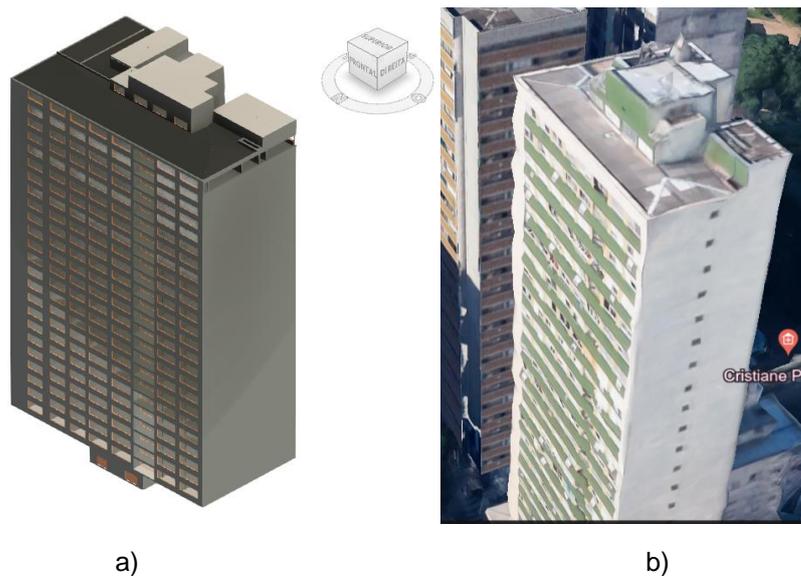
Figura 9: Vista isométrica a nordeste: a) Modelo no *software* Revit®; b) Modelo real pelo *Google Earth*



fonte: elaborado pelo autor

fonte: Google Earth

Figura 10: Vista isométrica a noroeste: a) Modelo no *software* Revit®; b) Modelo real pelo *Google Earth*

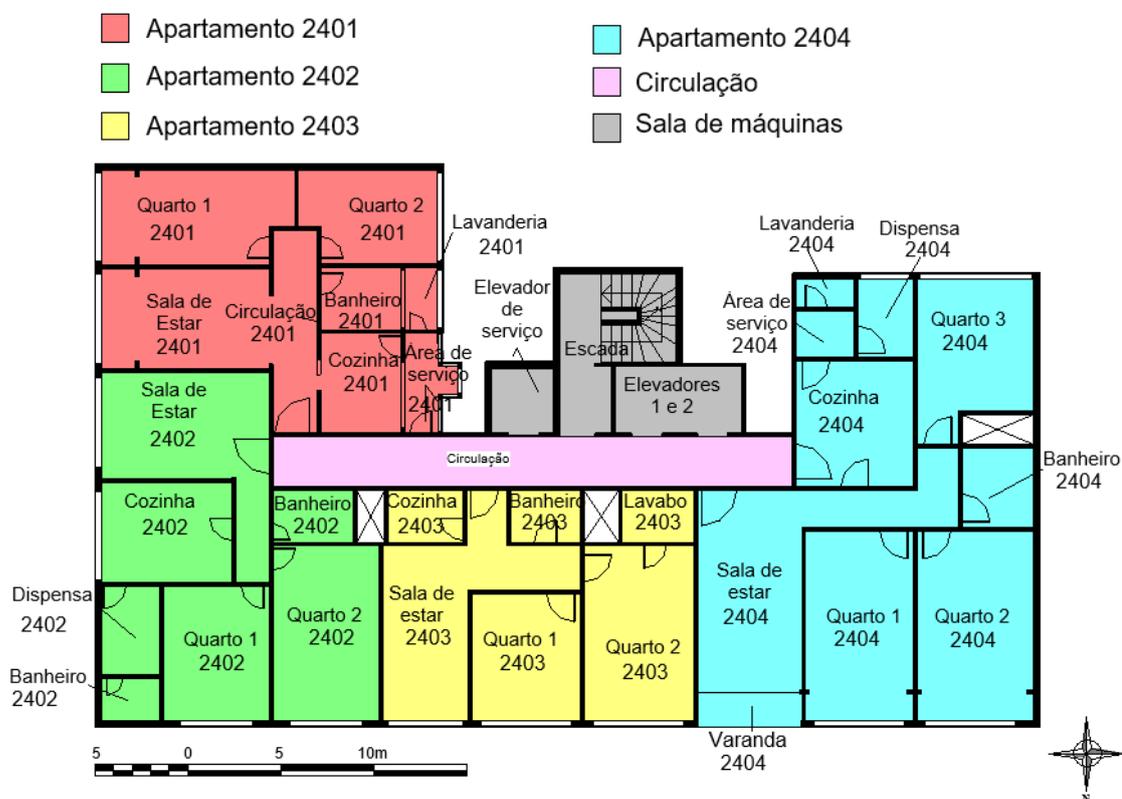


fonte: elaborado pelo autor

fonte: Google Earth

Na figura 11 observa-se a planta baixa do vigésimo quarto pavimento composto por 4 unidades habitacionais, circulação horizontal e vertical.

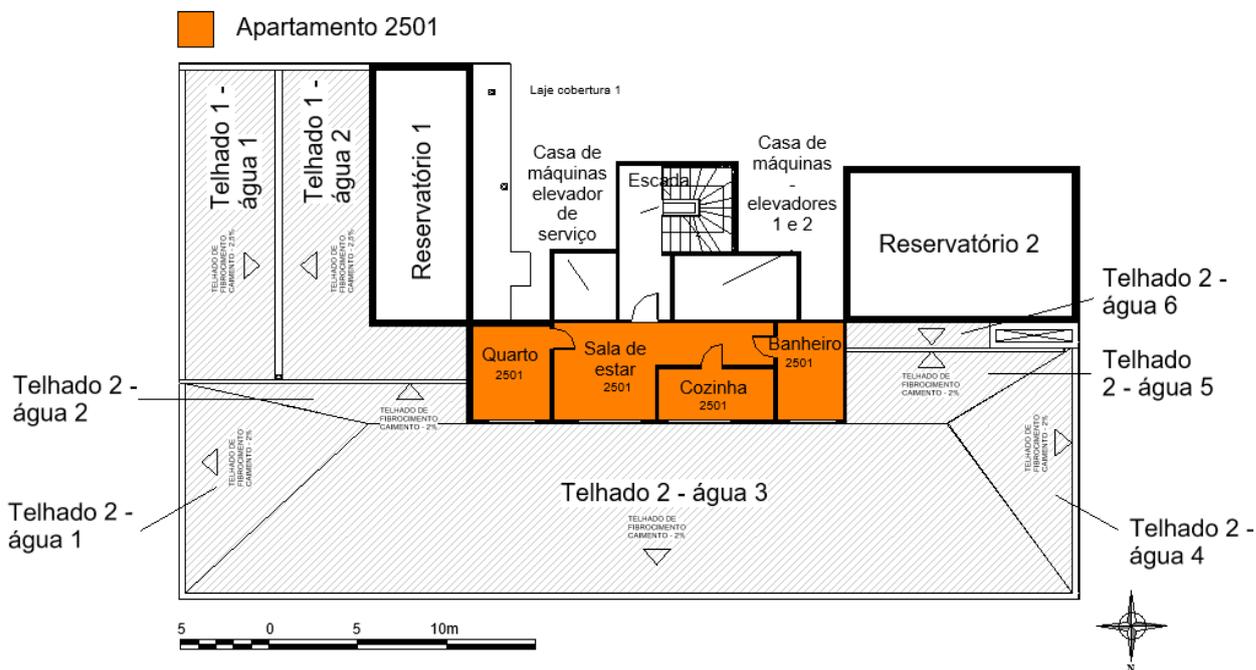
Figura 11: Planta baixa do vigésimo quarto andar



fonte: elaborado pelo autor

Na figura 12 está apresentada a planta baixa do vigésimo quinto andar, onde observa-se uma unidade habitacional, a circulação vertical e os sistemas de cobertura em laje plana e telhados.

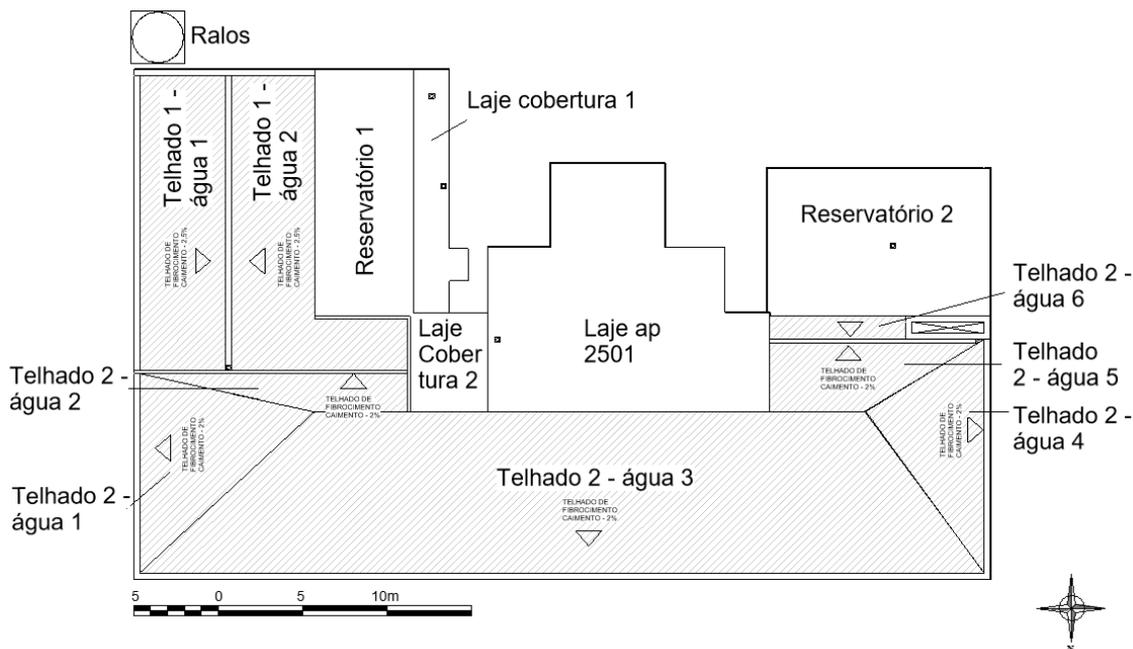
Figura 12: Planta baixa do vigésimo quinto andar



fonte: elaborado pelo autor

Na figura 13 é possível identificar os diferentes tipos de cobertura (telhados e lajes planas) que compõem a edificação.

Figura 13: Planta baixa da cobertura



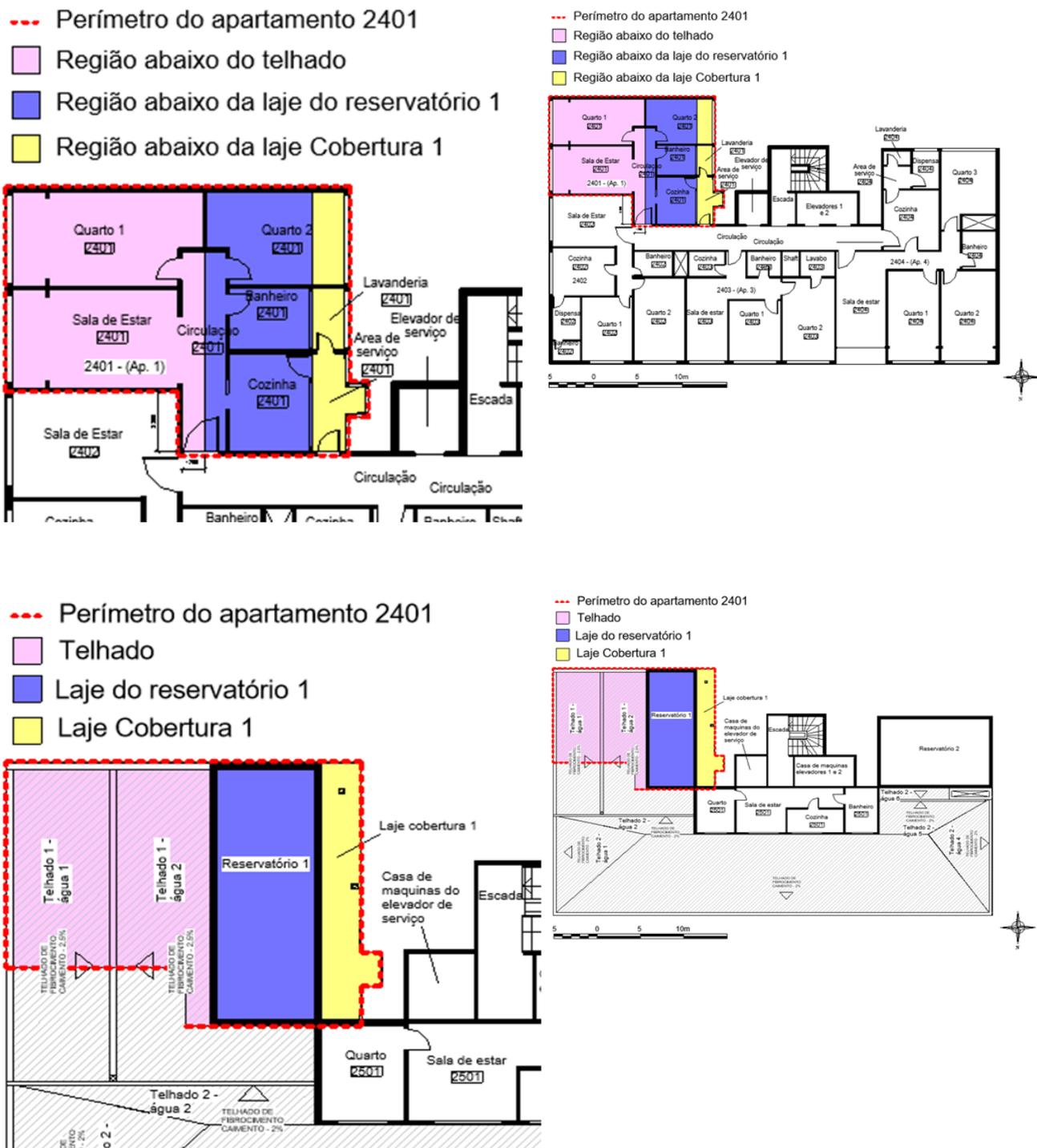
fonte: elaborado pelo autor

Neste estudo foram analisadas as MPs de quatro unidades habitacionais, localizadas abaixo da cobertura da edificação, sendo três delas no vigésimo quarto andar (2401), (2403), (2404) e uma no vigésimo quinto andar (2501). Cada apartamento analisado tem uma planta baixa diferenciada, ou seja, não são apartamentos tipo. Sobre o apartamento 2401 (vigésimo quarto andar) existem três diferentes sistemas de cobertura:

- a) laje de concreto armado sob o telhado de fibrocimento com estrutura de madeira: localizada acima do quarto 1, sala de estar e circulação do apartamento;
- b) laje de concreto armado sob o reservatório d'água. Esta laje não possui impermeabilização, enquanto o reservatório acima dela é de concreto armado, com a base impermeabilizada com argamassa polimérica. Localiza-se acima do quarto 2, banheiro e cozinha;
- c) laje de concreto impermeabilizada com manta asfáltica com acabamento aluminizado, situada sobre a lavanderia.

Na figura 14 pode-se visualizar a representação dos sistemas de cobertura localizados sobre o apartamento 2401.

Figura 14: correspondência entre o tipo de cobertura e os ambientes do apartamento 2401



fonte: elaborado pelo autor

Já a unidade habitacional 2403 possui a cobertura composta de laje de concreto armado, sem impermeabilização, e acima desta laje tem o telhado de fibrocimento com estrutura de madeira, possuindo um único sistema de cobertura sobre o apartamento 2403.

O apartamento 2404 possui cobertura composta por telhado de fibrocimento e também por uma laje de apoio ao reservatório de água que abastece as colunas de água do apartamento 2403 e 2404, onde os ambientes são divididos da seguinte forma:

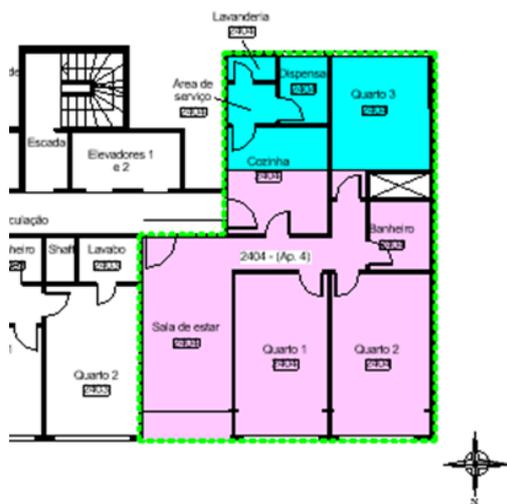
- a) laje de concreto abaixo do telhado de fibrocimento com estrutura de madeira: está localizada sobre a sala de estar, quarto 1, quarto 2 e banheiro da unidade 2404;
- b) laje de apoio do reservatório d'água. O reservatório é de concreto armado, com a base impermeabilizada com argamassa polimérica. A laje está localizada sobre a cozinha, lavanderia, quarto 3 e dispensa da unidade 2404.

A figura 15 mostra a divisão dos sistemas de cobertura do apartamento 2404.

O apartamento 2501 possui um único sistema de cobertura, sendo composto de laje de concreto impermeabilizado com manta asfáltica com revestimento aluminizado e com caimentos para os ralos.

Figura 15: correspondência entre o tipo de cobertura e os ambientes do apartamento 24

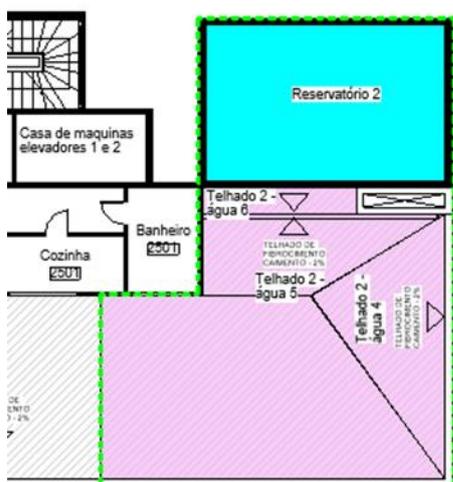
- Perímetro do apartamento 2404
- Região abaixo do telhado
- Região abaixo da laje do reservatório 2



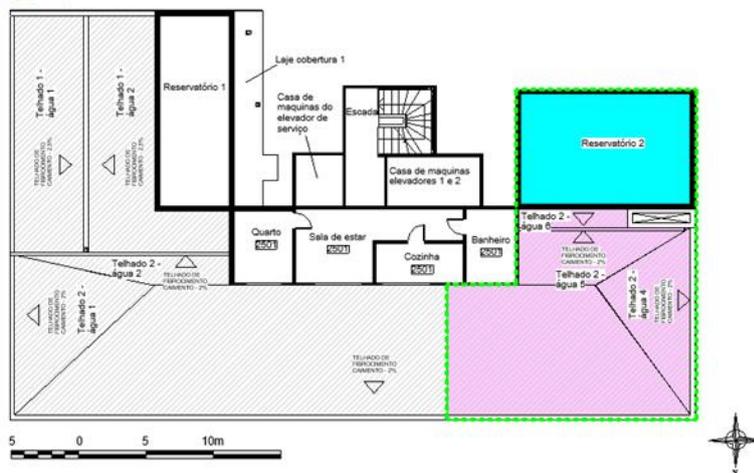
- Perímetro do apartamento 2404
- Região abaixo do telhado
- Região abaixo da laje do reservatório 2



- Perímetro do apartamento 2404
- Telhado
- Laje do reservatório 2



- Perímetro do apartamento 2404
- Telhado
- Laje do reservatório 2



fonte: elaborado pelo autor

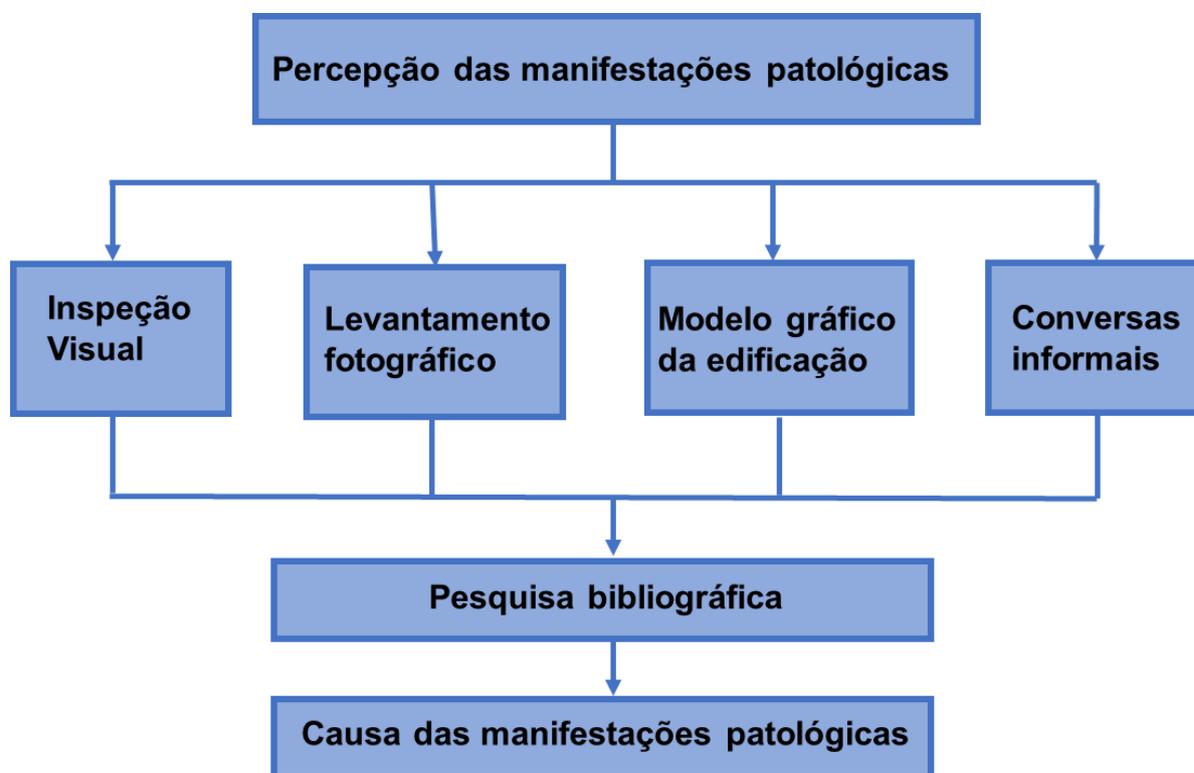
## 3.2 MÉTODO

Este trabalho está estruturado para apresentar as manifestações patológicas nos apartamentos 2401, 2403, 2404 e 2501. Para a realização deste estudo foram realizadas inspeções visuais, observando os pontos de ocorrência das anomalias nos apartamentos, ainda foi produzido um relatório de vistorias com memorial fotográfico desses apartamentos. Além do memorial fotográfico foi desenvolvido um modelo tridimensional no *software* Revit®, com o intuito de mapear em quais pontos de cobertura as MPs ocorreram, facilitando a visualização dessa correspondência do pavimento com a cobertura. Ainda foram obtidas informações com o síndico da edificação e com os moradores dos apartamentos 2401, 2403, 2404 e 2501, em conversas informais, a fim de obter informações para melhor entendimento do objeto de estudo.

Importante frisar que, ao longo do desenvolvimento deste trabalho, parte dos problemas causados pelas MPs já haviam sido resolvidos pela administração da edificação. Na figura 16 está apresentado o fluxograma do método realizado para o desenvolvimento deste estudo.

O primeiro passo realizado neste estudo foi a percepção das MPs nos apartamentos, posteriormente foram realizados simultaneamente os seguintes processos: inspeção visual das MPs, levantamento fotográfico, elaboração do modelo gráfico da edificação e conversas informais com os moradores e síndico da edificação. Esta etapa objetivou visualizar o edifício como um todo, entendendo a relação entre seus sistemas de cobertura e os apartamentos. O terceiro passo deste processo foi a pesquisa bibliográfica, responsável pelo embasamento para definir as causas das manifestações patológicas observadas.

A figura 16: Fluxograma do método



fonte: autor

#### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste trabalho é apresentado o estudo de caso referente às manifestações patológicas relacionadas à umidade identificadas na edificação, sendo elas:

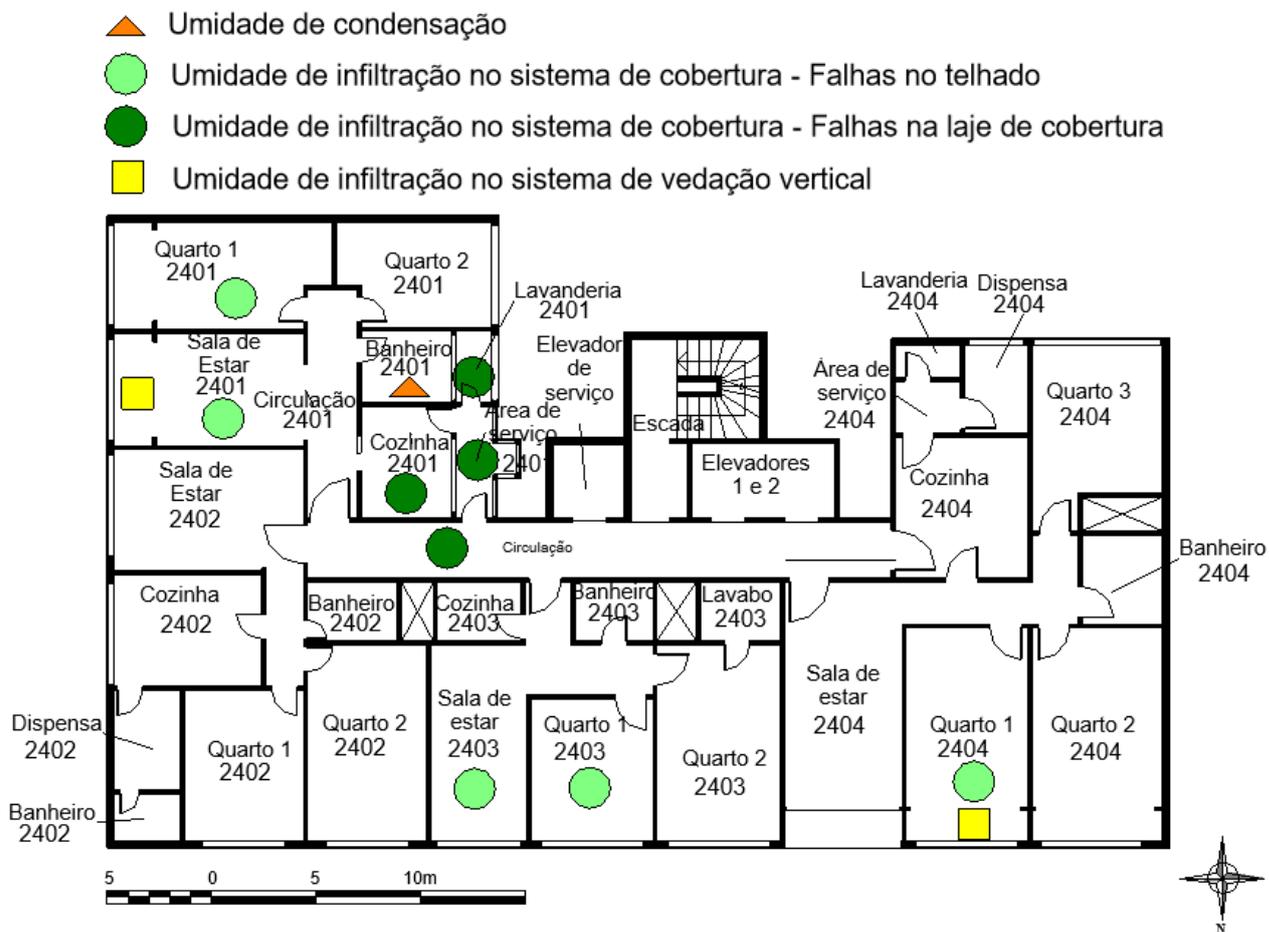
- a) umidade de infiltração no sistema de cobertura;
- b) umidade de infiltração no sistema de vedação vertical;
- c) umidade de condensação.

A região de origem de cada MP está indicada na figura 17 e na figura 18. A figura 17 mostra a planta baixa do vigésimo quarto pavimento com a representação das manifestações patológicas em cada cômodo, enquanto a figura 18 apresenta a planta baixa do vigésimo quinto pavimento com a representação da MP no apartamento 2501.

De forma geral, no 24° pavimento observam-se diferentes tipos de umidade. Especificamente na unidade habitacional 2401 ocorre umidade de infiltração proveniente do sistema de cobertura devido a falhas na laje e no telhado, bem com umidade de infiltração no sistema de vedação vertical, na fachada orientada à Leste e umidade de condensação no banheiro próximo à lavanderia.

No apartamento 2403 verifica-se predominância de umidade de infiltração no sistema de cobertura devido à falhas no telhado, o que, também ocorre no apartamento 2404 conjuntamente com umidade de infiltração no sistema de vedação vertical.

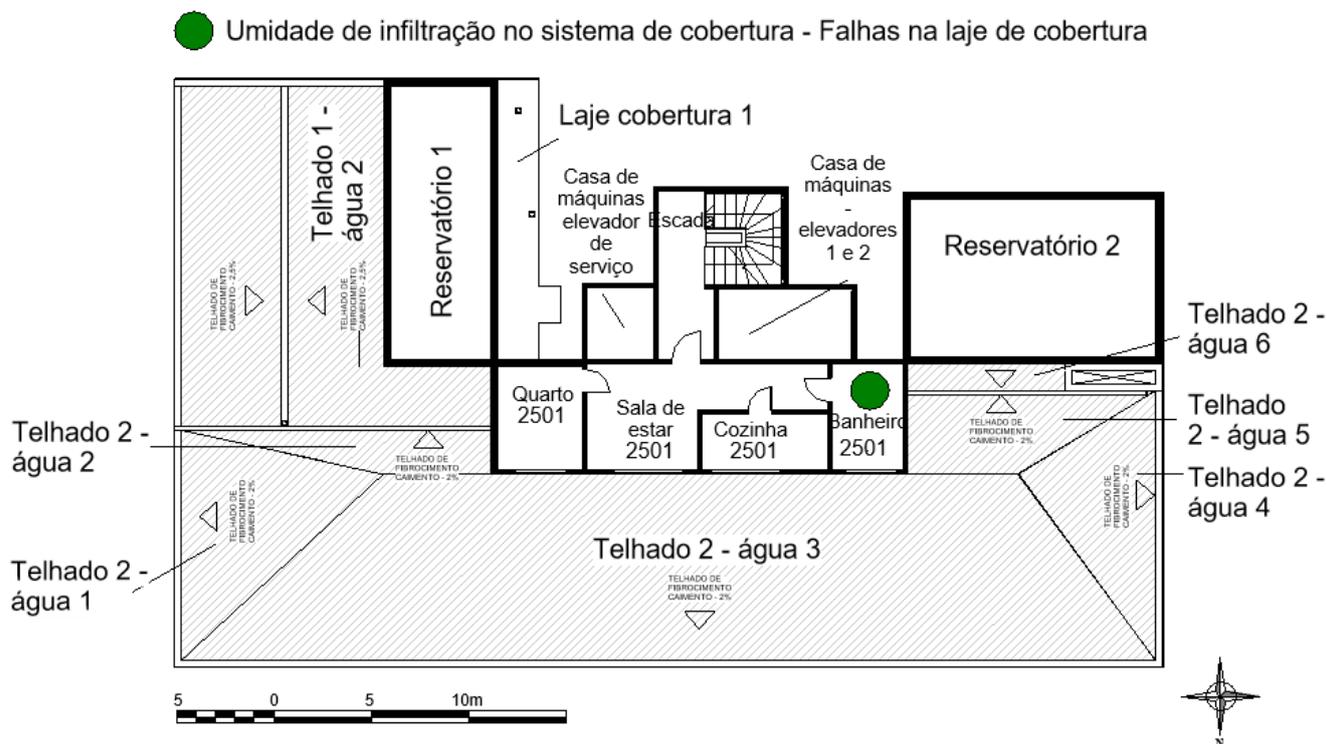
Figura 17: planta baixa do vigésimo quarto pavimento com representação das manifestações patológicas



fonte: elaborado pelo autor

No apartamento 2501 observa-se predominância de umidade de infiltração no sistema de cobertura devido a falhas nas lajes de cobertura, conforme pode-se observar na figura 18.

Figura 18: Planta baixa do vigésimo quinto pavimento com representação das manifestações patológicas



fonte: elaborado pelo autor

A seguir serão descritos os principais problemas relacionados à umidade observados neste trabalho, a divisão dos capítulos a seguir foi definida conforme a origem das MPs e os subcapítulos, quando existentes, relatam os apartamentos que possuem algum dano devido às MPs.

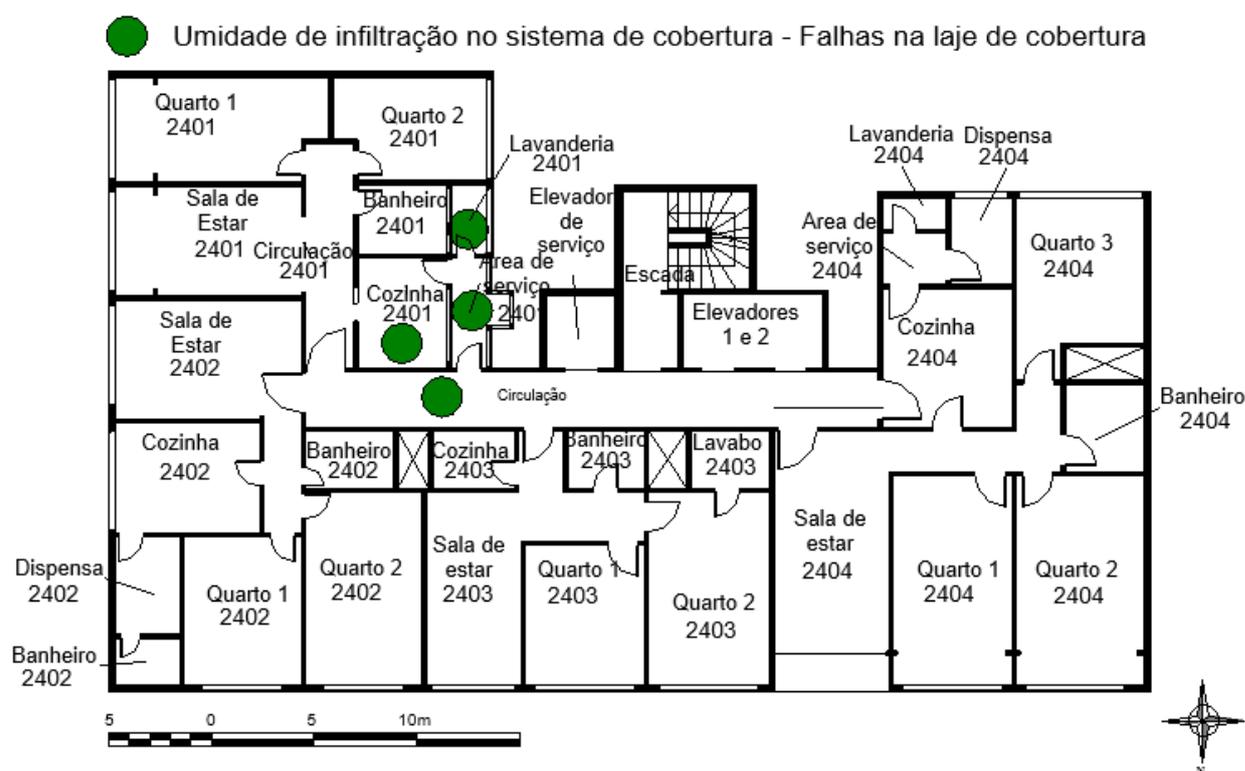
#### 4.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO NO SISTEMA DE COBERTURA

No sistema de cobertura temos umidade de infiltração em dois casos distintos, sendo eles: água pluvial incidindo diretamente nas lajes de cobertura, percolando por ela atingido a parte interna da edificação e água pluvial atingindo as lajes em regiões abaixo dos telhados por causa de falhas no telhado.

#### 4.1.1 Falha do sistema de impermeabilização das lajes de cobertura

Na laje de cobertura do vigésimo quarto pavimento observou-se quatro MPs em que a origem da infiltração é devida à umidade no sistema de cobertura, resultante de alguma falha na impermeabilização das lajes. Foram observadas três MPs no apartamento 2401 e uma MP na circulação do 24° andar. Na figura 19 estão apresentados os ambientes onde verificou-se a presença de umidade.

Figura 19: Planta baixa do vigésimo quarto pavimento com as divisões dos locais afetados pela falha de impermeabilização da laje de cobertura

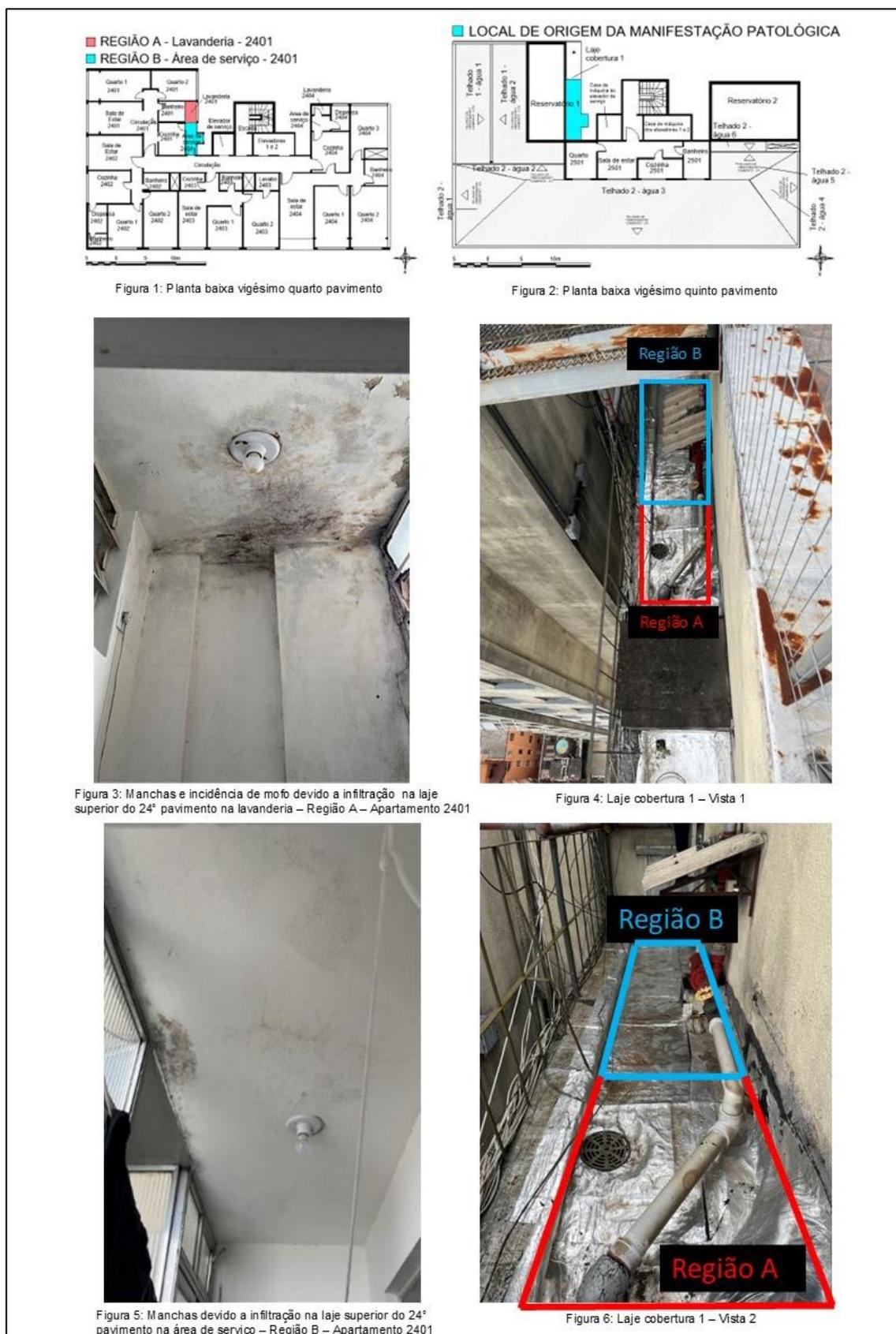


fonte: elaborado pelo autor

No vigésimo quinto pavimento observou-se apenas um caso de umidade devido a falha no sistema de lajes, é possível observar na figura 18 o local atingido.

No quadro 2, são apresentadas as imagens referentes às MPs existentes na área de serviço e na lavanderia do apartamento 2401.

Quadro 2: Ficha técnica das manifestações patológicas: lavanderia e área de serviço do apartamento 2401



fonte: elaborado pelo autor

A figura 1 do quadro 2 apresenta a planta baixa do vigésimo quarto pavimento, onde as hachuras representam a divisão de dois cômodos vizinhos que possuem a mesma causa para MP verificada, sendo a REGIÃO A correspondente à lavanderia e a REGIÃO B, à área de serviço do apartamento 2401.

Na laje superior da lavanderia (REGIÃO A) observa-se que há ocorrência de umidade por infiltração com incidência de provável crescimento biológico. Além disso, verificou-se que no local há o gotejamento de água através do duto de instalação elétrica. Enquanto na laje superior da área de serviço (REGIÃO B) há ocorrência de umidade por infiltração, resultando em manchas no teto, com indicação de crescimento biológico.

Na lavanderia e na área de serviço do apartamento 2401 observa-se a incidência de crescimento biológico no teto (Figura 3 e 5 do quadro 2).

Na área de serviço a infiltração ocorre pela falha do sistema de impermeabilização devido à falta de manutenção do mesmo, esta falha na estanqueidade permite a percolação da água sob a laje, resultando nas MPs observadas no ambiente.

A origem da infiltração na lavanderia se deve a dois fatores, o primeiro corresponde à falha na impermeabilização da laje de cobertura, o mesmo observado na área de serviço. O segundo fator corresponde à má execução da impermeabilização no entorno da tubulação da coluna de água da lavanderia que passa pela laje, como é possível observar na figura 20.

Conforme a NBR 9575 (ABNT, 2010) toda tubulação que atravessa a impermeabilização deve possuir detalhes específicos de arremates e reforços da impermeabilização, além de necessidade de impermeabilização ser executada a 10cm acima do nível do piso acabado.

Na figura 20 é possível observar um vão entre a tubulação e a manta asfáltica responsável pela impermeabilização, este vão é resultado da falha de fixação e arremate da manta com a tubulação existente, não atendendo ao critério da NBR 9575 (ABNT, 2010), que cita a necessidade de impermeabilização possuir arremates e específicos reforços de impermeabilização quando a tubulação atravessa a laje.

Figura 20: Laje de cobertura 1 - Tubulação da coluna d'água da lavanderia atravessando a laje



fonte: foto do autor

Com esses fatores temos a ocorrência de MPs, tais como o surgimento de manchas por umidade e a proliferação de agentes biológicos, resultando na deterioração dos materiais, prejudicando o conforto e a habitabilidade do usuário.

No quadro 3 é possível visualizar as manifestações patológicas, organizadas na ficha de avaliação, juntamente com as imagens da cozinha, da circulação e da laje de cobertura 1. Na figura 1 do quadro 3 está representada a planta baixa do vigésimo quarto pavimento com a indicação dos locais afetados pela umidade, divididos em duas regiões, sendo a REGIÃO A correspondente à cozinha e a REGIÃO B à circulação do 24 pavimento.

Quadro 3: Ficha técnica das manifestações patológicas: circulação do 24º pavimento e cozinha do apartamento 2401



Figura 1: Planta baixa vigésimo quarto pavimento

Figura 2: Planta baixa vigésimo quinto pavimento



Figura 3: Manchas na laje superior do 24º pavimento na Cozinha – Região A – Apartamento 2401



Figura 4: Laje Cobertura 1 – Entrada do alçapão



Figura 5: Infiltração de água na laje superior do 24º pavimento na Circulação – Região B – Circulação do vigésimo quarto pavimento



Figura 7: Alçapão abaixo do reservatório 1 - Local de origem das manifestações patológicas



Figura 6: Acúmulo de água proveniente da laje de cobertura do 24º pavimento – Região B – Circulação do vigésimo quarto pavimento

fonte: elaborado pelo autor

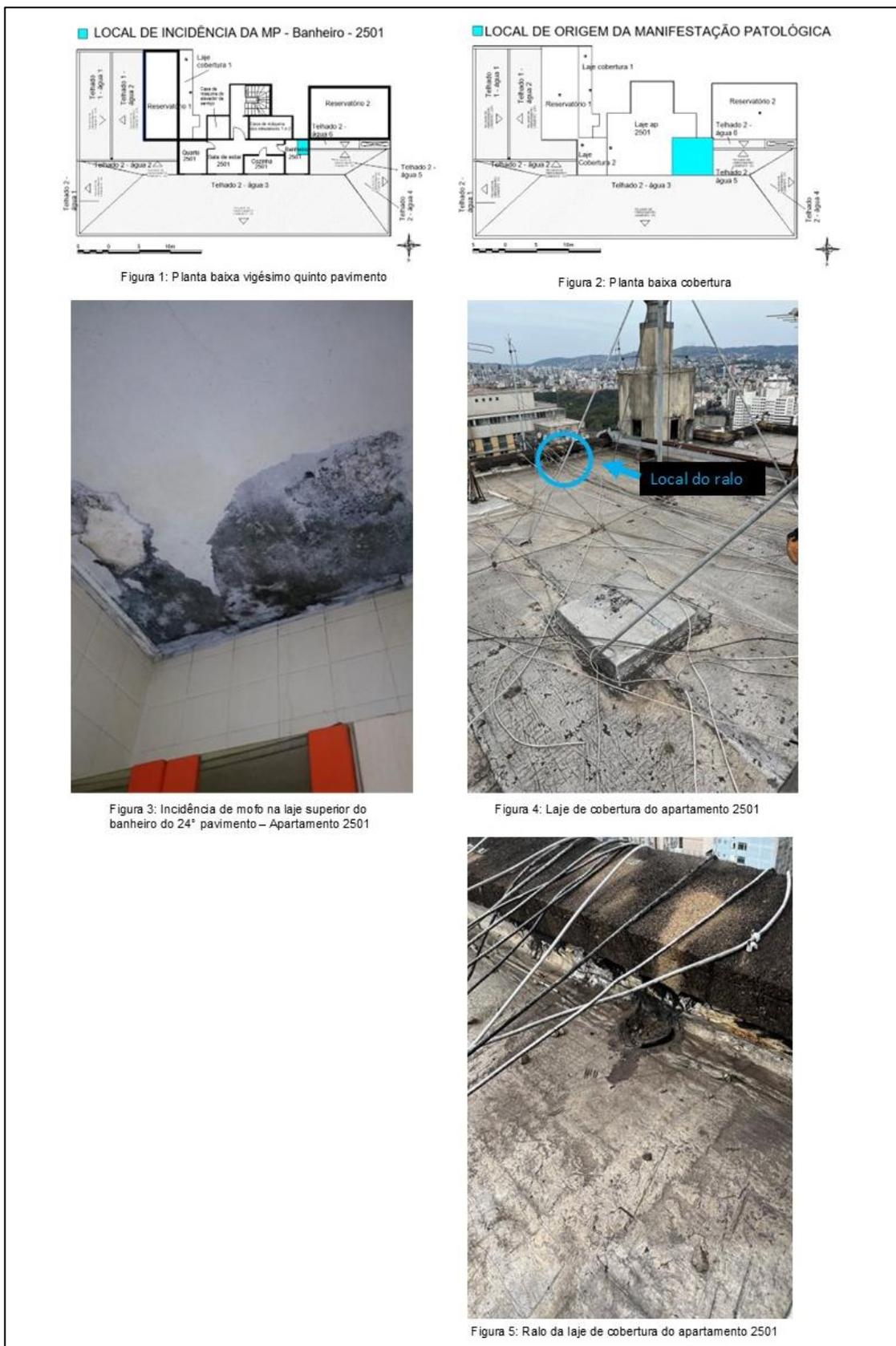
Na cozinha (REGIÃO A) foram diagnosticados dois problemas devido à infiltração, sendo eles: a existência de manchas na laje superior e um gotejamento que ocorre no duto de instalação elétrica na lâmpada da cozinha (Figuras 3 do quadro 3).

Na circulação do vigésimo quarto pavimento ocorreu o gotejamento da água da chuva que infiltra na laje superior da circulação com acúmulo de água no piso da circulação do vigésimo quarto andar (Figura 6 do quadro 3).

A origem dessas MPs é o acúmulo de água que ocorre no alçapão embaixo do reservatório (Figura 4 e 7 do quadro 3). Essa infiltração aconteceu pelo excesso de água na laje de cobertura 1 que acaba resultando na entrada da água através do alçapão embaixo do reservatório. A abertura deste acesso não possui impermeabilização e apresenta acúmulo de entulhos (Figura 7 do quadro 3), sendo um reflexo da falta de manutenção na região. Desta forma, a água entra em contato com a laje abaixo do alçapão, gerando a infiltração. Além da falta de manutenção, existe um erro de projeto na região, pois o único mecanismo que impede a entrada de água no alçapão é o caimento existente no sentido do alçapão para a laje de cobertura 1, que se demonstra ineficiente quando submetido a altos volumes de chuvas.

Na ficha de avaliação (quadro 4) é possível observar as imagens da manifestação patológica presente no banheiro do apartamento 2501, além da laje de cobertura deste apartamento.

Quadro 4: Ficha técnica das manifestações patológicas: Banheiro do apartamento 2501



fonte: elaborado pelo autor

No banheiro do apartamento 2501, observa-se a existência de intenso crescimento biológico de coloração bastante escura (Figura 3 do quadro 4). É válido salientar o risco à saúde que ambientes altamente contaminados podem causar aos usuários da edificação. O apartamento 2501 ficou um tempo considerável sem estar habitado, sendo importante ressaltar que este não é um apartamento tipo, pois foi projetado para a zeladoria da edificação. Entretanto o zelador não residia na edificação, o que resultou em um longo período sem ocupação. Posteriormente, após a ocupação deste apartamento, verificou-se a ocorrência da MP.

A existência de umidade no banheiro é originária da infiltração que ocorre na laje acima do apartamento 2501. Este elemento em questão foi impermeabilizado com manta asfáltica com acabamento aluminizado. A NBR 9575 (ABNT, 2010) cita que a na execução do sistema de impermeabilização com a manta asfáltica deve ser realizado o transpasse da manta, assim evitando as possíveis frestas, neste requisito a laje de cobertura do apartamento 2501 enquadrou-se, onde o transpasse foi realizado de maneira correta. Entretanto, em outros pontos observou-se a má execução, como as irregularidades na impermeabilização entre os planos horizontais e verticais, a superfície com irregularidades e pela existência de elementos metálicos sem os arremates e reforços para a correta impermeabilização, a falta de manutenção foi outro problema existente que afetou a estanqueidade do sistema, porque visualiza-se pontos da manta asfáltica com fissuras. Estes problemas são os responsáveis pelo sistema de impermeabilização apresentar falhas, gerando a MP relatada no banheiro do apartamento 2501.

Na figura 21 pode-se visualizar a laje de cobertura do apartamento 2501. Na região existem diversos cabos e irregularidades sobre a laje revestida com manta asfáltica, responsável por garantir a estanqueidade do sistema.

Essas obstruções acabam dificultando o escoamento da água. Na figura 22, é possível observar a estrutura responsável pelo suporte da eletrocilha, essa estrutura não está com a execução correta conforme a NBR 9575 (ABNT, 2010), pois o acabamento, com a subida vertical de, pelo menos 20cm acima do nível do piso, não foi executada.

Figura 21: Laje de cobertura do apartamento 2501



fonte: foto do autor

Figura 22: Suporte para a eletrocalha na cobertura do apartamento 2501



fonte: foto do autor

Um agravante para a falha no sistema de estanqueidade na laje de cobertura do apartamento 2501 é o ralo existente na região, pois encontra-se danificado e mal instalado, sua disposição não encaixa completamente no vão, o que permite a entrada de objetos causando a obstrução da tubulação (Figura 5 do quadro 4).

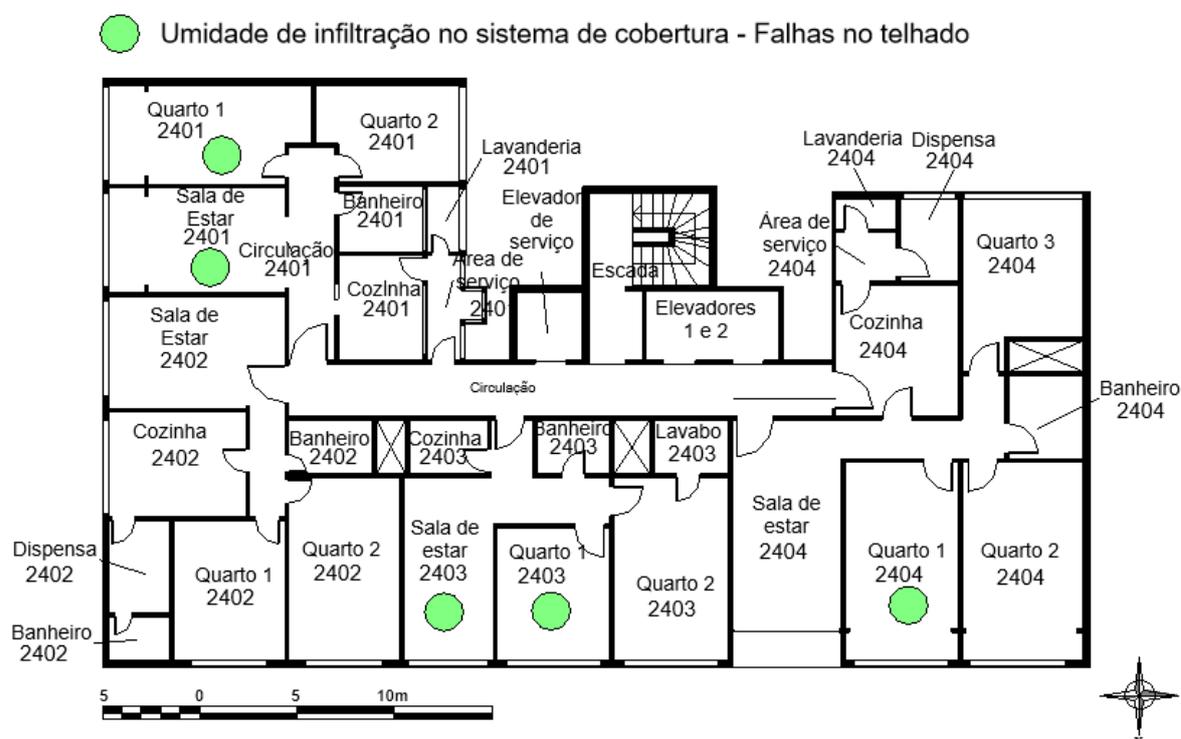
A falta de manutenção e a má execução na impermeabilização da laje de cobertura do apartamento 2501 são as responsáveis pela infiltração que originou a MP observada no banheiro do apartamento 2501.

#### 4.1.2 Umidade na laje devido a falhas no telhado da edificação

Na edificação abordada neste estudo não houve uma manutenção geral dos telhados, as correções/ manutenções são pontuais e as telhas acabam sendo trocadas quando existe a identificação de falhas, que geram problemas aos condôminos. No quadro 5 será possível observar algumas telhas com coloração diferente das demais, pois foram trocadas em função de danos existentes.

Na edificação observam-se cinco ambientes com presença de MPs por falha da vedação do telhado, sendo 2 pontos incidentes no apartamento 2401, um deles no quarto 1 e na sala de estar, duas incidências no apartamento 2403 que acabou atingindo o quarto 1 e a sala de estar deste apartamento e uma incidência no quarto 1 do apartamento 2404. Na figura 23 está representada a planta do vigésimo quarto pavimento indicando os cômodos atingidos pela infiltração da umidade devido a falha no telhado.

Figura 23: Planta baixa do vigésimo quarto pavimento com as divisões dos locais afetados pela falha de estanqueidade do telhado

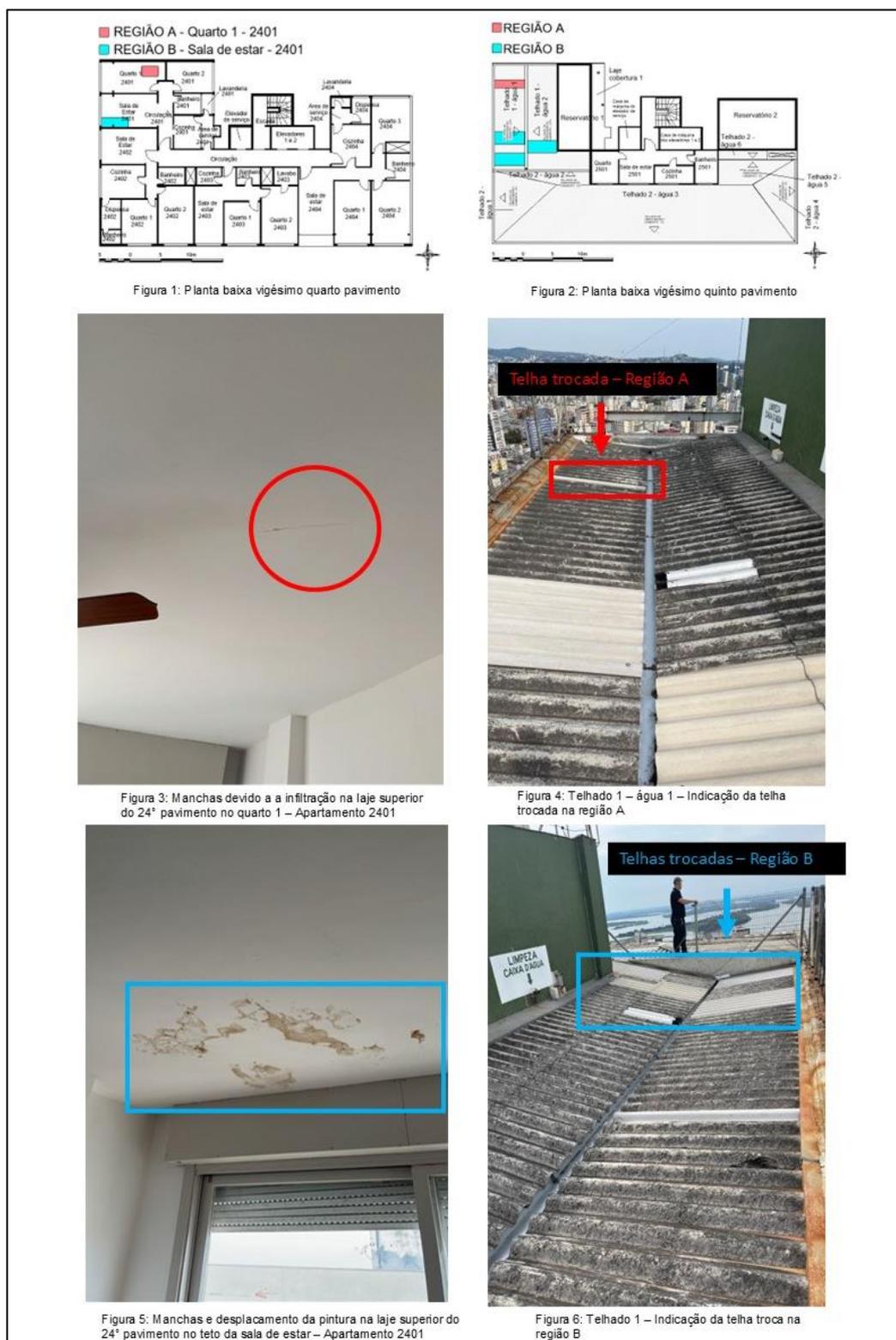


fonte: elaborado pelo autor

Na ficha de avaliação (quadro 5) são mostradas as imagens do telhado 1, acima do apartamento 2401, as manifestações patológicas e as plantas baixas do vigésimo

quarto e vigésimo quinto pavimentos com indicações das áreas de origem e áreas afetadas.

Quadro 5: Ficha técnica das manifestações patológicas: quarto 1 e sala de estar do apartamento 2401



fonte: elaborado pelo autor

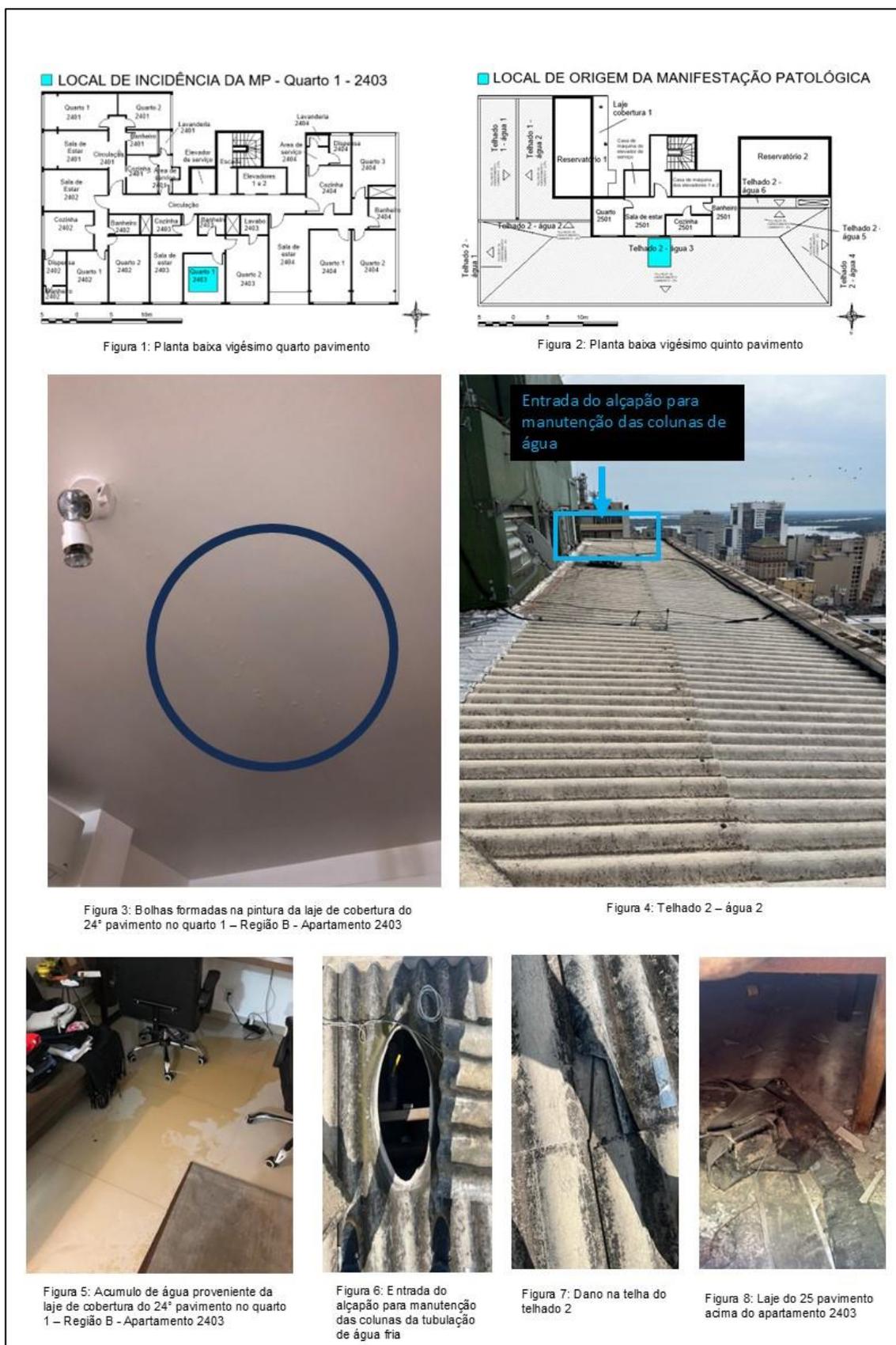
No apartamento 2401 foram observados dois ambientes afetados pela infiltração, gerando manchas na laje superior (Figura 3 do quadro 5). Na figura 1 do quadro 5 está a planta do vigésimo quarto pavimento, onde estão indicadas as regiões onde localizam-se as manchas nos cômodos, configurando a região A como o manchamento no quarto 1 e a região B como o manchamento na sala de estar.

As manchas devido à umidade, nesses ambientes, foram observadas de maneira simultânea, após um dia com chuvas intensas e ventos fortes. Na sala de estar do apartamento 2401 o problema não ficou limitado apenas às manchas de umidade na laje superior, verificando-se, também, o deslocamento do revestimento e evidência de crescimento biológico com gotejamento no interior do apartamento (Figura 5 do quadro 5).

Na figura 4 e 6 do quadro 5 é possível observar telhas diferentes das demais existentes, isso porque as telhas antigas apresentavam danos físicos, tais como quebra e fissuração, além de deslocamentos em relação a posição de projeto. Esses danos ocorreram devido a ventos fortes que atingiram a edificação. Após a troca das telhas não houve reincidência de infiltração no apartamento 2401.

No quadro 6 são apresentadas as imagens do apartamento 2403 e do telhado acima dele.

Quadro 6: Ficha técnica das manifestações patológicas: quarto 1 do apartamento 2403



fonte: elaborado pelo autor

No apartamento 2403 observa-se a incidência de um tipo de MP proveniente da umidade, localizadas na sala de estar e no quarto 1. Na figura 1 do quadro 6 está representada a planta baixa do vigésimo quarto andar e a região hachurada indica o local que apresentou infiltração.

No quarto 1 do apartamento 2403 observou-se dois tipos de manifestação patológica de mesma origem, sendo a formação de bolhas na pintura da laje superior (Figura 3 do quadro 6) e a infiltração da água pelo duto de instalação elétrica que gerou um gotejamento, formando lâmina d'água no interior do apartamento (Figura 5 do quadro 6). A origem da umidade, neste caso, é devido a uma telha fissurada localizada à direita do alçapão de inspeção das tubulações das colunas de água dos apartamentos com final 03 e 04, conforme observa-se na figura 7 do quadro 6.

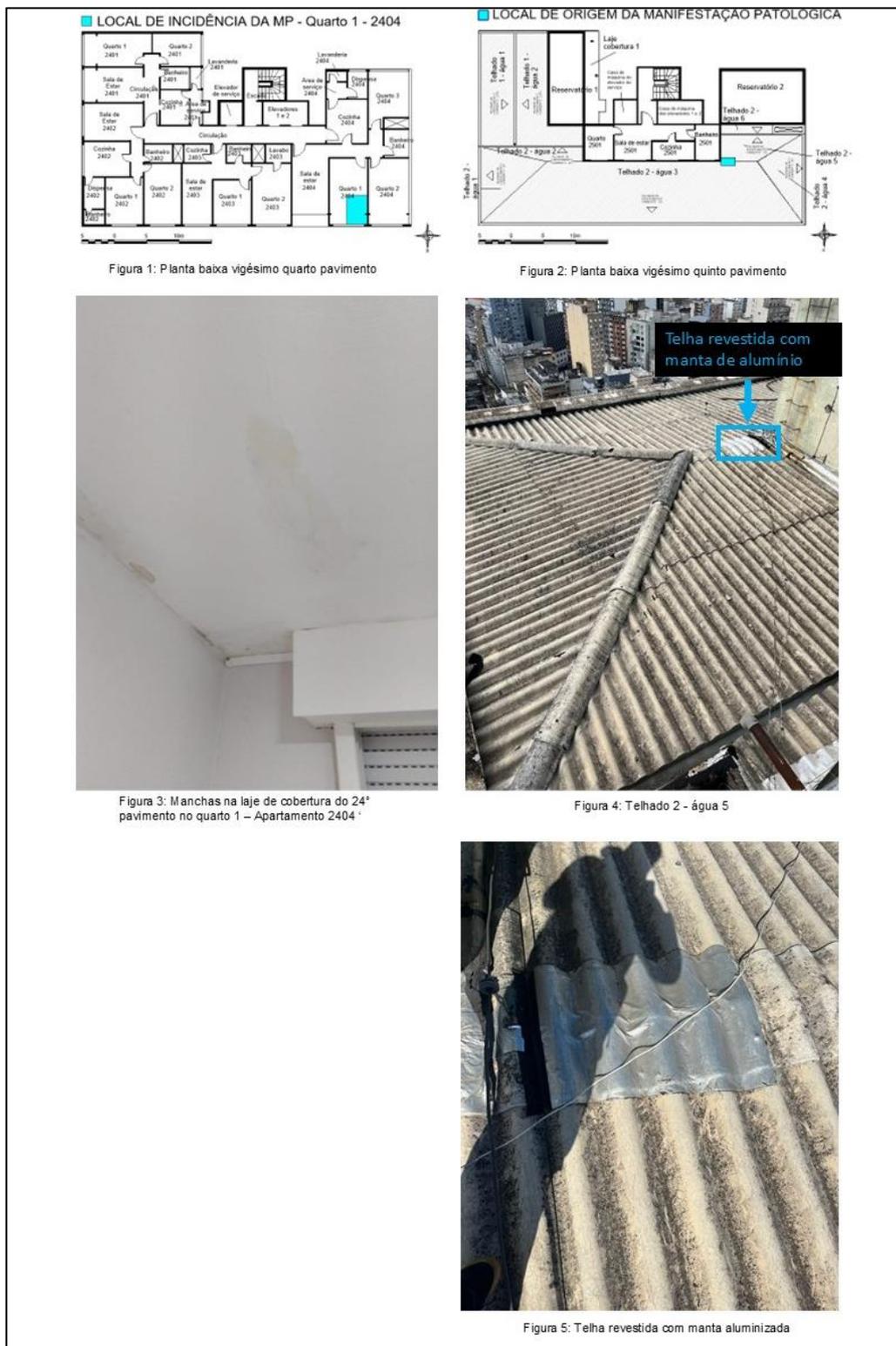
Na figura 6 do quadro 6 está apresentado o alçapão aberto, enquanto na figura 8 do quadro 6 observa-se a parte interna do alçapão, onde está localizada a laje superior do apartamento 2403. Esta laje não possui impermeabilização porque o telhado tem a função de garantir a estanqueidade desta região de cobertura, contudo, como o telhado apresentou falhas devido a rachaduras na telha, a água chegou até a laje que, sem impermeabilização, permitiu a percolação da água gerando a MP observada (Figuras 3 e 5 do quadro 6).

No quadro 7 observa-se a imagem da laje superior do apartamento 2404 e do telhado deste apartamento com as suas respectivas plantas baixas indicando os pontos afetados. Neste apartamento foram observadas manchas na laje superior devido a infiltração da água pluvial pelo telhado 2, na região próxima à janela do apartamento no quarto 1 (Figura 3 do quadro 7).

No telhado 2, na região de divisão entre a água 2 e a água 5, tem o local de origem da MP observada no quarto 1 do apartamento 2404 (Figura 2 do quadro 7). Nesta região, a medida provisória adotada para estancar a infiltração foi realizar o revestimento da telha com manta asfáltica com acabamento aluminizado, conforme é possível observar na figura 4 e 5 do quadro 7. A telha em questão estava com rachaduras que permitiam a percolação da água pela laje no apartamento 2404, gerando a infiltração no quarto 1 deste apartamento. Após o revestimento das telhas com a manta não foram observados casos de infiltração

Não foram obtidas informações das causas da rachadura das telhas

Quadro 7: Ficha técnica das manifestações patológicas: quarto 1 do apartamento 2404



fonte: elaborado pelo autor

## 4.2 INFILTRAÇÃO NO SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL

No quadro 8 estão apresentadas as fotografias das manifestações patológicas existentes, contendo também a imagem da fachada leste, além da planta baixa do vigésimo quarto pavimento que possui hachuras indicando as janelas afetadas, sendo a região A, a esquadria da sala de estar do apartamento 2401, e a região B a esquadria do quarto 1 do apartamento 2501.

Quadro 8: Ficha técnica das manifestações patológicas: sala de estar do apartamento 2401 e quarto 1 do apartamento 2404



fonte: elaborado pelo autor

Em dois apartamentos distintos foram observadas infiltrações de água pelas esquadrias, sendo eles: na sala de estar do apartamento 2401 (região A), mostrado na Figura 2 do quadro 8 e no quarto 1 do apartamento 2404 (região B), conforme Figura 4 do quadro 8.

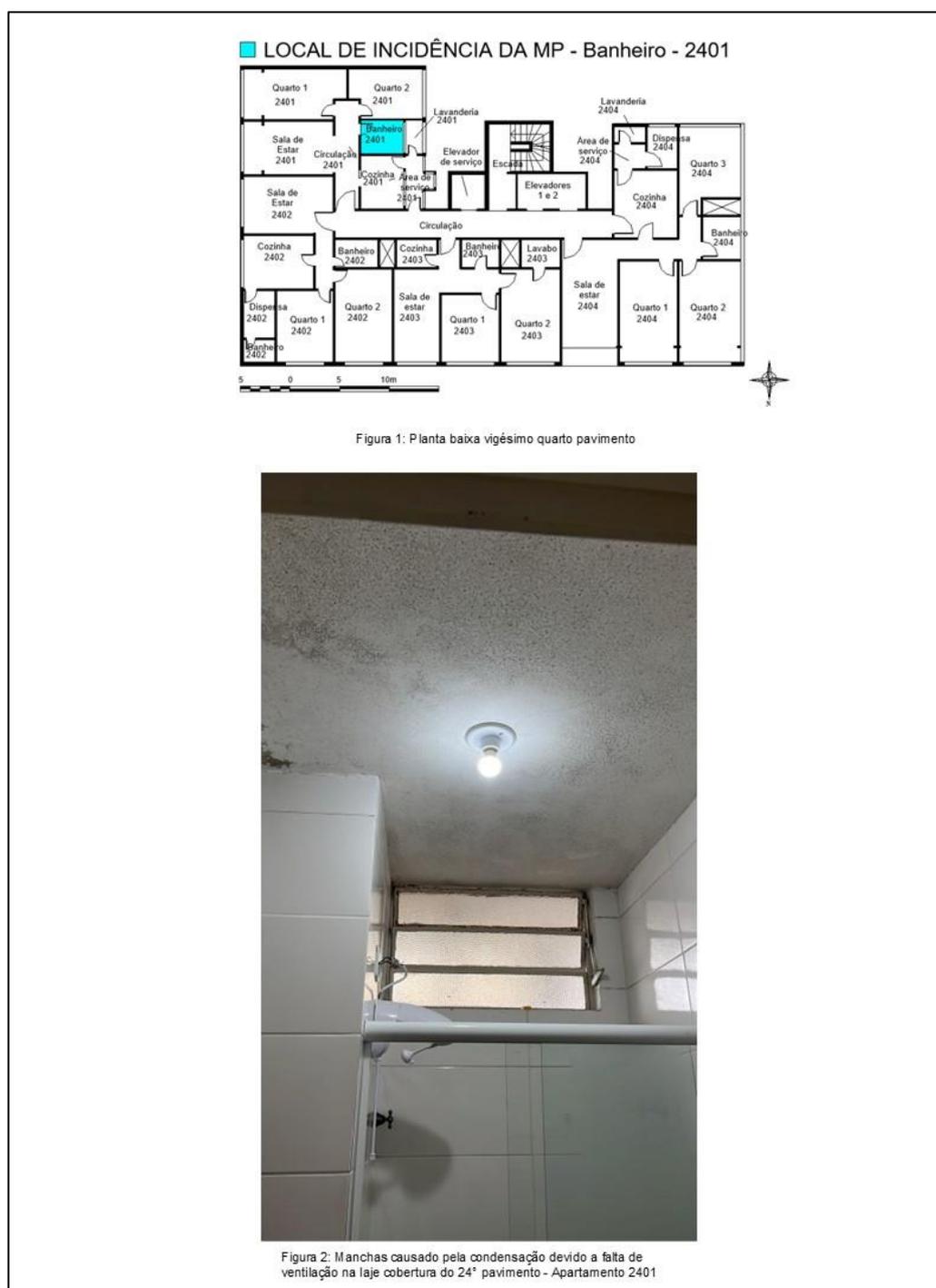
Na região da parede abaixo da esquadria da sala de estar do apartamento 2401, observou-se manchas provenientes de infiltração, enquanto na alvenaria abaixo da janela do quarto 1 do apartamento 2404 houveram manchas, fissuras e deslocamento do revestimento devido à umidade.

A origem dessas infiltrações pode estar associada a dois fatores: aos peitoris da edificação, que não possuem pingadeiras, e pelo revestimento do vão com uso de pastilhas cerâmicas e rejunte nas juntas de assentamento, contribuindo para a retenção de umidade nesta região. Outro fator que possibilita a infiltração corresponde à falta de manutenção necessária para a vedação das esquadrias. Contudo na edificação, verifica-se um recuo na posição das esquadrias com relação ao plano da parede externa, além de um caimento na base da janela, minimizando a exposição à infiltração de água da chuva. Porém esse sistema de proteção acaba apresentando falhas quando ocorre o fenômeno da chuva dirigida, onde a água acaba precipitando na diagonal, atingindo diretamente a esquadria. Na figura 5 do quadro 8 é possível observar o peitoril da janela, que possui o revestimento com pastilhas cerâmicas com medidas de 2,5cm x 2,5cm. Por se tratar de um revestimento com dimensões pequenas existe uma área considerável de rejunte. A falta de manutenção e reparo do rejunte pode apresentar falhas, permitindo que a água pluvial acumule em seus frisos. A retenção da umidade na região, somando-se à falta de manutenção das esquadrias, resulta em falhas na estanqueidade do sistema.

### 4.3 UMIDADE DE CONDENSAÇÃO

No quadro 9 estão as imagens da planta baixa do vigésimo quarto pavimento e a imagem do banheiro do apartamento 2401 afetado pela umidade de condensação.

Quadro 9: Ficha técnica das manifestações patológicas: banheiro do apartamento 2401



fonte: elaborado pelo autor

Essa MP ocorre por dois fatores, um associa-se à insuficiência de ventilação no banheiro do apartamento 2401 e o segundo fator está relacionado à distribuição dos ambientes internos do apartamento.

A janela do banheiro é do tipo basculante com uma folha fixa e duas móveis. As folhas móveis têm uma inclinação máxima de  $60^\circ$  com relação ao plano horizontal a figura 24 observa-se a janela do banheiro, que tem como medidas 0,7m de largura e 0,6m de altura, totalizando uma área de  $0,42\text{m}^2$ .

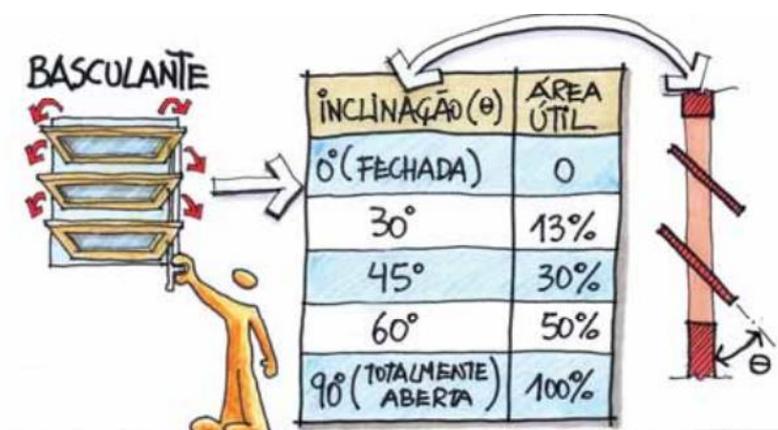
Figura 24: Esquadria do banheiro no apartamento 2401



fonte: foto do autor

A área total da esquadria não corresponde à área total útil para a ventilação, visto que apenas duas das três folhas são móveis. Como se trata de uma janela basculante, a área útil de ventilação depende da inclinação de cada folha. Lamberts, Dutra, Pereira (2014) realizaram um estudo que correlacionou a inclinação da esquadria basculante e a sua área útil efetiva, o resumo do resultado obtido está representado na figura 25.

Figura 25: Relação das inclinações e porcentagem de área útil das esquadrias basculantes



Fonte: LAMBERTZ, DUTRA, PEREIRA, 2014

A área total da esquadria é de  $0,42\text{m}^2$  segmentada em três folhas, logo cada folha possui uma área total de  $0,14\text{m}^2$ , como uma das folhas está completamente fechada, a contribuição dela para a área útil de ventilação é nula; já as outras duas folhas possuem uma inclinação máxima de  $60^\circ$ , sendo assim, a área útil de cada uma dessas folhas é 50% da sua área total, totalizando  $0,07\text{m}^2$  de área útil por folha, desta forma a área útil de ventilação total da esquadria é de  $0,14\text{m}^2$ .

Conforme o código de obras de Porto Alegre, o vão de ventilação da esquadria do banheiro deve ser pelo menos  $1/12$  a área do piso. O banheiro possui uma área total de  $3,3\text{m}^2$ , logo, o mínimo exigido pelo código de obras para a esquadria do banheiro é de  $0,275\text{m}^2$ . Desta maneira é possível concluir que a área útil efetiva para a ventilação é inferior à área mínima solicitada pelo Código de obras da cidade (2022), o que colabora para o agravamento da umidade de condensação no banheiro, outro fator que contribui com a existência da umidade de condensação no banheiro é a distribuição interna dos ambientes. Na planta baixa do vigésimo quarto pavimento, mostrada no quadro 9 é possível analisar a região afetada pela umidade de condensação. Observando a Figura 1 do quadro 9 é possível verificar que a ventilação do banheiro, já apontada como insuficiente, ocorre de maneira indireta, estando voltada à lavanderia do apartamento. Todos os demais apartamentos do vigésimo quarto andar da edificação possuem a esquadria do banheiro em divisão com o *shaft*, então mesmo as janelas sendo basculantes elas conseguem permitir a transposição de umidade maior para outro ambiente.

A utilização desse modelo de esquadria no banheiro 2401 é uma falha no projeto arquitetônico e também no projeto de exaustão e climatização, que devido ao seu *design* permite a retenção de umidade no banheiro, gerando assim, as manchas provenientes da condensação e crescimento biológico.

## 5. CONCLUSÃO

As manifestações patológicas observadas neste trabalho correspondem a diferentes tipos de degradação nos sistemas construtivos causadas pela presença de umidade. A demora para a correção dos problemas causados pelas MPs agrava os danos ocorridos, prejudicando, assim, aspectos de desempenho dos apartamentos da edificação. Importante frisar que, devido à idade da construção, alguns sistemas já atingiram o final da vida útil.

A partir da análise, observou-se que cada caso possui a sua singularidade, mas de uma maneira abrangente é possível listar as principais origens das MPs observadas, sendo elas:

- erro no projeto;
- má execução;
- falta de manutenção.

As falhas no projeto foram observadas na circulação do 24º pavimento, na cozinha do do apartamento 2401 e no banheiro deste mesmo apartamento. A circulação e a cozinha possuem o mesmo local de origem da umidade, correspondendo a um alçapão abaixo do reservatório. A água tem acesso a esta região em contato com a laje abaixo do reservatório, que não está impermeabilizada. Assim resulta em infiltrações para o pavimento inferior, a água tem acesso a laje abaixo do reservatório por causa da inexistência de barreira física, como o fato da abertura não possuir nenhum tipo de vedação. Enquanto no banheiro do apartamento 2401 a falha está no projeto de ventilação, onde a esquadria do banheiro mostra-se ineficiente para a ventilação necessária ao local, assim favorecendo a retenção da umidade e ocorrência de condensação nas superfícies do ambiente.

Em outros casos o projeto não apresentou falhas, porém tem-se a má execução como responsável pela falta de estanqueidade. Nas lajes impermeabilizadas com manta asfáltica com acabamento aluminizado observou-se pontos com a execução fora dos padrões da NBR 9575 (ABNT, 2010), na laje de cobertura 1, que fica acima da lavanderia do apartamento 2401, a tubulação que atravessa a laje está com a impermeabilização executada de maneira incorreta, sem os arremates e reforços de

impermeabilizações, assim gerando um vão entre a manta e a tubulação. Na laje de cobertura do apartamento 2501, visualizou-se a má execução nos encontros de planos verticais e horizontais, a superfície com irregularidades e a existência de elementos metálicos sem a correta impermeabilização. Nesta laje, a falta de manutenção colaborou com os problemas observados, existindo fissura em alguns pontos na manta asfáltica.

A falta de manutenção foi a principal causa para as infiltrações nos telhados. No telhado, algumas das telhas apresentaram falhas como fissuras e descolamento, assim gerando os problemas observados nos apartamentos 2401, 2403 e 2404. Por se tratar de um telhado antigo é necessária a realização de manutenção preventiva da região, evitando a ocorrência das infiltrações antes delas surgirem. No entanto, o que se verifica é o reparo somente após a reclamação por parte de moradores quanto à infiltração em seu apartamento e, apesar da manutenção ser rápida após a reclamação, foram observadas manutenções que não seguem os padrões normativos, como no telhado 2, onde a telha foi revestida com manta aluminizada ao invés de realizar uma inspeção completa no sistema de cobertura a fim de verificar eventuais falhas. Na laje de cobertura 1, na região acima da lavanderia, a falta de manutenção foi a causa para a infiltração que gerou o crescimento biológico e manchamento existente no local.

A infiltração no SVVE nas esquadrias dos apartamentos 2401 e 2404 estão relacionadas a falta de manutenção no revestimento da fachada. O revestimento da fachada externa da edificação é de pastilhas cerâmicas rejuntadas, este rejunte se desgastou com o tempo, permitindo desta maneira a água acumular-se entre as pastilhas. A opção dos projetistas em não utilizarem peitoril nas esquadrias colaborou com a existência das infiltrações observadas, porque permitiu percolação da água pela fachada, que possuindo o revestimento de pastilhas cerâmica com falha na região entre os rejuntos possibilitou o acúmulo da umidade no local.

O desgaste da estrutura e dos sistemas construtivos acontece de maneira natural, devido a ação do tempo e ao seu uso, visto que os materiais degradam com o tempo e perdem a sua funcionalidade e eficiência. Neste cenário a realização de manutenções preventivas é muito importante para garantir o bom funcionamento da

edificação. A demora na manutenção em alguns casos foi um fator agravante que permitiu a intensificação dos danos causados pela umidade e, em alguns casos, esta manutenção após a incidência do problema, não foi realizada seguindo as recomendações normativas, assim postergando o problema e não resolvendo ele em definitivo. O ideal é que o condomínio adote um sistema de inspeção periódica, assim prevendo as possíveis falhas, evitando os problemas causados por elas, além de seguir as recomendações normativas em todas manutenções realizadas.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024. Capítulo: Desempenho térmico.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Capítulo: Desempenho estrutural.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-5: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 5: requisitos para sistema de cobertura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Capítulo: Termos e definições, subcapítulo: Sistema de coberturas
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. Capítulo: Desempenho estrutural.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. Capítulo: Projeto, subcapítulo: Requisitos gerais.
- BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- CONSOLI, Osmar João. **Análise da durabilidade dos componentes das fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico**. 2006. Monografia (Pós-graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.
- CUNHA, Aimar G. da; NEUMANN, Walter. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico: como proteger e executar**. 5. ed. Rio de Janeiro: Textsa, 1979. p. 17.
- GRAFULIN, Bernardo Yuki. **Análise comparativa de sistemas de vedação vertical sob a ótica do comportamento higrotérmico nas diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. 2021**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- LAMBERSTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. p. 177.
- PORTO ALEGRE. **Código de edificações e dá outras providências**. Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2022. Título X: Iluminação e ventilação. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-porto-alegre-rs>. Acesso em: Julho de 2024.

POYASTO, Patricia Carone. **Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida**. 2011. Monografia (Pós-graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RIPPER, Vicente Custódio Moreira de Souza Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998. Capítulo: O concreto de patologia das estruturas.

SABINO, Rafaela. **Patologia causadas por infiltração em edificações**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1775>. Acesso em: Julho de 2024

VERÇOZA, Ênio Jose. **Patologia das edificações**. 1. ed. Rio Grande do Sul: Safra, 1991. Capítulo: Patologia da umidade. Subcapítulo: Os problemas causados pela umidade.