



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**EMERSON TRINDADE DE SOUZA
JÔNATAS FELIPE LUCAS DA PAZ**

**PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CAUSAS E EFEITOS DA UMIDADE NO
INTERIOR DAS EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DE PERNAMBUCO**

RECIFE

2023

EMERSON TRINDADE DE SOUZA
JÔNATAS FELIPE LUCAS DA PAZ

**PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CAUSAS E EFEITOS DA UMIDADE NO
INTERIOR DAS EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DE PERNAMBUCO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Pernambuco
como parte dos requisitos para aprovação
na disciplina de Trabalho de Conclusão de
Curso 2.

Área de Concentração: Engenharia
Civil

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro

RECIFE

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Souza, Emerson Trindade de.

Patologia na Construção Civil: Causas e Efeitos da Umidade no Interior das Edificações de Alvenaria Da Universidade Federal de Pernambuco / Emerson Trindade de Souza, Jônatas Felipe Lucas da Paz. - Recife, 2023.

67p. : il., tab.

Orientador(a): Arnaldo Manoel Pereira Carneiro

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil - Bacharelado, 2023.

8,1.

Inclui referências, apêndices.

1. Umidade. 2. Edificação. 3. Manifestação Patológica. I. Paz, Jônatas Felipe Lucas da. II. Carneiro, Arnaldo Manoel Pereira. (Orientação). III. Título.

620 CDD (22.ed.)

EMERSON TRINDADE DE SOUZA
JÔNATAS FELIPE LUCAS DA PAZ

**PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CAUSAS E EFEITOS DA UMIDADE NO
INTERIOR DAS EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DE PERNAMBUCO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Pernambuco
como parte dos requisitos para aprovação
na disciplina de Trabalho de Conclusão de
Curso 2.

Área de Concentração: Engenharia
Civil

Aprovado em: 29/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro (orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Adolpho Guido de Araújo (examinador externo)
Universidade de Pernambuco

Me. Daniel Bruno Pinto da Silva (examinador externo)
SENAI PE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos à Deus. Aos meus familiares, Joseane, João, Júlio, Jessyca, Marcos, Maria, Otto, Shayane, nossos profundos agradecimentos. O amor, apoio e encorajamento de vocês foram nossas forças durante todas as fases deste desafio acadêmico. Sem vocês, essa realização não seria possível.

Aos meus pais, Cida e Raimundo, que sempre acreditaram em mim e me proveram condições para poder estudar. Aos meus irmãos, Talison, Kidson e Cleiton, que me serviram de inspiração. A minha querida amada e noiva Renata Alves, por sempre me encorajar e apoiar nas tomadas de decisões da minha vida, além de me apoiar diariamente no meio acadêmico. A minha sogra “Vó” por me tratar como um neto, me receber tão bem em sua residência e ser paciente diante das madrugadas de estudo. Aos meus amigos Guilherme, Matheus Alves, Matheus Carneiro, Sandro, Silvia, Daniel, Flávia e Márcia, que me apoiaram quando tudo começou.

Aos nossos amigos e colegas de classe, Leonardo, Edmilson, Thiago, Clécio, Gustavo Mascena, Denis, Paulo Fernando, Paulo Danilo, Emanuel Vinicius, Danilo, Felipe e Hélder, agradecemos por compartilharem conosco as alegrias e os obstáculos desta jornada. Suas palavras de estímulo e amizade foram um alento essencial.

RESUMO

Os ramos da construção civil têm sido aprimorados ao longo dos anos, no que tange aos métodos construtivos. Com os avanços tecnológicos, os novos métodos construtivos buscam mitigar as fragilidades que podem surgir nas edificações, e conseqüentemente aumentar a vida útil do empreendimento e diminuir custos de execução e de manutenção. Uma das principais causas de redução da vida útil de uma edificação é o aparecimento de manifestações patológicas, portanto, é necessário investir em soluções que possam mitigá-las. Um fator que mantém relação constante com as edificações é a umidade, que pode adentrar no ambiente de diferentes maneiras, interagindo com os materiais e vindo a prejudicar a edificação. O presente estudo visa abordar a temática das manifestações patológicas que surgem em uma edificação, devido à ação da umidade no interior dos ambientes, e além disso, identificar os meios nos quais a umidade pode adentrar em uma edificação. O objetivo do presente trabalho consiste na análise das possíveis maneiras de inserção da umidade em uma edificação de concreto e alvenaria, além de relacionar a presença da umidade ao surgimento de manifestações patológicas que atingem os elementos construtivos. A metodologia utilizada para obtenção dos dados consistiu no uso do software vosviewer, para refinamento de dados e análise bibliométrica dos dados obtidos, além de um estudo de campo com levantamento fotográfico, tendo como objeto de estudo cinco bibliotecas da Universidade Federal de Pernambuco. A partir do levantamento de campo, foi possível identificar, diagnosticar e prognosticar as seguintes manifestações patológicas: eflorescência, criptoflorescência, deterioração do reboco, empolamento de pintura, descascamento de pintura, saponificação, fissuras, deslocamento de revestimento cerâmico e mofo. Ademais, foi realizada uma pesquisa bibliográfica quantitativa, que auxiliou na identificação das diferentes maneiras de inserção da umidade em uma edificação. Portanto, através dessas identificações, pôde-se realizar prognósticos das manifestações patológicas, visando mitigar as causas do surgimento e subsistência da umidade na edificação, através de correções preventivas e corretivas. Tais prognósticos consistem em: eliminar pontos de infiltração, realizar impermeabilização correta de telhados e alicerces, melhorar ventilação do ambiente e realizar vedação correta de esquadrias.

Palavras-chave: umidade; edificação; manifestação patológica.

ABSTRACT

The area of civil construction has been improved over the years, in terms of construction methods. With technological advancements, new construction methods seek to mitigate the vulnerabilities that may arise in buildings, thereby increasing the lifespan of the project and reducing execution and maintenance costs. One of the main causes of a reduction in the lifespan of a building is the emergence of pathological manifestations, so it is necessary to invest in solutions that can mitigate them. One factor that is constantly related to buildings is humidity, which can enter the environment in different ways, interacting with materials and potentially damaging the structure. This study aims to address the topic of pathological manifestations that arise in a building due to the action of humidity within the spaces, and furthermore, to identify the ways in which humidity can infiltrate a building. The objective of this work is to analyze the possible methods of moisture infiltration in a concrete and masonry building, as well as to correlate the presence of humidity with the emergence of pathological manifestations affecting the structural elements. The methodology used to collect data involved the use of the Vosviewer software for data refinement and bibliometric analysis of the obtained data, in addition to a field study with photographic surveys, focusing on five libraries at the Federal University of Pernambuco as the study objects. From the field survey, it was possible to identify, diagnose, and forecast the following pathological manifestations: efflorescence, cryptoflorescence, deterioration of plaster, paint blistering, paint peeling, saponification, cracks, detachment of ceramic coating, and mold. Furthermore, quantitative bibliographic research was conducted, which helped identify the various ways moisture can infiltrate a building. Therefore, based on these identifications, forecasts of pathological manifestations could be made, aiming to mitigate the causes of moisture appearance and persistence in the building through preventive and corrective measures. These forecasts include eliminating infiltration points, correctly waterproofing roofs and foundations, improving environmental ventilation, and properly sealing window frames.

Keyword: moisture; building; pathological manifestation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. JUSTIFICATIVA	12
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. Objetivo geral	14
1.2.2. Objetivos específicos	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	16
2.2. ORIGEM DO TERMO PATOLOGIA	16
2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES	17
2.3.1. Fissuras	18
2.3.2. Fungos	19
2.3.2.1. Mofo	22
2.3.2.2. Bolor	20
2.3.3. Descascamento de pintura	21
2.3.4. Empolamento de pintura	21
2.3.5. Saponificação	25
2.3.6. Desplacamento de revestimento cerâmico	25
2.3.7. Eflorescência	26
2.3.8. Criptoflorescência	26
2.3.9. Deterioração do reboco	27
2.4. UMIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	27
2.4.1. Maneiras de inserção da umidade nas edificações	29
2.4.1.1. Capilaridade	29
2.4.1.2. Infiltração devido a água das chuvas	29
2.4.1.3. Vazamento em rede hidráulica	30
2.4.1.4. Fase Construtiva	30
2.4.1.5. Condensação	30
3. METODOLOGIA	
3.1. REFINAMENTO DE PESQUISA UTILIZANDO O SOFTWARE VOSVIEWER	32
3.2. LEVANTAMENTO DE CAMPO	33

3.3. PATOLOGIAS CAUSADAS PELA UMIDADE NO INTERIOR DAS BIBLIOTECAS DA UFPE	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. PESQUISA QUANTITATIVA UTILIZANDO A BASE DE DADOS SCOPUS	45
4.2. DADOS COLETADOS ATRAVÉS DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	47
4.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS DURANTE O LEVANTAMENTO DE CAMPO	49
4.4. SOLUÇÕES APLICÁVEIS PARA A MITIGAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS REFERENTES À PRESENÇA DA UMIDADE	51
5. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICES A	60
APÊNDICE B	63
APÊNDICE C	65
APÊNDICE D	69
APÊNDICE E	

1. INTRODUÇÃO

A civilização humana, no ímpeto de sobrevivência, começou a construir edificações há milhares de anos, seja para moradia, armazenamento de materiais e alimentos ou comércio. Nos primeiros anos de sua existência, o ser humano construía abrigos, no intuito de se proteger de animais e do frio. Inicialmente, esses abrigos eram construídos sem a utilização de equipamentos, e sem uma estruturação padronizada, pois no berço de sua evolução o ser humano não dotava de muitos conhecimentos construtivos. Nenhum Homem nasceu sabendo construir casas, mas com o passar dos anos, o que se aprendia era devido à experiência repassada pelos ascendentes (PINSKY, 2005).

No Brasil, os conhecimentos acerca de novos métodos construtivos surgiram com a chegada dos portugueses, no início do século XVI, durante a colonização das áreas litorâneas. Para que os novos colonizadores pudessem se alojar de forma segura, armazenar os materiais explorados e expandir o cristianismo no país, foram construídas edificações (casas e igrejas) cujo modelo arquitetônico e as técnicas construtivas apresentavam similaridade ao que era executado na Europa da Idade Média. As novas construções passaram a ser edifícios de alvenaria composta por adobes ou tijolos cerâmicos, tendo argamassas de cal e areia como ligantes (CARVALHO, 2020).

Entende-se que o processo de evolução das construções está diretamente relacionado com o avanço do conhecimento do ser humano na aplicação de novos métodos construtivos, e na utilização de novos materiais. O objetivo do aprimoramento dos processos construtivos é o aumento da durabilidade das edificações, além da garantia de conforto e segurança para os usuários. Entretanto, além de aprimorar os métodos de construção, e aumentar o desempenho das edificações, é necessário estar sempre atento às interferências externas que atingem constantemente os elementos construtivos, durante toda a vida útil de uma construção, com o objetivo de garantir a durabilidade da mesma.

Ainda no século XVI, era de conhecimento dos construtores que uma edificação poderia ter sua vida útil diminuída devido a ações externas das quais o ser humano não tinha controle, e entre essas ações está a presença constante da umidade no interior das edificações. A umidade consiste na quantidade de água em forma de vapor presente no ar, e é formada devido a evaporação da água presente no ambiente, onde essa evaporação consiste na mudança da água do formato líquido para vapor (LAMBERTS et al., 1994). No que concerne aos danos causados devido a umidade, identificou-se inicialmente a ação da chuva como principal agente ofensor,

pois muitas infiltrações eram detectadas nas edificações, o que fez com que novos métodos de construção fossem aplicados para corrigir o que era considerado uma falha construtiva. Um dos métodos utilizados na época era a aplicação de óleo de baleia nas argamassas de assentamento, visto que esse elemento garantia uma melhor vedação para os elementos construtivos (COLIN, 2010).

Ao decorrer dos anos, o processo de urbanização intensificou as construções de novos edifícios nas cidades, sejam eles de alvenaria, estruturas metálicas, madeiras ou concreto armado. Além disso, novas tecnologias têm surgido com o intuito de aprimorar o desempenho e a qualidade dessas edificações. No entanto, apesar da implementação de novas tecnologias de construção, as diversas manifestações patológicas provenientes da presença de umidade ainda se encontram presentes em muitos elementos construtivos, diminuindo sua durabilidade (LIMA; FERRAZ, 2023).

O presente estudo aborda uma problemática que está constantemente presente na construção civil, que é o caso das manifestações patológicas, e como ênfase, destaca-se a influência da umidade para o surgimento de tais manifestações. A umidade é tida como intermediadora de novas manifestações patológicas que atingem os elementos construtivos das edificações, e existem diversas maneiras pela qual a mesma pode adentrar em uma edificação. Entende-se que a melhor ação para evitar o surgimento das manifestações patológicas oriundas da presença de umidade é a realização de intervenções preventivas que diminuam a inserção e subsistência da mesma.

Para Queruz (2007), a água pode agir tanto como um agente de degradação direta dos materiais quanto como um meio para que outras substâncias agressivas possam entrar em contato com os componentes de uma edificação, e sua presença pode ocorrer em forma sólida, líquida ou gasosa, onde as duas últimas requerem maior preocupação quanto à degradação de materiais. O autor também afirma que o principal fator para a alteração do estado da água é a variação da temperatura dessa substância, implicada pela radiação solar incidente na superfície terrestre.

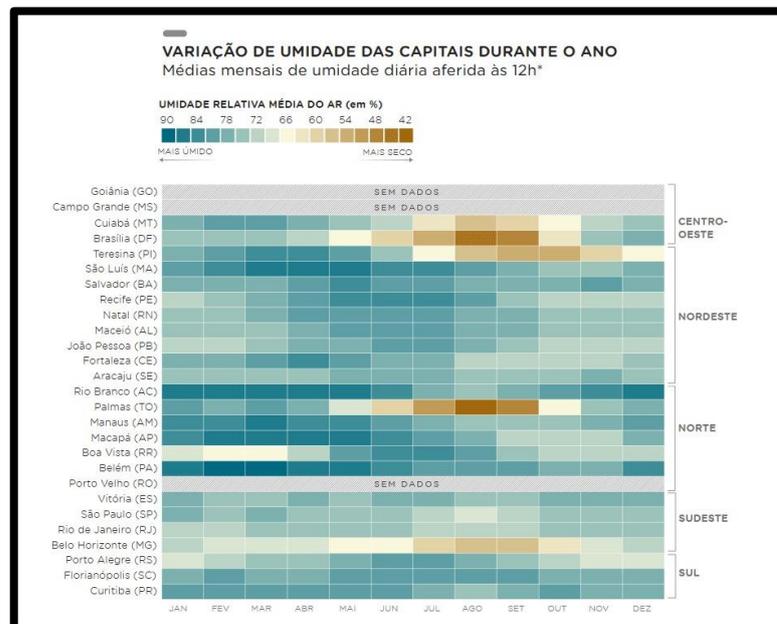
Ademais, entende-se que a ação da água no interior dos materiais, seja em seu estado líquido ou gasoso, é condicionada pela presença de fissuras nos mesmos, ou até mesmo pelo nível de porosidade. Essa presença da água no interior dos materiais modifica o seu teor de umidade, um fenômeno conhecido como alteração da umidade higroscópica, onde essa alteração causa uma modificação na estrutura do mesmo, devido a mudanças de tensões (POSSER, 2004).

Quando o material aumenta seu teor de umidade, essa variação gera tensões de expansão volumétrica, e quando o mesmo material perde a água por evaporação, devido ao processo de secagem, ocorre uma retração volumétrica. De acordo com Bauer (1997), essa variação volumétrica causa fissuras e descolamento da argamassa presente no material.

No Brasil, as regiões Sul, Sudeste, Norte e o litoral do Nordeste apresentam um clima úmido na maior parte do ano. As capitais com predominância do clima mais úmido estão presentes na região Norte do país, enquanto a região centro-oeste é composta por capitais de clima mais seco (THERMOMATIC, 2020). No entanto, entende-se que mesmo em regiões mais secas, a umidade pode se fazer presente no interior das edificações, nos ambientes como banheiro e cozinha, cômodos aonde a utilização de água é rotineira.

A variação na taxa de umidade relativa média ao longo do ano pode ser observada na figura 1, nos quais estão destacadas as capitais brasileiras.

Figura 1 – umidade do ar nas capitais brasileiras, ao longo do ano.



Fonte: Thermomatic (2020).

Entre as regiões citadas na figura 1, a região Sul é a única cujas capitais apresentam apenas taxas de umidade média acima de 66% em todos os meses do ano. Para a OMS (WHO, 2009), o ideal para o ser humano é viver em um ambiente cuja umidade relativa do ar varie entre 40% e 60%. É necessário que haja um cuidado quanto aos níveis extremos de umidade, visto que os ambientes muito secos ou muito úmidos podem compor fatores prejudiciais à saúde humana. Importante ressaltar que algumas doenças apresentam efeitos adversos minimizados em pessoas que convivem em ambientes cuja taxa de umidade média varia entre 40% e 60% (ARUNDEL, 1986).

A figura 1 também destaca que, no mês de agosto, capitais das regiões Centro-Oeste e Norte apresentam taxas de umidade abaixo de 40%, Brasília (DF) e Palmas (TO), respectivamente. Este baixo valor indica um nível de umidade abaixo do ideal, de acordo com a OMS (WHO, 2009), e pode ser prejudicial à saúde. Estudos indicam que o vírus da influenza (gripe), apresenta uma maior taxa de sobrevivência em ambientes com umidade abaixo de 40% (HEMMES; WINKLER; KOOL, 1962; SCHAFFER; SOERGEL; STRAUBE, 1976).

Destaca-se no presente estudo a avaliação dos efeitos da umidade nas edificações das bibliotecas da Universidade Federal de Pernambuco, localizada na cidade do Recife-PE, na região do Nordeste brasileiro. As taxas de umidade relativa média na cidade do Recife variam entre 70% e 90% (SANTOS, 2018). Enfatiza-se que a presença constante de umidade dentro de uma edificação pode acarretar o surgimento de mofo e bolores, que são manifestações patológicas que podem gerar riscos à saúde humana. Segundo estudos de Rowan et al. (1999), ambientes internos com umidade relativa do ar acima de 75% são mais propensos para o surgimento de fungos. Arundel et al. (1986) reforçam que há uma maior taxa no surgimento de ácaros em ambientes cuja taxa de umidade se encontra acima de 80%.

1.1. JUSTIFICATIVA

O presente estudo aborda a análise das causas e efeitos atrelados à presença da umidade no interior das bibliotecas de uma Universidade, e como ela age como intermediadora para o surgimento de manifestações patológicas que atingem as edificações das bibliotecas e seus componentes construtivos. Entende-se que a preservação da integridade de uma biblioteca é crucial para garantir um ambiente propício ao aprendizado e à pesquisa. O combate ao surgimento de manifestações patológicas desempenha um papel fundamental nesse processo.

Ademais, a umidade excessiva pode, diretamente, causar danos irreversíveis aos materiais bibliográficos, como livros, documentos e manuscritos, levando ao aparecimento de mofo, deterioração do papel e corrosão das capas. Além disso, a umidade também cria um ambiente propício para a proliferação de ácaros e fungos, que representam riscos à saúde dos frequentadores da biblioteca.

O estudo da temática abordada se faz necessário devido a quantidade de casos que inter-relacionam umidade e manifestações patológicas em edificações de alvenaria (principal estrutura de vedação das bibliotecas da Universidade Federal de Pernambuco). Percebe-se, entretanto, que muito se estuda para erradicar as manifestações patológicas provenientes da presença da umidade, mas poucas são as soluções práticas adotadas a fim de diminuir a inserção da umidade no interior das edificações. Faz-se necessário identificar e entender as causas do

aparecimento da umidade no interior das edificações, para então evitar que a mesma seja uma mediadora para o surgimento e intensificação de outras manifestações patológicas.

A importância de aprofundar os estudos no que diz respeito à presente temática se dá pelo fato de que o enriquecimento do conhecimento acerca do assunto favorece a minimização dos prejuízos que podem surgir após a finalização e entrega de uma edificação. Além disso, a redução de gastos não previstos não é o único benefício, existe também a possibilidade de maximizar a vida útil da edificação, visto que a partir do momento em que um problema pode ser previsto, ele também pode ser prevenido e/ou ter seus efeitos mitigados.

Diante disso, a escolha do tema se justifica pelo fato de que a presença de umidade no interior das edificações é recorrente, e como consequência de seu excesso, há o aparecimento de manifestações patológicas nas alvenarias, revestimentos, teto e piso, o que torna necessário a manutenção das construções. Portanto, entende-se a importância da identificação dos meios pelos quais a umidade adentra nas edificações, para que as medidas mitigadoras possam ser aplicadas. Além disso, o presente estudo visa disponibilizar ao âmbito acadêmico um recurso adicional de referência, direcionado ao interior das edificações.

O estudo acerca das medidas mitigadoras tem sua devida importância, visto que as intervenções de manutenção preventiva apresentam menores custos às empresas do que as manutenções corretivas. Segundo a regra de Sitter (1984), representada na figura 2, “os custos de intervenção da estrutura, considerando alcançar um determinado nível de vida útil, aumentam como uma progressão geométrica de razão 5 [...]”.

Entende-se então que o custo com a manutenção corretiva tende a ser 5 vezes mais caro do que o custo com a manutenção preventiva, ao passo que o custo com a implantação de metodologias construtivas que visam diminuir o aparecimento de manifestações patológicas, durante a execução da obra, tende a ser 5 vezes maior do que se o sistema fosse implantado desde a concepção do projeto da obra. Esse aumento ocorre tendo em vista que a edificação irá se deteriorar mais rapidamente à medida que a manutenção não é aplicada, o que aumenta os danos aos elementos construtivos, e consequentemente o custo de correção (OLIVATTO, 2012)

Figura 2 – Tendência de evolução do custo de manutenção ao decorrer do tempo.



Fonte: adaptado de Sitter (1984).

Estudos apontam que, dentre os problemas relacionados a manifestações patológicas em uma edificação, mais da metade (52%) estão relacionados com a presença da umidade, enquanto em edificações com 4 a 7 anos desde sua construção essa taxa aumenta para 86% (MOREIRA, 2018).

No que diz respeito ao combate contra a penetração da umidade nos elementos construtivos de uma edificação, entende-se que o principal protetor seja o processo de impermeabilização, que consiste em impedir a permeabilidade dos fluidos em contato com esses elementos. Outrossim, do ponto de vista financeiro, constata-se que a implantação correta de sistemas de impermeabilização, de maneira preventiva, corresponde a aproximadamente 3% do custo total de uma obra, ao passo que a impermeabilização corretiva pode vir a gerar um custo equivalente a aproximadamente 12% do valor total da mesma (ARANTES, 2007; VIVEIROS, 2013).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

O presente estudo visa analisar e discutir acerca das causas e consequências da presença da umidade no interior de cinco bibliotecas da Universidade Federal de Pernambuco, através de estudo de caso.

1.2.2. Objetivos específicos

- Descrever as diferentes maneiras pela qual a umidade pode adentrar e se alojar no interior das edificações;
- Elencar as possíveis soluções para diminuir a inserção de umidade nas edificações;
- Identificar, investigar, classificar e explicar as diferentes manifestações patológicas provenientes da presença da umidade;
- Apresentar métodos para mitigar o surgimento das manifestações patológicas encontradas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

As pesquisas de revisão bibliográfica que embasaram o presente estudo levaram em consideração vários bancos de dados, como: Google Acadêmico, ALCONPAT (Associação Brasileira de Patologia das Construções), AECweb (Portal de Arquitetura, Engenharia e Construção), Scopus, periódicos CAPES, além de repositórios de Universidades Federais de todo o Brasil.

Foi realizada uma pesquisa quantitativa, tendo como fonte alguns artigos científicos e estudos de casos relacionados com a temática da inserção da umidade nas edificações, e suas consequências. Vale salientar que uma pesquisa quantitativa é um método de coleta e análise de dados que se fundamenta na rigorosa filtragem e processamento de informações, utilizando técnicas estatísticas para examinar dados amostrais representativos. Essa abordagem estatística permite não apenas resumir as informações obtidas, mas também identificar tendências, relações e correlações dentro dos dados (GÜNTHER, 2006).

2.2. ORIGEM DO TERMO PATOLOGIA

O termo "patologia" tem suas raízes no grego, onde "pathos" significa doença e "logos" significa estudo. Na Medicina, ele é amplamente empregado para se referir à investigação das mudanças estruturais que ocorrem nas doenças, com o objetivo de compreender suas origens e impactos. (SBP, 2016).

No que diz respeito à patologia na construção civil, refere-se ao estudo das deteriorações encontradas no meio construtivo (elementos estruturais, de vedação, de revestimento, etc.), onde essas deteriorações são conhecidas como “manifestações patológicas” ou simplesmente.

O estudo dessas manifestações patológicas tem o objetivo de identificar suas causas, a fim de facilitar a correção do problema causado, e diminuir os danos gerados aos elementos construtivos. No ramo da construção civil, existem práticas preventivas contra aparições das manifestações patológicas, que devem ser incluídas no projeto e empregadas durante a execução do empreendimento, a fim de reduzir custos futuros quanto à manutenção.

Roscoe (2008) explica que as manifestações patológicas podem ser classificadas de 4 maneiras, quanto a sua origem, são elas:

- **Construtivas:** durante todo processo construtivo, é importante que haja um controle de qualidade do serviço executado, seja em relação aos materiais utilizados ou na mão de obra contratada. Além disso, é necessário haver a fiscalização dos serviços, para evitar erros de execução. Portanto, quando não há

esse controle de qualidade, existe uma maior possibilidade do surgimento de manifestações patológicas;

- Acidentais: são manifestações patológicas que surgem devido a ocorrências no processo construtivo que não estavam previstas em projeto;
- Adquiridas: ocorrem devido às mudanças inerentes ao ambiente construtivo, como mudanças climáticas;
- Congênitas: diz respeito aos problemas que surgem devido ao não seguimento das normas técnicas, por parte dos responsáveis técnicos pelo empreendimento. Normalmente essas decisões são tomadas ainda na fase de projeto, podendo ser por negligência, omissão ou erro do(a) projetista.

2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES

Entende-se que, devido a necessidade de variação dos processos construtivos, seja por conta da evolução do conhecimento tecnológico ou por conta da concorrência de mercado, as empresas do ramo da construção civil têm buscado modificar e aprimorar seus métodos construtivos. Essa mudança, porém, quando não realizada com um bom aporte de conhecimento, pode acarretar diversas falhas no que diz respeito à aplicação de novas medidas tecnológicas nas obras de construção civil (SOUSA, 2015).

De acordo com Barreiros (2019), os estudos acerca das manifestações patológicas nas construções levam em consideração as seguintes etapas:

- i. Identificação da manifestação patológica presente na construção;
- ii. Diagnóstico da manifestação patológica encontrada, ou seja, descrição dos danos e dos possíveis motivos que ocasionaram a aparição de tal manifestação patológica;
- iii. Identificação do agente causador da manifestação patológica;
- iv. Prognóstico da manifestação patológica, cujo objetivo é estudar e analisar possíveis soluções para o problema encontrado;
- v. Tratamento dos elementos construtivos, com o objetivo de eliminar as deteriorações encontradas.

As manifestações patológicas podem se desenvolver nas edificações de diversas maneiras, e cada uma delas pode ter um agente causador em comum ou diferente, sendo assim, serão necessários prognósticos e tratamentos diferentes (DE AMARAL et al., 2022). Existem diversas manifestações patológicas que podem atingir uma edificação, são elas:

- Fissuras;
- Mofo;
- Descascamento de pintura;
- Empolamento;
- Desplacamento de revestimento cerâmico;
- Deterioração do reboco;
- Eflorescência;
- Criptoflorescência
- Saponificação;

2.3.1. Fissuras

A superfície dos materiais pode apresentar lacunas (aberturas) devido a diversos fatores, sejam eles intrínsecos ou causados por agentes externos. No que diz respeito à construção civil, essas lacunas podem ser subdivididas quanto ao tamanho de sua abertura. Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), “Impermeabilização – seleção e projeto”, uma fissura é a menor abertura que pode surgir em uma superfície, sendo limitada a 0,5mm. Quando essa abertura se encontra no intervalo entre 0,5mm – 1,0 mm, a mesma é tratada como trinca, enquanto as aberturas maiores que 1,0mm são consideradas rachaduras.

No que tange à alvenaria, uma das principais causas para o surgimento das fissuras em sua superfície é a variação volumétrica dos tijolos. Tal variação está diretamente ligada à mudança no teor de umidade (HANAUER, 2016). Quando em contato com água, os tijolos tendem a absorver essa umidade, causando sua expansão, enquanto ao secar, sofrem uma retração. Essas variações no volume dos tijolos causam fissuras na alvenaria.

Outro fator que pode causar o fissuramento da alvenaria é a confecção incorreta do traço utilizado na argamassa, ou seja, deve-se utilizar a quantidade correta de cimento, a granulometria correta para o agregado miúdo, e uma quantidade correta de água (BAUER, 1997). Além disso, o autor afirma que a falta de cura do material também pode acarretar o surgimento de fissuras.

No que diz respeito à interação alvenaria x estrutura de concreto, entende-se que é necessário que exista uma camada de massa entre o bloco cerâmico e a viga (estrutura que recebe os esforços aplicados à laje), para que os esforços solicitados não sejam transferidos diretamente da viga para o bloco cerâmico. Essa camada é conhecida como encunhamento (ENGESETTE, 2021)

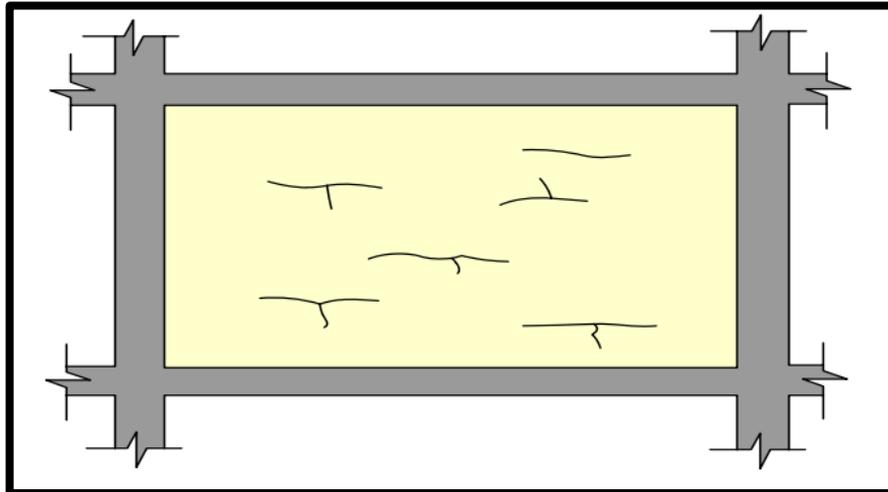
De acordo com Bauer (1997), as fissuras na alvenaria também podem ocorrer devido a deficiência do encunhamento, e essa deficiência pode ocorrer devido aos seguintes fatores:

pouca espessura, falta de cura, falta de uma camada de chapisco no fundo da viga, ou chapisco preparado com areia fina.

Seguem abaixo alguns exemplos do aparecimento de fissuras na alvenaria, devido às ações intrínsecas (expansão ou contração por alteração no nível de umidade), ou seja, por fatores externos.

- Fissuras devido a expansão dos tijolos (figura 3).

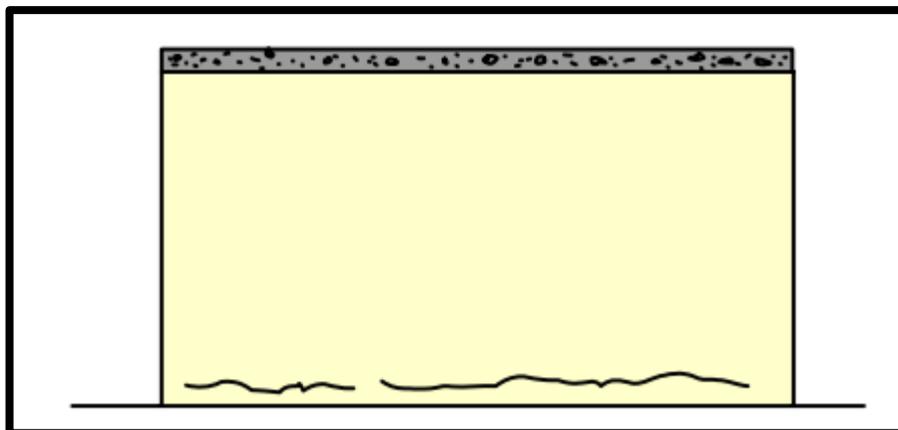
Figura 3 – fissuras horizontais devido à expansão higroscópica.



Fonte: De Souza (2008).

Segundo De Souza (2008), as fissuras na alvenaria também podem surgir em sua base, próximo ao rodapé da parede, como observado na figura 4. Esse surgimento pode ser devido à falta de impermeabilização do alicerce da edificação, fazendo com que a umidade presente no solo entre em contato direto com a alvenaria. Sendo assim, a alvenaria absorve essa umidade, causando expansão de seus tijolos, e conseqüentemente o surgimento das fissuras.

Figura 4 – Fissuras horizontais na base da alvenaria, devido ao contato com a umidade do solo.



Fonte: De Souza (2008).

2.3.2. Fungos

Os fungos pertencem ao reino fungi, e podem ser constituídos por uma célula (unicelular) ou ser composto por várias células (pluricelular). A maior parte dos fungos se alimenta por meio da decomposição da matéria orgânica do corpo de organismos vegetais e animais mortos. Sua forma de vida pode ser dada através da associação com outros seres, beneficiando a ambos (simbiose), ou de forma parasitária, beneficiando a si próprio (CARTELASSI, 2002).

Na construção civil, os fungos são tidos como ofensores devido ao fato de provocarem a biodeterioração dos materiais, alterando a aparência do mesmo (DE MORAES PINHEIRO, 2003). Dos variados tipos de fungos, os que surgem com maior frequência na construção civil são os mofos e bolores.

2.3.2.1. Mofo

A partir de uma abundante variedade de fungos, destaca-se o mofo, caracterizado como uma colonização de variadas populações de fungos filamentosos, sendo apresentadas em diversos tipos de substrato e argamassas inorgânicas. O mofo pode ser considerado como a presença de fungos em uma etapa mais avançada, tendo a capacidade de decompor o material no qual está em contato (CUNHA, 2008)

Nas edificações, a presença do mofo pode ser identificada nas alvenarias, teto e até mesmo piso, devido a aparição de manchas escuras de extensão variada causadas pela presença dos fungos. Essa proliferação pode ser acelerada, quando estão em condições ideais para sua proliferação, como níveis de insolação e temperatura, má ventilação, e alta taxa de umidade. Diante disso, com um ambiente propício para seu surgimento e permanência, os fungos presentes na superfície da alvenaria podem causar danos à estrutura, como intensificação de fissuras e degradação do revestimento (GRANATO, 2021).

2.3.2.2. Bolor

Os bolores são considerados como o estágio inicial do surgimento dos fungos em uma superfície. Diferentemente do mofo, o bolor é considerado como superficial, sendo mais fácil de se remover e conseqüentemente não causando danos à superfície atingida.

Assim como o mofo, os bolores além de gerar prejuízos em uma obra devido ao custo destinado à sua eliminação, também são prejudiciais à saúde humana. Esses bolores encontrados na construção civil são considerados fungos alergênicos, e podem favorecer o desenvolvimento de doenças como asma e rinite (BEATO SOBRINHO, 2008).

A aparição de bolores nas superfícies de uma edificação tem como potencializadora a presença da umidade, principalmente nos ambientes como banheiros, cozinhas e área de serviço. Atrelado a isso, a falta de ventilação adequada nesses ambientes faz com que essa umidade não seja dissipada, favorecendo o surgimento dos bolores (THERMOMATIC, 2023).

Vale destacar que o surgimento de mofos e bolores nas superfícies internas de uma edificação podem causar o descascamento de pintura, causando ainda mais danos ao empreendimento, e elevando o custo de manutenção.

2.3.3. Descascamento de pintura

Como é mencionado pela Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI) (2023), por cerca de vários séculos a utilização da tinta era de finalidade estética, e com o passar do tempo, acrescentou-se a função de proteção da superfície. O processo de artes decorativas surgiu durante o período de 8000 a 5800 a.C, com os egípcios. A estética inserida através de pinturas em paredes, papiros e sarcófagos comprovam esse esclarecimento, sendo datado como os primeiros pigmentos sintéticos durante essa época. Esses pigmentos produziam cores naturais, sendo ocre, amarelo e vermelho.

De acordo com Polito (2006), a tinta consiste em uma mistura de pigmentos e cargas em uma resina, estabilizada em quantidade precisa, proporcionando uma firme película, do tipo fosco ou brilhante, tendo como as principais funções a proteção e embelezamento da superfície.

A tinta vem a ser de grande funcionalidade para a construção civil, e dependendo da sua composição, pode ter uma utilidade além da estética. No ramo da construção civil, algumas tintas são utilizadas com o intuito de servir como camada impermeabilizante para a alvenaria, a depender de sua composição (VEDACIT, 2021).

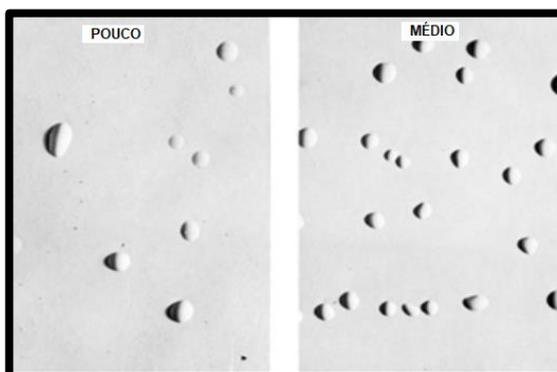
O descascamento de pintura pode ocorrer devido a diversos fatores, como: presença de mofos e bolores, presença de óleos ou materiais gordurosos, reação entre os componentes da tinta e o cimento presente no reboco da alvenaria, falta de aderência devido a umidade presente na superfície (GUIDEENGENHARIA, 2018).

2.3.4. Empolamento de pintura

O empolamento de pintura consiste em bolhas que são formadas na superfície da película de tinta. Em relação a influência da umidade no surgimento de tal manifestação patológica, destaca-se um fator preponderante para o surgimento do empolamento: a presença de infiltração na superfície na qual a tinta foi aplicada. Ademais, as bolhas podem surgir devido a alguns outros fatores, são eles: falta de aderência entre a tinta e a superfície na qual está sendo aplicada; presença constante de poeira sob a superfície, aplicação de tinta diluída de maneira incorreta (CONSOLI, 2006). É comum observar o descascamento de pintura após o empolamento, devido a fragilidade da película de tinta após o surgimento das bolhas.

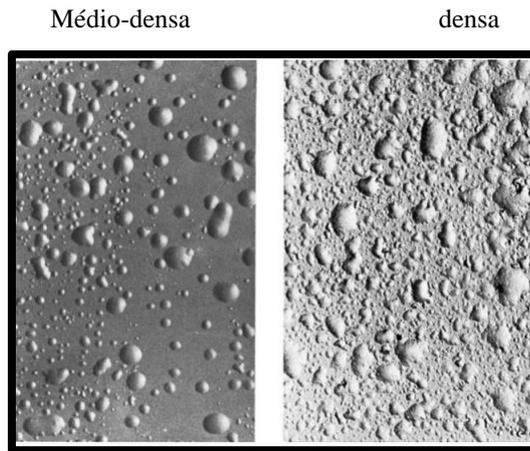
As bolhas que surgem na película de tinta podem ser classificadas quanto ao seu tamanho e frequência (quantidade de bolhas na área analisada). De acordo com o órgão estadunidense de normatização (ASTM, 2009), as bolhas podem ser classificadas quanto ao seu tamanho em uma escala de 0 a 10, com intervalos múltiplos de 2, onde quanto maior o número, menor a percepção da bolha a olho nu. Quanto à frequência, as bolhas de empolamento são classificadas como: densa (figuras 7, 8 e 9), média ou poucas (figura 5), médio-densa (figura 6). Seguem abaixo figuras que demonstram os graus de empolamento nas películas de pintura, vale ressaltar que as bolhas classificadas como N°10 não podem ser vistas a olho nu, sendo assim, não estão destacadas abaixo.

Figura 5 – empolamento N° 2, com classificação quanto à frequência.



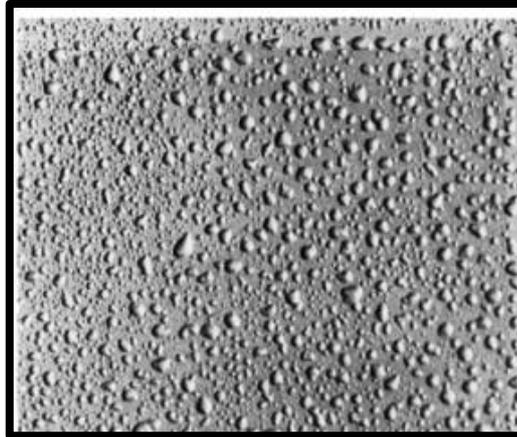
Fonte: ASTM (2009).

Figura 6 – empolamento N° 2, com classificação quanto à frequência.



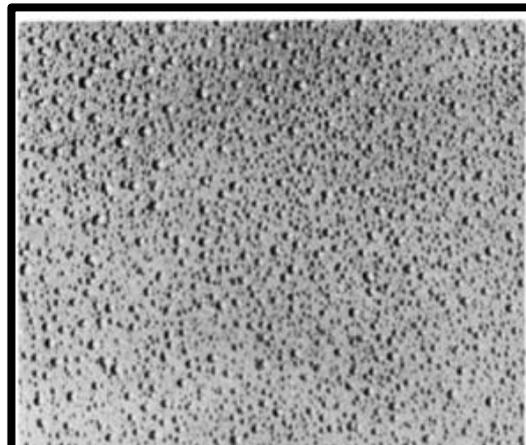
Fonte: ASTM (2009).

Figura 7 – empolamento N° 4, com frequência densa.



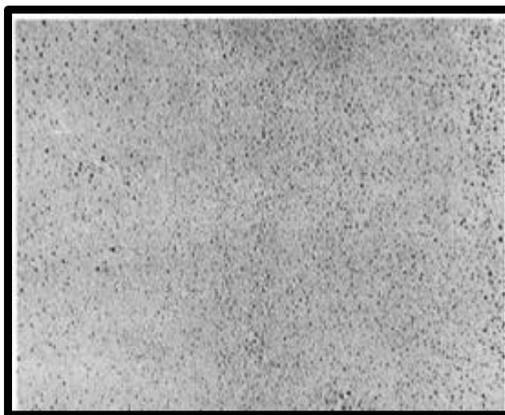
Fonte: ASTM (2009).

Figura 8 – empolamento N° 6, com frequência densa.



Fonte: ASTM (2009).

Figura 9 – empolamento N° 8, com frequência densa.



Fonte: ASTM (2009).

2.3.5. Saponificação

A saponificação consiste no surgimento de manchas nas superfícies pintadas, que normalmente precedem o descascamento da pintura. As principais causas para o surgimento da saponificação são: reboco com excesso de cal e aplicação da tinta antes da cura do reboco. Se tratando de superfícies úmidas recém-rebocadas, a aparição das manchas se deve a uma reação entre o material que compõe reboco, a umidade que está inserida no ambiente, e a película de tinta. O surgimento nas películas da pintura ocorre devido à reação entre o esmalte utilizado na pintura e a alcalinidade do material de revestimento, tendo sua ação potencializada com a excessiva presença de umidade (CONDOR, 2018).

2.3.6. Deslocamento de revestimento cerâmico

Na construção civil, o revestimento de paredes e pisos com cerâmica é bastante utilizado, devido a sua resistência, durabilidade e impermeabilidade. Esse tipo de revestimento é empregado após a etapa de execução do reboco, quando aplicado nas paredes, ou após a execução do contrapiso, quando aplicado sobre o piso. Uma das principais manifestações patológicas referentes ao revestimento cerâmico é o deslocamento, que consiste no desprendimento de placas cerâmicas da parede ou do piso (GORINI, 1999).

Oliveira (2022) e Grasel (2017) apontam os seguintes fatores que favorecem a ocorrência do deslocamento de revestimento cerâmico: expansão devido a presença de umidade, dilatação devido a altas temperaturas, falta de qualidade da argamassa colante e mão de obra não-qualificada. Segundo recomendação da NBR ISO 10545-10:2017, as placas cerâmicas devem ser produzidas levando em consideração uma taxa máxima de expansão por

umidade, conhecida como EPU, de 0,06mm/m, e é através dessa taxa que se pode medir a qualidade da massa cerâmica utilizada na produção das placas.

Vale destacar a importância de tratar as manifestações patológicas encontradas nas superfícies que irão receber o revestimento cerâmico, antes de realizar o assentamento. Visto que essas manifestações patológicas podem acarretar a danificação das placas cerâmicas, e com isso gerar mais custos futuramente, com manutenção corretiva para tratar a manifestação ológica, além da compra e execução do assentamento de novas placas cerâmicas.

2.3.7. Eflorescência

A eflorescência na alvenaria diz respeito à deposição de sais em sua superfície, resultante da interação entre a água presente na mesma e os elementos que a compõe. A aparição da eflorescência causa a degradação da alvenaria, devido a ação de agentes expansivos ao entrar em contato com a água. Neste caso, um dos principais ofensores é o Sulfato, presente de maneira diluída na água, pois tem alto teor expansivo ao entrar em contato com a umidade (MONTECIELO, 2016). Os três fatores determinantes para a aparição de tal manifestação são: presença de sais solúveis nos componentes da alvenaria; presença de umidade; pressão hidrostática, sendo este último fator o responsável por fazer com que os sais (misturados com a água) se depositem na superfície do material (DE SOUZA, 2008).

A presença de eflorescência pode ser verificada através da identificação de manchas, comumente brancas e pulverulentas, que se apresentam na superfície do material. Outra característica de identificação é o fato de a superfície estar se degradando na área de ação da eflorescência (VERDUCH, 2000).

2.3.8. Criptoflorescência

Consiste em uma manifestação patológica similar à eflorescência, pois se refere a aparição de sais solúveis que interagem com a umidade. A diferença é que na criptoflorescência, essa interação resulta nas formações de cristais no interior da alvenaria (MONTECIELO, 2016).

A umidade, normalmente em forma de condensação ou proveniente da chuva, tende a levar sais solúveis para dentro do reboco poroso, através da percolação. Após a evaporação dessa água, os sais tendem a sofrer um processo de cristalização dentro do material poroso, causando a expansão da argamassa, e conseqüentemente a deterioração do reboco. Em suma, quanto maior a porosidade do material, maior a taxa de evaporação da umidade presente em

seu interior, e com isso, maior a chance de ocorrer a cristalização dos sais solúveis, visto que a cristalização dos sais ocorre quando “a taxa de migração da solução no sistema poroso do material é inferior à taxa de evaporação” (SOUSA, 2005).

Outro fator relevante no estudo de identificação da criptoflorescência se dá pelo fato de que os cristais formados tendem a expandirem-se dentro da alvenaria, o que pode provocar o fissuramento da mesma, sendo assim considerada uma manifestação patológica mais agressiva do que a eflorescência (SILVA, 2018).

2.3.9. Deterioração do reboco

Além dos danos causados à camada de pintura, é possível que a camada de reboco sofra com uma deterioração por conta do contato com a umidade. Essa deterioração pode ocorrer devido à umidade que vem de fora para dentro, atingindo primeiro a película de tinta. Neste caso, a tinta ou massa corrida pode ter sido aplicada sobre a camada de reboco que ainda não passou pelo processo de cura, causando o esfarelamento do reboco (GASPAR, 2005).

O deslocamento da camada de reboco também pode ocorrer de dentro para fora, normalmente devido a vazamentos nas instalações hidráulicas, ou percolação de água pelo interior do reboco, devido a infiltrações (MONTECIELO, 2016). Essa deterioração de dentro para fora ocorre também devido à ação da criptoflorescência, isso porque a água que percola através do material poroso tem a capacidade de reagir com sais solúveis, que podem cristalizar no interior do reboco após a evaporação da água, e aumentar o volume da argamassa, como explicado anteriormente.

O desagregamento nada mais é que um descascamento, porém, junto com a película de tinta sai também o reboco e costuma ficar esfarelando. As circunstâncias para que isso aconteça podem ser: aplicação de tinta ou massa corrida sobre reboco não curado sobre parede com umidade ou sobre reboco muito arenoso. A massa de reboco feita com abundância de areia, deixa o excesso de areia, deixa o reboco muito fraco. Com o tempo, surge o descascamento junto com a tinta e massa corrida, soltam-se partes do reboco e areia (MONTECIELO, 2016).

2.4. UMIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.4.1. Maneiras de inserção da umidade nas edificações

O sistema construtivo relacionado a obra civil, vem nitidamente evoluindo ao decorrer dos anos. Através da percepção das novas construções, nota-se o investimento em pesquisas e estudos que envolvem os materiais e equipamentos envolvidos no âmbito do planejamento e execução das obras de construção civil (PAULA, 2016), seja para aumentar a qualidade do produto ou para minimização de custos.

No entanto, um processo de construção sem mão de obra qualificada e sem a atenção devida às intempéries provenientes da natureza, pode gerar adversidades ao longo da execução dos serviços de construção, ou em tempos posteriores a sua finalização (CHAVES FILHO, 2014). Se tratando de manifestações patológicas relacionadas à presença de umidade, as ocorrências mais comuns surgem devido à falta de previsibilidade do problema, e com isso, pouco se trabalha para prevenir manifestações patológicas que surgem devido à ação da água na construção.

A presença da umidade na edificação pode ser de fácil percepção, a depender de sua localização, no entanto, o obstáculo pode estar na descoberta de sua origem, dificultando a solução do problema.

O quadro 1 elenca as principais maneiras de inserção da umidade em um ambiente, bem como sua área de influência.

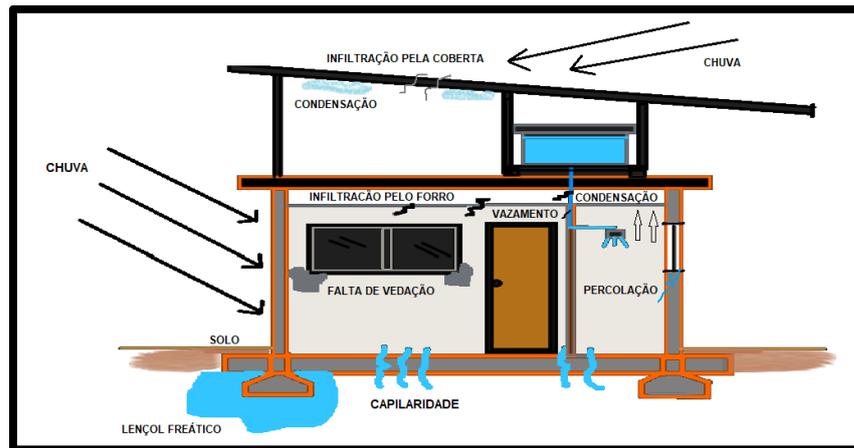
Quadro 1 – origem e área de influência da presença de umidade no interior das edificações.

Origem	Área de influência
Fase construtiva	Alvenaria e elementos de concreto presentes no início da obra.
Capilaridade	Fundações, pisos e paredes (quando não há impermeabilização da fundação).
Ação da chuva	Paredes, cobertura e piso.
Infiltração	Paredes e telhado/forro.
Condensação	Superfícies expostas a alteração de temperatura (mais comum em teto e paredes).

Fonte: Adaptado de Arantes (2007).

A figura 10 ilustra os possíveis pontos de origem da umidade em uma edificação.

Figura 10 – maneiras de inserção da umidade em uma edificação.



Fonte: adaptado de Silva (2018).

2.4.1.1. Capilaridade

No que tange ao processo de capilaridade, este é descrito como a ascensão da umidade por capilares (caminho delgado que se assemelha a um tubo). Sua ocorrência é decorrente do contato do solo úmido com a estrutura da edificação, e em alguns casos, em contato direto com a alvenaria. A umidade ascensional tem forte influência em edificações construídas sob terreno com alto nível do lençol freático, e atrelado a isso, uma baixa, ou nula, impermeabilização da fundação, o que ocorre com mais frequência em edificações antigas (DOS SANTOS et al., 2020).

O efeito da capilaridade ocorre devido a uma força de sucção que atinge os capilares do material. Essa sucção ocorre devido a uma pressão capilar sofrida pela partícula de água, quando a mesma se encontra sobre a superfície de um material poroso. A partir do instante em que ocorre a sucção, a pressão capilar age em sentido contrário à força de gravidade, fazendo com que a água percorra os capilares, até que a pressão capilar se iguale a pressão hidrostática (pressão do interior do próprio líquido) (POSSER, 2004).

2.4.1.2. Infiltração devido à ação das chuvas

Se tratando de umidade, entende-se que o meio mais expressivo de sua aparição é a chuva, que tem o vento como principal aliado para intensificar a infiltração da água nas edificações. Dito isto, entende-se que além da correta impermeabilização de diversos setores de uma edificação, a qualidade do material utilizado como vedação de janela, e a aperfeiçoada instalação do sistema de escoamento de águas pluviais, são alguns fatores que podem mitigar a inserção da umidade proveniente das chuvas (MACEDO, 2017).

2.4.1.3. Vazamento em rede hidráulica

No que diz respeito à presença de umidade relacionada a vazamentos (envolvendo redes hidrossanitárias e de águas pluviais), esta apresenta um maior nível de dificuldade quanto a identificação da sua origem, visto que muitas vezes o ponto de vazamento se encontra encoberto pelos materiais de revestimento (cerâmica, alvenaria, forro, etc). É de suma importância manter uma atenção aos sinais de vazamento no interior dos materiais de revestimento, como: manchas escuras na parede, atreladas à percepção tátil da presença de água no local; visualização de vazamento de água (pingueira) através do forro/telhado; aparição de água e/ou manchas escuras no rodapé das paredes (LAGE, 2012)

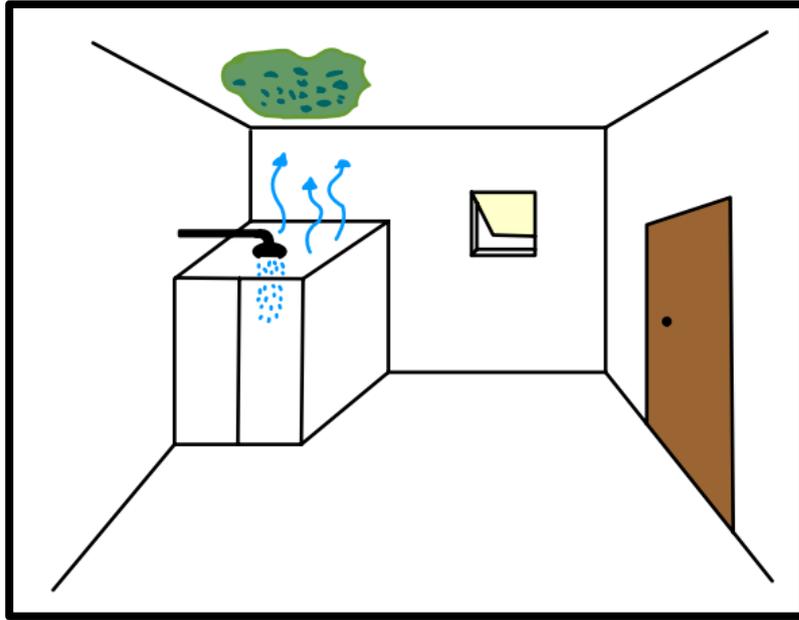
2.4.1.4. Fase construtiva

Se tratando de processo construtivo, existem algumas atividades que necessitam da utilização da água, a exemplo da produção de concreto e argamassa. Nesse processo, a umidade é introduzida aos elementos construtivos, porém tende a desaparecer com o tempo. Vale ressaltar que os elementos de concreto passam pelo processo de cura após a sua confecção, processo este que consiste em acrescentar água ao material durante um certo período de tempo. Essa água proveniente da cura do material pode afetar outros elementos construtivos presentes na edificação. No entanto, existe um agente indispensável para evitar o aparecimento futuro de manifestações patológicas ocasionadas pela presença da umidade causada por fatores externos: a impermeabilização (PEREIRA SILVA, 2020).

2.4.1.5. Condensação

A umidade cuja origem é a condensação da água, se refere ao fluído que já se encontra presente no ambiente, e se manifesta através da mudança de temperatura. Um exemplo básico deste tipo de umidade são os vapores d'água causados pela utilização de um chuveiro elétrico no banheiro (DE SOUZA, 2008). Essa água presente no formato de vapor sofre condensação com o tempo (se transforma em líquido), e se deposita de maneira aglomerada nas superfícies do ambiente (figura 11). Portanto, o acúmulo dessa água pode vir a causar danos aos revestimentos no futuro. Para evitar a aglomeração da umidade devido à condensação, é importante garantir uma boa ventilação do ambiente em questão.

Figura 11 – aglomeração de água condensada no teto de um banheiro com ventilação prejudicada.

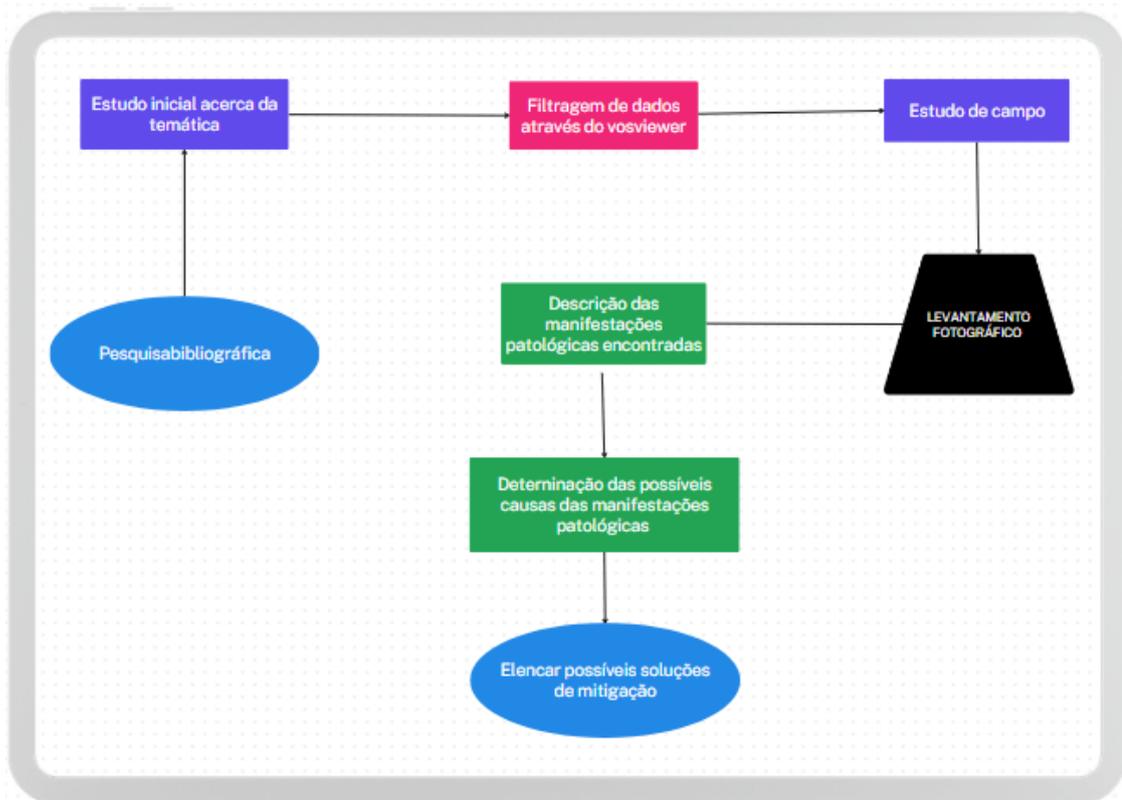


Fonte: DE SOUZA (2008).

3. METODOLOGIA

O presente estudo de caso segue uma sistematização baseada no levantamento de campo, com aquisição de dados, e análise dos dados coletados à luz do referencial teórico presente na literatura. As pesquisas bibliográficas foram cruciais para a identificação das manifestações patológicas encontradas, bem como suas possíveis causas. O Fluxograma 1 demonstra a sistematização da pesquisa, a fim de atingir os objetivos do presente estudo. Este fluxograma ilustra a metodologia da coleta de dados e posteriormente a análise dos dados obtidos no levantamento de campo.

Fluxograma 1 – Fluxograma das etapas do estudo.



Fonte: os autores (2023).

3.1. REFINAMENTO DE PESQUISA UTILIZANDO O SOFTWARE VOSVIEWER

A etapa de revisão da literatura foi aprimorada com o auxílio de um software para refinar as pesquisas, visando quantificar as diferentes maneiras de inserção da umidade em uma edificação, e os impactos negativos associados. O instrumento de pesquisa utilizado para auxiliar na análise quantitativa dos dados foi o “vosviewer”, uma ferramenta que permite a análise bibliométrica de diversos temas, utilizando bancos de dados e idiomas selecionados

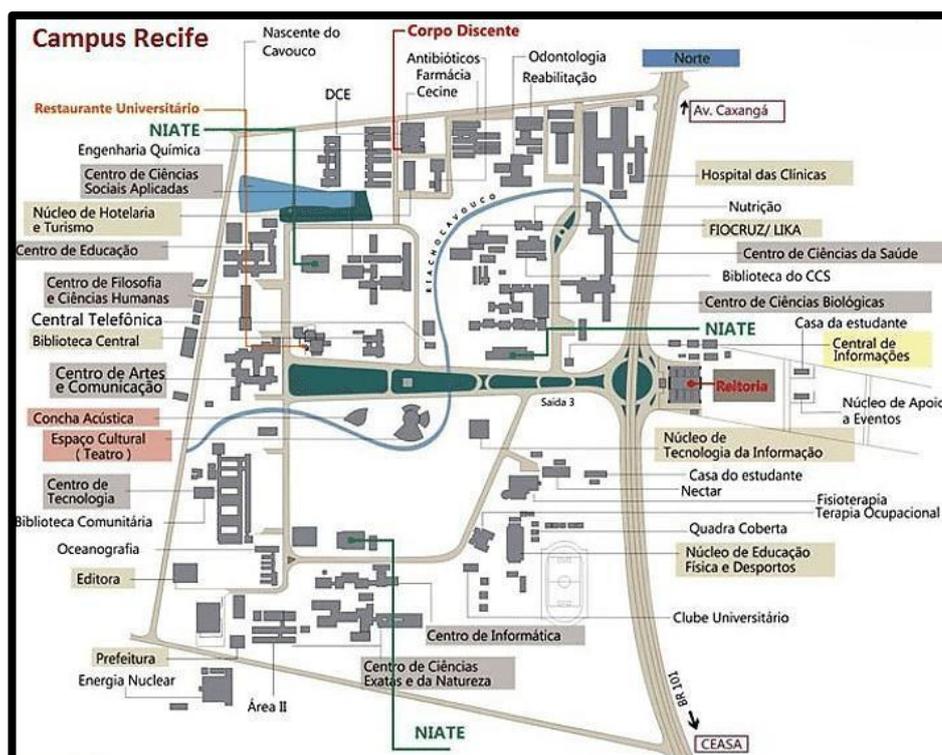
Com auxílio do software, foi realizada uma filtragem de dados através da seleção de palavras chaves relacionadas à temática abordada neste trabalho. Essa filtragem levou em consideração as publicações no período de 2003 a 2023, a fim de comparar a correlação entre as palavras ao longo dos anos.

3.2. LEVANTAMENTO DE CAMPO

Na etapa de coleta de dados, foi realizado um mapeamento acerca das edificações a serem investigadas. Os dados foram coletados a partir de um levantamento fotográfico das regiões internas de cinco bibliotecas da Universidade Federal de Pernambuco, localizada no bairro Cidade Universitária, na cidade de Recife-PE. No que tange ao presente estudo, foram levantados dados referentes às bibliotecas dos seguintes centros: Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH); Centro de Educação (CE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG); Centro de Ciências da Saúde (CCS); Centro de Ciências Biológicas (CB).

Para o presente estudo, foram excluídas as bibliotecas cujas estruturas principais internas não eram compostas por alvenarias e/ou concreto, além disso, não foi realizado o levantamento fotográfico em bibliotecas que estavam interditadas no período destinado à pesquisa de campo. A figura 12 contém um mapa das principais edificações da Universidade, e nele está contido a localização das cinco bibliotecas.

Figura 12 – UFPE, Campus Joaquim Amazonas.



Fonte: Souza (2016).

Este levantamento teve o intuito de identificar diferentes manifestações patológicas diretamente relacionadas com a presença da umidade que está presente no interior dos edifícios. A partir deste levantamento, foi possível destacar a predominância das diferentes manifestações patológicas em cada edificação.

3.3. PATOLOGIAS CAUSADAS PELA UMIDADE NO INTERIOR DAS BIBLIOTECAS DA UFPE

Através da pesquisa bibliográfica e o levantamento de campo, pôde-se analisar as diferentes formas de ação dos fluidos no segmento da inserção da umidade nas edificações, e suas consequências no que tange ao surgimento de manifestações patológicas.

A partir das inspeções realizadas nas bibliotecas da UFPE, pôde-se notar uma predominância no que tange ao quantitativo de manifestações patológicas presente em uma mesma biblioteca, a Biblioteca do Centro de Ciências da Saúde (BBCCS). Este ambiente se destacou, com a presença de 9 manifestações patológicas, destacado na figura 13.

Figura 13 - quantificação das diferentes manifestações patológicas encontradas nas bibliotecas investigadas.

BIBLIOTECA X MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	MOFO	DESCASCAMENTO DE PINTURA	EMPOLAMENTO DE PINTURA	SAPONIFICAÇÃO	DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO	DETERIORAÇÃO DO REBOCO	FISSURAS	EFLORESCÊNCIA	CRIOFLORESCÊNCIA	TOTAL
CTG	1	1	1	1		1				5
CFCH		1	1	1			1	1		5
CB	1	1	1	1			1			5
CCS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
CE		1	1	1						3

Fonte: os autores, 2023.

Em contrapartida, dentre as bibliotecas inspecionadas, a biblioteca dos centros: CB e CE foram as que menos apresentaram manifestações patológicas, com o aparecimento de apenas 4 das 9 manifestações. As figuras abaixo destacam algumas das manifestações patológicas encontradas em cada biblioteca, com seus diagnósticos (causas e características) e prognósticos (consequências e tratamento), além de elencar as possíveis causas da inserção da umidade no ambiente. Estão destacadas abaixo as seguintes manifestações patológicas: mofo (figura 14), empolamento de pintura (figura 17), deterioração de reboco (figuras 18 e 22), saponificação (figura 19), eflorescência e criptoflorescência (figura 20), deslocamento de revestimento cerâmico (figura 21), descascamento de pintura (figura 23) e fissura (figura 24).

- Biblioteca do CTG

Outras manifestações patológicas encontradas na biblioteca do CTG podem ser observadas no Apêndice A. A figura 14 destaca a presença de mofo na biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: Mofo

Figura 14 – grande proliferação de mofo na parede da biblioteca do CTG.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: detecção de manchas escuras na parede, provenientes da presença de fungos no local. Além do prejuízo estético, os fungos são prejudiciais à saúde humana, causando principalmente problemas respiratórios.

Inserção da umidade no ambiente: Condensação da água, provocada pela ventilação prejudicada.

Prognóstico: além do prejuízo estético, os fungos são prejudiciais à saúde humana, causando principalmente problemas respiratórios. A fim de se evitar o surgimento de tal manifestação patológica, deve-se haver a melhoria da ventilação do ambiente, fator que pode ser resolvido na concepção do projeto; aplicação de materiais impermeabilizante no cobrimento do teto/parede (SANTOS, 2021).

A figura 15 destaca a presença de empolamento de pintura na biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: empolamento de pintura

Figura 15 - empolamento de pintura na parede da biblioteca do CTG.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: é possível observar algumas bolhas na película de pintura. No que diz respeito à presença de umidade, essas bolhas podem ser formadas devido ao excesso da mesma na superfície do material, podendo surgir através de infiltrações e/ou percolação. **Inserção da umidade no ambiente:** infiltração e percolação.

Prognóstico: a presença da água entre a camada de pintura e o reboco faz com que essa película fique frágil, podendo vir a descascar com facilidade. A fim de solucionar o problema, através da prevenção, algumas medidas que podem ser tomadas são: garantir a ventilação do ambiente, evitando a subsistência da umidade por condensação; eliminar pontos de infiltração e percolação de água; não realizar pintura sob a superfície com um alto teor de umidade.

A figura 16 destaca o reboco deteriorado em uma viga da biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: deterioração do reboco.

Figura 16 – deterioração do reboco em uma coluna da biblioteca do CTG.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: é possível notar que a camada de reboco está se desprendendo da parede, devido a perda da aderência da argamassa com a mesma. Uma das principais causas da deterioração do reboco, quando se trata de umidade, é retração hidráulica, também conhecida como retração por secagem. Outro fator de causa pode ser a criptoflorescência, pois causa a cristalização de sais solúveis dentro do reboco poroso, ocasionando na expansão volumétrica e deterioração do mesmo.

Inserção da umidade no ambiente: infiltração através do forro e/ou percolação da água que adentra através das brechas nas janelas (falta de vedação ou vedação ineficiente).

Prognóstico: a argamassa de reboco tende a se expandir com o excesso de umidade, e retraindo após a perda da umidade para o ambiente, e essa variação no nível de umidade causa a degradação da camada de reboco. Como ação preventiva, é necessário diminuir o nível de umidade de condensação no ambiente, melhorando a ventilação, e evitar infiltração devido a água da chuva. Com isso, evita-se o transporte dos sais solúveis para dentro do reboco. Outro fator que pode reduzir este problema é uma maior atenção na escolha do material ligante do reboco a ser utilizado, visto que argamassas de reboco tendo a cal como ligante tendem a ser mais porosas e permeáveis do que argamassas tendo o cimento como ligante principal.

- Biblioteca do CFCH

Outras manifestações patológicas encontradas na biblioteca do CFCH podem ser observadas no Apêndice B. A figura 17 destaca a presença de saponificação na biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: saponificação.

Figura 17 – saponificação ao redor de janelas na biblioteca do CFCH.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: percepção de manchas escuras na parede, devido à presença direta de umidade proveniente da infiltração através das janelas, devido ao sistema de vedação ineficiente das mesmas.

Inserção da umidade no ambiente: infiltração, devido à vedação ineficiente nas janelas.

Prognóstico: a fim de reduzir a entrada da água e sua percolação através da alvenaria, deve-se realizar a correta instalação das esquadrias, verificando a vedação da mesma.

- Biblioteca do CCS

Outras manifestações patológicas encontradas na biblioteca do CCS podem ser observadas no Apêndice C. A figura 18 destaca a presença de eflorescência e criptoflorescência na biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: eflorescência e criptoflorescência.

Figura 18 – eflorescência e criptoflorescência na parede da biblioteca do CCS.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: percepção de cristais, similares a um pó branco, na alvenaria e na superfície da pintura. Os cristais na superfície de reboco dizem respeito aos sais solúveis que foram carregados pela água para dentro da alvenaria, e expandiram-se até a superfície após a evaporação da mesma, causando deterioração da camada de revestimento. Nota-se que existem sais que não deterioraram o revestimento, estes são resultado da eflorescência, pois foram transferidos até a superfície devido à pressão hidrostática, antes da evaporação da água que os carregava.

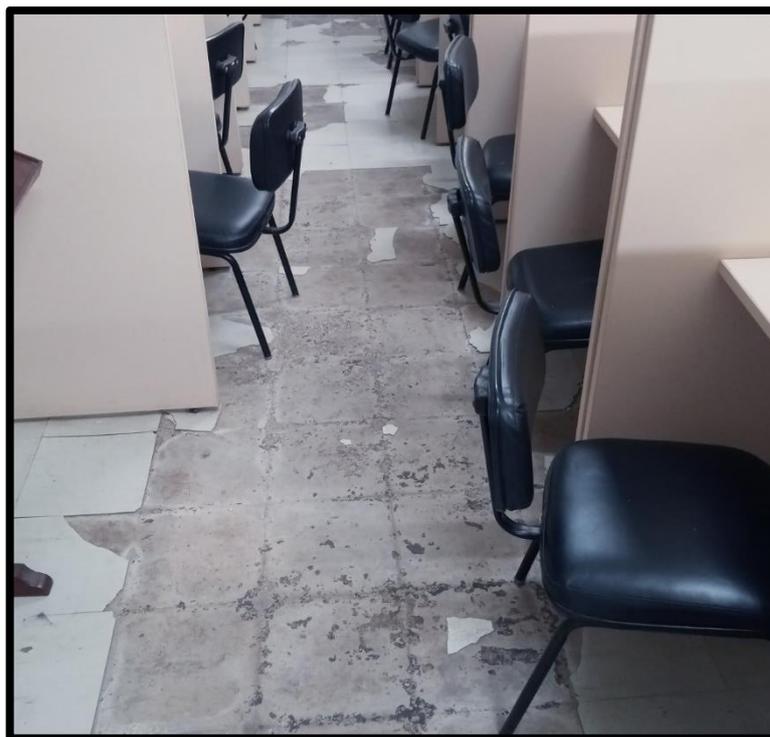
Inserção da umidade no ambiente: infiltração e condensação.

Prognóstico: eliminar pontos de infiltração; respeitar tempo de cura da argamassa de reboco, antes da aplicação do revestimento/revestimento.

A figura 19 destaca o deslocamento dos revestimentos cerâmicos do piso da biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: deslocamento de revestimento cerâmico.

Figura 19 – deslocamento de revestimento cerâmico em piso, biblioteca do CCS.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: o deslocamento do revestimento cerâmico é de fácil percepção, pois as mesmas ficam soltas no piso, destoando de todo o revestimento. As placas cerâmicas se soltam do piso devido excesso de umidade no contrapiso. Vale ressaltar que o deslocamento, neste caso, também pode ser causado devido ao uso incorreto de argamassa de assentamento.

Inserção da umidade no ambiente: capilaridade.

Prognóstico: o excesso de umidade no contrapiso causa a diminuição da aderência entre as placas cerâmicas, a argamassa de assentamento e o piso, acarretando o desprendimento dessas placas. Para evitar o deslocamento das placas, deve-se atentar em eliminar a água presente no piso, normalmente ocasionada devido à umidade ascensional (capilaridade).

A figura 20 destaca a parede próxima ao rodapé com seu reboco deteriorado, na biblioteca do CCS.

Identificação da manifestação patológica: deterioração do reboco.

Figura 20– deterioração do reboco na parede da biblioteca do CCS.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: é possível notar que a camada de reboco está se desprendendo da parede, devido a perda da aderência da argamassa com a mesma. Destaca-se a presença da manifestação patológica próxima ao piso (que também se encontra deformado), o que aumenta as chances de a manifestação patológica ter surgido devido à umidade ascensional.

Inserção da umidade no ambiente: infiltração através do forro e/ou percolação da água que adentra através das brechas nas janelas (falta de vedação ou vedação ineficiente).

Prognóstico: a argamassa de reboco tende a se expandir com o excesso de umidade, e retrair após a perda da umidade para o ambiente, e essa variação no nível de umidade causa a degradação da camada de reboco. Como ação preventiva, é necessário diminuir o nível de umidade de condensação no ambiente, melhorando a ventilação, e evitar infiltração devido a água da chuva. Com isso, evita-se o transporte dos sais solúveis para dentro do reboco. Outro fator que pode reduzir este problema é uma maior atenção na escolha do material ligante do reboco a ser utilizado, visto que argamassas de reboco tendo a cal como ligante tendem a ser mais porosas e permeáveis do que argamassas tendo o cimento como ligante principal.

- Biblioteca do CE

Outras manifestações patológicas encontradas na biblioteca do CE podem ser observadas no Apêndice D.

A figura 21 destaca a camada de pintura descascada na biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: descascamento de pintura

Figura 21 – descascamento de pintura no teto da biblioteca do CE.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: observa-se que a película de pintura está descascada, pois perdeu aderência à superfície do teto. Nota-se ainda, na figura acima, que existem pontos de degradação do material que compõe o teto da biblioteca, motivados pela infiltração de água no local.

Inserção da umidade no ambiente: infiltração através do forro da biblioteca, possivelmente causada pela impermeabilização ineficiente da coberta.

Prognóstico: a infiltração pode ocasionar o excesso de umidade no material, e acarretar o descascamento da película de tinta. As maneiras de mitigar o surgimento deste problema são similares às soluções preventivas para evitar o empolamento da pintura: eliminar pontos de infiltração e percolação de água presentes na coberta do edifício.

- Biblioteca do CB

Outras manifestações patológicas encontradas na biblioteca do CB podem ser observadas no Apêndice E.

A figura 22 destaca a presença de fissuras no teto da biblioteca.

Identificação da manifestação patológica: fissura no teto.

Figura 22 – fissura encontrada no teto da biblioteca do CB.



Fonte: os autores (2023).

Diagnóstico: o aparecimento de fissuras no teto da biblioteca está acompanhado de manchas escuras (saponificação), e empolamento de pintura. Esses fatores combinados evidenciam o excesso de umidade presente no local investigado. No que tange à ação da umidade dentro do edifício, o principal motivo pelo surgimento de fissuras no teto é a infiltração, que pode ser proveniente de alguns fatores, como: falta de impermeabilização da laje (não garante a estanquidade) e vazamentos em rede hidráulica.

Inserção da umidade no ambiente: infiltração através do forro.

Prognóstico: além de ser um fator negativo quanto à estética, as fissuras podem servir de ponto de partida para as infiltrações nos ambientes, o que pode gerar o surgimento de outras manifestações patológicas. Garantir uma correta impermeabilização da laje, e realizar manutenções preventivas na rede hidráulica, são meios de se evitar o surgimento de fissuras devido à umidade excessiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PESQUISA QUANTITATIVA UTILIZANDO A BASE DE DADOS SCOPUS

O processo de utilização do software levou em consideração dois objetivos:

- destacar, dentre todas as publicações encontradas, as diferentes manifestações patológicas relacionadas à presença da umidade em uma edificação;
- relacionar as diferentes maneiras pela qual a umidade pode adentrar em uma edificação.

No que tange ao processo de pesquisa, algumas etapas foram seguidas (figuras 23 e 24) a fim de refinar as pesquisas em duas vertentes: 1) diferentes maneiras de inserção da umidade na edificação; 2) manifestações patológicas relacionadas à presença da umidade no interior das edificações. As etapas foram as seguintes:

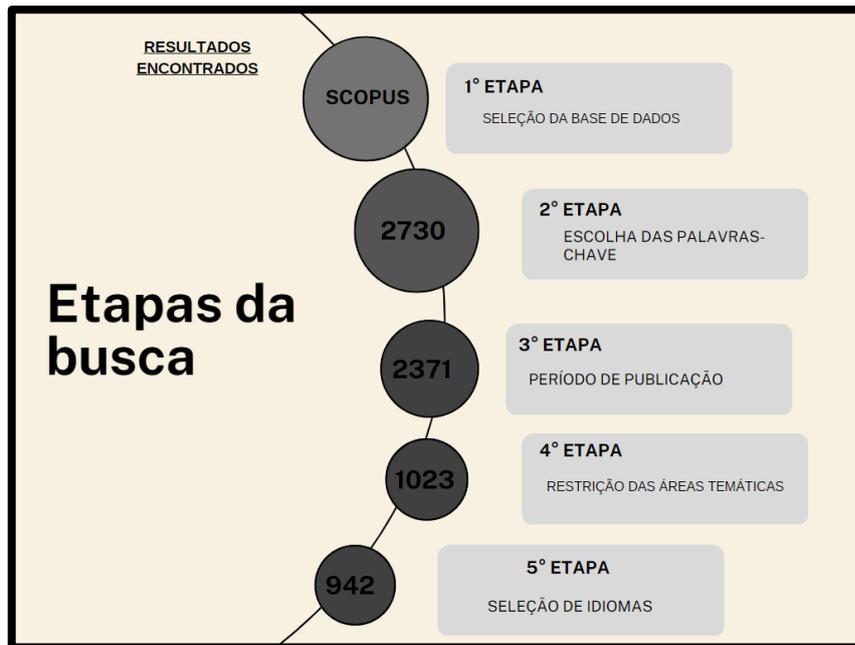
- a) seleção do banco de dados;
- b) seleção das palavras-chave a serem utilizadas como filtro de pesquisa;
- c) período de publicação;
- d) especificações das áreas de estudo que se relacionam com à temática de manifestações patológicas ocasionadas pela umidade;
- e) seleção do idioma inglês como o principal utilizado nas publicações.

Figura 23 – Refinamento de pesquisa acerca da inserção de umidade nas edificações.



Fonte: os autores, 2023.

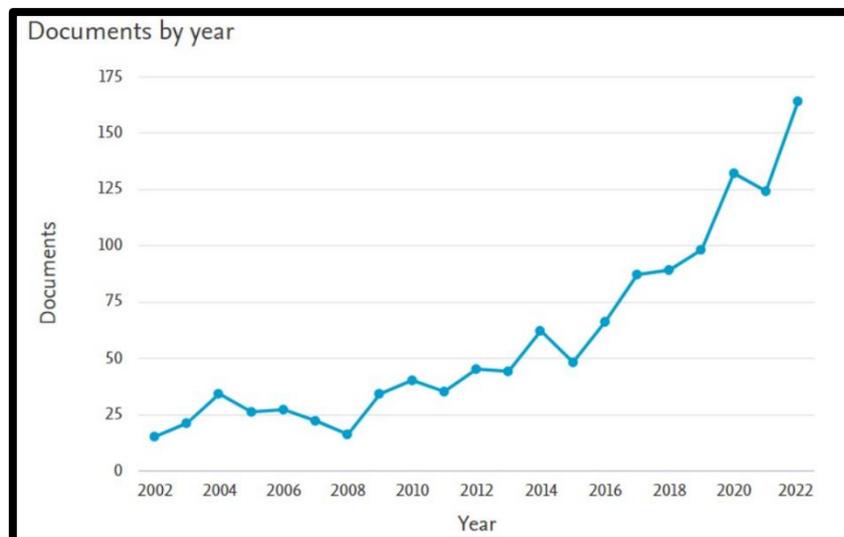
Figura 24 – Refinamento de pesquisa para manifestações patológicas relacionadas à umidade.



Fonte: os autores, 2023.

Após as etapas descritas acima pôde-se gerar, a partir do banco de dados Scopus, uma taxa de frequência de publicações de acordo com o intervalo de ano escolhido, para cada vertente abordada (gráfico 1).

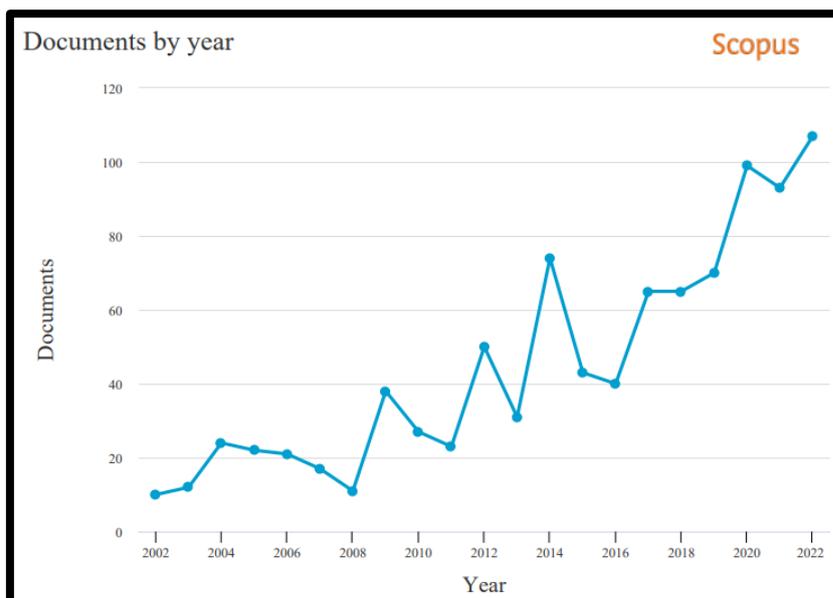
Gráfico 1 – Frequência de publicações referentes às diferentes maneiras de inserção de umidade nas edificações, dentro do período especificado.



Fonte: os autores (2023).

Ademais, foi gerada outra imagem (gráfico 2) com a mesma análise de frequência das publicações, porém desta vez a temática principal abordava acerca das diferentes manifestações patológicas que surgem devido à presença da umidade no interior das edificações.

Gráfico 2 – Frequência de publicações referentes às manifestações patológicas relacionadas à presença de umidade no interior das edificações, dentro do período especificado.



Fonte: os autores (2023).

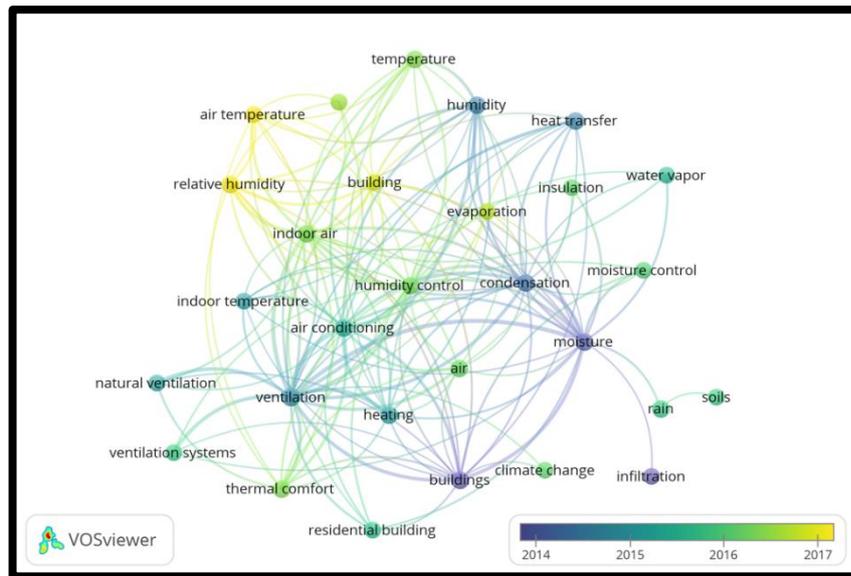
A partir da análise dos gráficos, é possível afirmar de maneira consistente que os estudos relacionados à temática em questão têm experimentado um crescimento ao longo dos anos. Esse aumento de interesse reflete a relevância do estudo das manifestações patológicas relacionadas à umidade. Isso se deve, sobretudo, ao fato de que as manifestações patológicas, que afetam as edificações ocorrem com frequência e, portanto, exigem abordagens eficazes de prevenção e tratamento.

É importante destacar que a redução no surgimento das manifestações patológicas pode interferir diretamente, e positivamente, na diminuição dos custos de manutenção de um empreendimento, e no prolongamento da vida útil das edificações, fato que torna imprescindível que sejam realizados mais estudos acerca da temática.

4.2. DADOS COLETADOS ATRAVÉS DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Após a utilização do software, seguindo as vertentes de pesquisa bibliográfica visando as diferentes maneiras de inserção da umidade, foi possível gerar clusters de coocorrência de palavras-chave presentes nas publicações encontradas após o refinamento da pesquisa. Através desses clusters, é possível analisar quais as diferentes maneiras de inserção de umidade nas edificações foram mais estudadas, e além disso, visualizar as palavras-chave mais citadas de acordo com o ano de publicação. A figura 25 corresponde ao cluster gerado no presente estudo. Entende-se que a análise bibliométrica dos dados bibliográficos é um método inicial para realizar a quantificação das ocorrências.

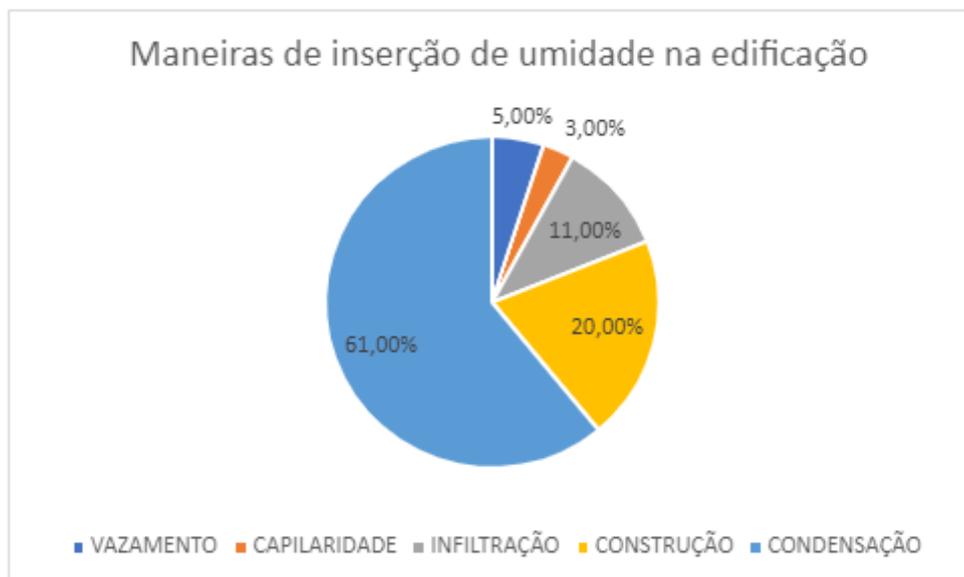
Figura 25 – análise bibliométrica destacando as diferentes maneiras de inserção da umidade nas edificações.



Fonte: os autores (2023).

Além da geração dos clusters, foi possível realizar a construção de gráficos a fim de analisar a proporção das palavras-chave mais citadas nos estudos, após o refinamento da pesquisa. Vale ressaltar que as palavras citadas aparecem nas publicações de maneiras simultâneas, o que corrobora para a análise quantitativa das diferentes maneiras de inserção da umidade nas edificações, seguindo o método de refinamento de pesquisa e análise bibliométrica. O gráfico 3 destaca a proporção encontrada entre os diferentes meios de inserção da umidade, de acordo com a literatura, após pesquisa refinada.

Gráfico 3 – análise quantitativa das diferentes maneiras de inserção da umidade nas edificações.



Fonte: os autores (2023).

4.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS DURANTE O LEVANTAMENTO DE CAMPO

Durante o estudo de campo, foram encontradas diversas manifestações patológicas no interior das bibliotecas da UFPE. Após o levantamento fotográfico e análise dos dados coletados, foi possível criar a tabela 1, correlacionando as manifestações encontradas em cada biblioteca, e as possíveis causas.

Tabela 1 – manifestações encontradas após levantamento de campo.

MANIFESTAÇÕES x BIBLIOTECAS		ASPECTOS OBSERVADOS	POSSÍVEIS CAUSAS
EMPOLAMENTO DE PINTURA	CTG; CFCH; CCS; CE; CB	É perceptível a formação de bolhas na superfície da película da pintura, de tamanhos variados	Infiltração
DESCASCAMENTO DE PINTURA	CTG; CFCH; CCS; CE; CB	Desprendimento da película de tinta da superfície de contato; fragilidade da película	Fragilidade da película devido ao empolamento; perda de aderência com a superfície de contato devido a umidificação da mesma
DETERIORAÇÃO DO REBOCO	CTG; CCS;	Desprendimento e esfarelamento da camada de reboco; percepção tátil da umidificação da camada de reboco; é perceptível a perda da resistência ao impacto nos pontos com deterioração	Infiltração; ascensão de umidade devido ao efeito da capilaridade; vazamento em instalação hidráulica
FISSURAS	CFCH; CCS; CB	Fissuramento da superfície; Manchas de umidade ao longo das fissuras	Vazamento em instalação hidráulica; infiltração; vedação ineficiente em janelas; percolação constante de água através de material poroso; retração e expansão dos materiais devido às variações constantes no teor de umidade
DESPLACAMENTO DE REVESTIMENTO CERÂMICO	CCS	Desprendimento de placas cerâmicas	Infiltração; expansão da argamassa de reboco devido à presença constante de umidade
MOFO	CTG; CCS; CB	Aparecimento de manchas escuras ou esverdeadas na superfície do material de revestimento	Presença constante de umidade; falta de ventilação no ambiente
SAPONIFICAÇÃO	CTG; CFCH; CCS; CE; CB	Aparecimento de manchas claras na superfície de pintura	Reação entre o cimento que compõe o reboco, a umidade e as substâncias da cal
EFLORESCÊNCIA	CCS; CFCH	Nota-se a presença de sais em forma de pó branco acumulados sobre a superfície do material	Presença constante de umidade na região afetada, presença de sais solúveis nos elementos que compõem a alvenaria
CRIFTOFLORESCÊNCIA	CCS	Presença de sais cristalizados no interior da alvenaria (perceptível	Presença constante de umidade na região afetada, presença de sais solúveis nos elementos que compõem a alvenaria

		após a deterioração do reboco)	
--	--	--------------------------------	--

Gráfico 4 – Manifestações patológicas encontradas nas bibliotecas da UFPE.

Quantidade de bibliotecas em que uma manifestação patológica foi identificada



Fonte: os autores (2023).

4.4. SOLUÇÕES APLICÁVEIS PARA A MITIGAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS REFERENTES À PRESENÇA DA UMIDADE

No que concerne à solução dos problemas abordados no presente estudo de caso, ressalta-se que esta pode ser preventiva, de modo que as ações mitigadoras são tomadas antes do surgimento do problema, e corretiva, no qual as ações mitigadoras são tomadas após o surgimento e identificação do problema. Vale destacar que tais soluções foram sugeridas levando em consideração a análise dos materiais de pesquisa encontrados na literatura.

Entende-se que o melhor caminho para diminuir a ocorrência de manifestações patológicas relacionadas à umidade que atingem o interior das edificações é encontrar meios que possam reduzir a inserção e permanência dessa umidade. No entanto, quando não é possível evitar a incidência do problema, deve-se combatê-lo com medidas corretivas. Seguem abaixo as possíveis soluções para a diminuição da inserção e subsistência da umidade no interior das edificações, além de algumas medidas de manutenção corretiva.

- i) **Solução para umidade devido a condensação** – para diminuir esse tipo de umidade, é de suma importância que o ambiente interno tenha uma ventilação adequada. Dito isto, um dos principais fatores que podem afetar a ventilação de um ambiente são as instalações das janelas, quanto a sua localização e até mesmo

formato. Um estudo realizado em prédios residenciais de Portugal apontou que para se obter uma ventilação ideal, no que diz respeito à circulação, deve-se optar pela ventilação cruzada (ventilação natural provocada por aberturas – portas ou janelas – presentes em paredes opostas ou adjacentes) (PINTO; VIEGAS; FREITAS, 2011).

- ii) **Solução para umidade devido ao efeito de capilaridade** – o agente ofensor das edificações no que concerne à umidade ascensional é a falta de impermeabilização da fundação. Portanto, uma das principais soluções preventivas quanto a inserção da água por capilaridade é a impermeabilização das vigas baldrame ou radier. Segundo o item 3 da NBR 9574 (ABNT, 2010), as soluções mais comuns para aplicar impermeabilização nos materiais que compõe a fundação são: aplicação de aditivo impermeabilizante ao concreto, aplicação de argamassa polimérica ou tinta asfáltica.

Outra solução também proposta na literatura é a aplicação da metodologia do corte hídrico (mais comum para edifícios históricos), que consiste na realização de um seccionamento da base de uma parede, a fim de preencher essa seção com aplicação de barreiras físicas (materiais impermeáveis) ou até mesmo química. Essa substituição criaria uma barreira contínua com a finalidade de cessar a ascensão capilar (DE FREITAS e GUIMARÃES, 2014).

- iii) **Umidade devido a infiltração** – esse tipo de umidade pode adentrar no ambiente através de diversas maneiras, sendo elas: ação das chuvas dirigidas (carregada pelo vento) na fachada dos edifícios, potencializada pela vedação ineficiente das janelas; goteiras através do telhado/forro e percolação da água através de materiais porosos que compõem as alvenarias de vedação. Portanto, as melhores soluções seriam investir na adequada impermeabilização da cobertura, vedação adequada das janelas e manutenção constante dos sistemas de instalações hidráulicas (CABRAL, 2022).
- iv) **Solução para umidade devido a vazamentos hidráulicos** – os vazamentos em instalações hidráulicas dizem respeito às perdas d'água através dos equipamentos e conexões hidráulicas. De acordo com dados da ANA/FIESP/SINDUSCON (2005), os vazamentos podem ser através de chuveiros, mictórios, bacias sanitárias ou torneiras, sendo o último item o que apresenta uma maior perda estimada, com cerca de 333 litros/dia (para torneira com filetes de \varnothing 4 mm). No entanto, para efeito de análise de vazamentos que possam afetar as estruturas de uma edificação, destaca-se os vazamentos através de registros e tubos de alimentação dos chuveiros, pois a água pode percolar através da parede, e eventualmente infiltrar na alvenaria (perda estimada de 0,86 litros/dia, cada). Portanto, a solução indicada neste caso, é investir

em produtos de qualidade para as instalações hidráulicas, além da mão de obra qualificada, a fim de evitar prejuízos futuros devido a vazamentos, além do gasto com a manutenção, que pode ser evitado com um bom planejamento da instalação do sistema.

- v) **Solução para umidade devido a fase construtiva** – neste caso, a presença da umidade é inevitável, pois diversas etapas da construção civil exigem a utilização da água, como por exemplo: produção de argamassa, cura do concreto, limpeza, etc. Entretanto, esse uso de água deve e pode ser controlado, com iniciativas de redução do consumo.

5. CONCLUSÃO

Diante do exposto, torna-se evidente que a presença e persistência de umidade nas edificações desempenham um papel preponderante no surgimento das manifestações patológicas abordadas neste estudo. A umidade é reconhecida como um fator intercessor crucial para a ocorrência dessas manifestações.

O estudo em questão destaca a importância das medidas mitigadoras, especialmente no contexto de manutenção preventiva, devido aos custos substancialmente menores que ela acarreta, em comparação com a manutenção corretiva. Com base nas informações apresentadas, é possível concluir que a abordagem adotada no estudo considera duas etapas fundamentais para a resolução dos problemas identificados: soluções preventivas e soluções corretivas. Essas soluções foram formuladas com base em uma análise comparativa entre o estudo de caso em questão e casos similares encontrados na literatura especializada (HANAUER, 2016).

Outrossim, percebe-se uma correlação entre essas manifestações patológicas, pois ambas se referem à danos causados às películas de pintura, ou seja, danos superficiais aos elementos construtivos. Em contrapartida, a manifestação patológica que menos apareceu após o levantamento de campo foi a criptoflorescência, sendo identificada em apenas uma das cinco bibliotecas investigadas. Dado de crucial importância, visto que tal manifestação patológica é responsável pela deterioração dos revestimentos, ou seja, afeta os elementos construtivos de maneira mais agravante.

Por meio da utilização do software vosviewer, foi conduzida uma análise bibliométrica abordando a temática em questão. Combinando os resultados dessa análise às informações coletadas por meio de pesquisas bibliográficas em várias bases de dados, pode-se admitir que os achados da análise bibliométrica sustentam as conclusões obtidas durante a pesquisa de campo, visto que, de forma predominante, o principal meio pelo qual a umidade adentra os ambientes internos de uma edificação é através da condensação da água. Com base na análise bibliométrica, o processo de condensação emerge como o mecanismo mais frequente para a introdução de umidade nos ambientes, sendo amplamente citado nas diversas pesquisas analisadas neste estudo. Ademais, o meio de condensação apresentou uma taxa de 61% de influência (gráfico 3).

Entende-se que a ventilação prejudicada nos ambientes corrobora para a permanência da água em forma de vapor, que posteriormente passa para o estado líquido, após sua diminuição de temperatura, atingindo a superfície dos elementos construtivos da edificação. Ademais, pode-se destacar algumas manifestações patológicas cuja principal causa é a presença de umidade no ambiente após a condensação da água, devido ao seu contato inicial ser na superfície externa do elemento construtivo, são elas: empolamento de pintura, descascamento

de pintura, saponificação e mofo, tendo as três primeiras uma aparição em 100% das bibliotecas investigadas, e a última sendo observada em 60% das bibliotecas.

No que diz respeito ao objeto de estudo com a maior prevalência de manifestações patológicas, destaca-se a Biblioteca do Centro de Ciências da Saúde (CCS). Foi possível identificar a presença de todas as manifestações patológicas abordadas neste estudo na referida biblioteca, totalizando 9 manifestações patológicas. Portanto, é factível afirmar que o ambiente da biblioteca estava mais propenso à entrada e retenção de umidade em seu interior, criando assim condições ideais para o surgimento das manifestações patológicas estudadas.

A proposta do presente estudo de caso se fundamenta na premissa de que, para minimizar o aparecimento de manifestações patológicas associadas à umidade, é de vital importância compreender a necessidade de identificar meios que reduzam as taxas de permanência de umidade nos ambientes. No entanto, ressalta-se que quando a prevenção não é viável e o problema já se manifestou, a aplicação de medidas corretivas se torna necessária. Por fim, destaca-se que as medidas de prevenção podem resultar em edificações mais duráveis, econômicas e seguras ao longo do tempo.

Portanto, é importante que haja uma continuidade nas pesquisas referentes às causas e efeitos da umidade na construção civil, visando mitigar o surgimento de manifestações patológicas. Trabalhos futuros podem ser realizados tendo como objetivo a análise da aplicação de novas soluções de mitigação do surgimento de manifestações patológicas relacionadas à presença da umidade.

REFERÊNCIAS

ANA/FIESP/SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso da água em edificações**. 2005.

Disponível em:

<https://smastr16.blob.core.windows.net/municipioverdeazul/2011/11/ManualConservacaoReusoAguaEdificacoes.pdf>. Acesso em 22 jan. 2023.

ARANTES, Yara K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 2007. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. ARUNDEL, Anthony V. et al. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. **Environmental health perspectives**, v. 65, p. 351-361, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10545-10. **Placas cerâmicas - parte 10: Determinação por umidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575. **Impermeabilização – seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASTM D714-02. **Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints**.

2009. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5911596/mod_resource/content/1/D714.5301%20grau%20de%20blistering%20ou%20empolamento.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

BAUER, Roberto José Falcão. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. **Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas**, v. 2, p. 321-33, 1997.

Disponível em: <https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/69-patologia-em-revestimento-de-argamassa-inorganica>. Acesso em: 18 mar. 2023.

BEATO SOBRINHO, Mario Marques. **Estudo da ocorrência de fungos e da permeabilidade em revestimentos de argamassa em habitações de interesse social estudo de caso na cidade de Pitangueiras/SP**. 2008.

CABRAL, Emmanoel; CARVALHO, João Victor; MARQUES, Luis Felipe. Manifestação de patologia causada pela infiltração em residência privada. **Projetos Integrados**, 2022.

CUNHA, E.; VAUPEL, Karin; LÜKING, R. Verificação da Formação de Mofo e Bolor em Superfícies Interiores de Paredes Exteriores Situadas na Zona Bioclimática 3 de acordo com a NBR 15220 e PNBR 02.136. 01. **Anais... São Paulo**, 2008.

BOLOR: O QUE É, CAUSAS, CARACTERÍSTICAS E COOMO EVITAR. **Thermomatic**, 2023. Disponível em: <https://www.thermomatic.com.br/fique-por-dentro/bolor.html>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CARTELASSI, E. M. Biodeterioração de revestimentos em habitação de interesse social. **Londrina: Universidade Estadual de Londrina/Engenharia Civil**, 2002.

CARVALHO, Yuri Mariano; PINTO, Vivian Gemiliano. **Panorama histórico do combate à umidade na Construção Civil: das paredes de adobe à aurora do Terceiro Milênio.** Revista Thema, v. 17, n. 1, p. 45-56, 2020.

CHAVES FILHO, Flávio. **Avaliação do custo de uma obra devido à falta de um planejamento adequado.** 2014.

COLIN, Silvio. **Técnicas construtivas do período colonial.** Postado em, v. 18, n. 06, 2010.

CONSOLI, Osmar João. **Análise da durabilidade dos componentes das fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico.** 2006.

DE AMARAL, Maria Aparecida de Nazaré et al. Manifestações patológicas na construção civil: trincas, fissuras e rachaduras em residência unifamiliar: estudo de caso: Pathological manifestations in civil conflict: cracks, cracks and cracks in single-family residence: case study. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 73002-73018, 2022.

DE FREITAS, Vasco Peixoto; GUIMARÃES, Ana Sofia. Tratamento da umidade ascensional no património histórico. **Revista ALCONPAT**, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2014.

DE MORAES PINHEIRO, Sayonara Maria; RIBAS SILVA, M. Alteration of concrete microstructure by biodeterioration mechanisms. In: **Proceeding of conference on Microbial Impact on Building Materials.** 2003. p. 48-57.

DE SITTER, W. R. **Costs of service life optimization "The Law of Fives"**. In: CEB-RILEM Workshop on Durability of Concrete Structures (Copenhagen, Denmark, May 18-20, 1983). Comité Euro-International du Béton, 1984. p. 131-134.

DE SOUZA, Marcos Ferreira. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. **Monografia (Especialização em Construção Civil: Avaliações e Perícias), Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.**

DOS SANTOS, AL MARINHO et al. Análise De Métodos De Reparo Dos Danos Ocasionados Pela Infiltração Por Capilaridade Em Alvenarias. In: **Congresso Brasileiro de Patologias das Construções. Fortaleza.** 2020.

ENCUNHAMENTO DE ALVENARIA: EVITE FISSURAS. **Engesette**, 2021. Disponível em:
<https://engesette.com.br/encunhamento/#:~:text=O%20encunhamento%20corresponde%20ao%20preenchimento,dois%20elementos%20de%20comportamentos%20diferentes>. Acesso em 23 out. 2022.

GASPAR, Pedro; BRITO, Jorge de. Modelo de degradação de rebocos. **Revista Engenharia Civil**, v. 24, p. 17-27, 2005.

GORINI, Ana Paula Fontenelle; CORREA, Abidack Raposo. **Cerâmica para revestimentos.** 1999.

GRANATO, André Facchini. **Tecnologias inovadoras para inspeção de fachadas de edifícios revestidas com argamassa: fotogrametria aplicada a imagens captadas com drones semiautônomos.** 2021.

GRASEL, Alessandra Laís. **Análise da expansão por umidade em placas cerâmicas de revestimento.** 2017.

GUIDELINES FOR INDOOR AIR QUALITY: DAMPNES AND MOULD. WHO, 2009. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PxB8UUHihWgC&oi=fnd&pg=P#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 19 mar. 2023.

HEMMES, J. H.; WINKLER, K. C.; KOOL, S. M. Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 28, p. 221-233, 1962.

HISTÓRIA DAS TINTAS. ABRAFATI, 2023. Disponível em: <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/historia-das-tintas/#:~:text=As%20primeiras%20tintas%20foram%20criadas,e%20torn%C3%A1%20Dla%20mais%20dur%C3%A1vel>. Acesso em: 11 jan. 2023.

MONTECIELO, Janaina; EDLER, Marco Antônio Ribeiro. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. **XXI Seminário Interinstitucional de Ensino**, 2016.

FREITAS, Pedro Henrique Alves et al. Patologias por umidade: causas e consequências da formação de eflorescência nas edificações Pathologies caused by moisture: causes and consequences of efflorescence formation in buildings. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 6, p. 46780-46794, 2022.

GÜNTHER, H.. **Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?**. Psicologia: Teoria e Pesquisa, v. 22, n. 2, p. 201–209, maio 2006.

HANAUER, Davi de Andrade. **Análise de manifestações patológicas provenientes da umidade através de estudo de caso em Boa Vista do Buricá/RS.** 2016.

LAGE, Adriana Duarte Brina et al. Patologias associadas à umidade soluções ao caso concreto. 2012.

LAMBERTS, R. et al. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CTC - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES DISCIPLINA: ECV 5161 DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf. Acesso em: 14 nov. 2022.

LIMA, M.; FERRAZ, T. **ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS RECORRENTES EM ALVENARIA ESTRUTURAL -ANÁLISE DE UMA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL COM MAIS DE 10 PAVIMENTOS.** PUCGOIAS. 2023.

MACEDO, José Vitor et al. Manifestações patológicas causadas pela umidade devido à falha ou ausência de impermeabilização: estudo de caso. In: **CONPAR-Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, Recife.** 2017.

OLIVATTO, Caio Augusto. **Tratamento de estruturas de concreto: opções para o aumento da vida útil do concreto aparente no pós-obra.**2012.

OLIVEIRA, Larissa da Silva; RIBEIRO, Odara da Conceição; ALMEIDA, Renata Gomes de. Revestimento cerâmico em fachadas: estudo da causa da patologia deslocamento. 2022.

PAULA, Jean Marlo Pepino de. Infraestrutura de pesquisa voltada para a indústria da construção civil. 2016.

PEREIRA SILVA, Lucas Henrique; ROBERTA TAMASHIRO, Jacqueline; ALEXANDRA ANTUNES, Patrícia. IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS EM UNIDADE EDUCACIONAL PÚBLICA DE PRESIDENTE EPITÁCIO, SP. In: **Colloquium Exactarum**. 2020.

PINSKY, Jaime. **As primeiras civilizações**. Editora Contexto, 2005.

POLITO, Giulliano. Principais sistemas de pinturas e suas patologias. **Minas Gerais: Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais**, 2006.

POSSER, Natália Dilda. **Proporcionamento de argamassas para reboco de recuperação**. 2004.

PINTO, Manuel; VIEGAS, João; DE FREITAS, V. P. Air permeability measurements of dwellings and building components in Portugal. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2480-2489, 2011.

PROBLEMAS DE PINTURA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Guideengenharia**, 2018. Disponível em: <https://guideengenharia.com.br/problemas-de-pintura-na-construcao-civil/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

QUAL É O PERCENTUAL DE UMIDADE NA MINHA CIDADE? QUAL É A UMIDADE IDEAL?. **Thermomatic**, 2020. Disponível em: <https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/a-umidade-num-pais-quente-fica-perto-do-ideal-ou-muito-longe-disso-quais-as-consequencias-disso.html#:~:text=J%C3%A1%20as%20regi%C3%B5es%20Sul%2C%20Sudeste,%C3%BA%20por%20causa%20da%20maresia>. Acesso em: 19 mar. 2023.

QUERUZ, Francisco et al. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. 2007.

ROSCOE, Márcia Taveira. Patologias em revestimento cerâmico de fachada. **Monografia de Conclusão de Curso de Especialização em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte**, 2008. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12524045/patologias-em-revestimento-ceramico-de-fachada-cecc-ufmg>. Acesso em 02 nov. 2022.

ROWAN, Neil J. et al. Prediction of toxigenic fungal growth in buildings by using a novel modelling system. **Applied and environmental microbiology**, v. 65, n. 11, p. 4814-4821, 1999.

SAIBA COMO IDENTIFICAR E CORRIGIR PROBLEMAS COM A PINTURA DE PAREDE. **Condor**, 2018. Disponível em: <https://condor.ind.br/blog/pintura-imobiliaria/saiba-como-identificar-e-corrigir-problemas-com-a-pintura-de-parede.html>. Acesso em: 08 nov. 2023.

SANTOS, Karolyne Santana dos. **Análise das condições de desenvolvimento de fungos em edificações-uma revisão da literatura**. 2021.

SANTOS, Pedro Felipe Cavalcanti dos. **Microclimas urbanos na cidade do Recife-PE: proposta de zoneamento sob o enfoque do conforto térmico**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

SCHAFFER, F. L.; SOERGEL, M. E.; STRAUBE, D. C. Survival of airborne influenza virus: effects of propagating host, relative humidity, and composition of spray fluids. **Archives of virology**, v. 51, p. 263-273, 1976.

SILVA, F. L. Manifestações patológicas causadas pela ausência ou falha de impermeabilização. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 01, n. 11, p. 76-95, 5 nov. 2018.

SILVA, JOÃO P. R. **Análise e identificação de anomalias em revestimentos de reboco de um conjunto de edifícios na cidade de Uberlândia, e proposição de novas argamassas com vista à sua recuperação**. UFU. 2018.

SOUSA, Raísa F. **Inovações Tecnológicas na Construção Civil**. UFBA. 2015.

SOUSA, Vitor; PEREIRA, Fernando Dias; BRITO, Jorge de. Rebocos tradicionais: principais causas de degradação. **Engenharia Civil**, n. 23, p. 5-18, 2005.

SOUZA, Wendson de Oliveira et al. A realidade aumentada na apresentação de produtos cartográficos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, p. 790-806, 2016.

TRÊS MIL ANOS DE ESTUDO: A HISTÓRIA DA PATOLOGIA. **Sociedade Brasileira de Patologia**, 2016. Disponível em: <https://www.sbp.org.br/tres-mil-anos-de-estudo-a-historia-da-patologia/#:~:text=A%20palavra%20patologia%20tem%20sua,identificando%20suas%20causas%20e%20efeitos>. Acesso em 27 out. 2022.

VEDACIT. Impermeabilização de estruturas. Manual técnico, 6º edição. 2021.

VERDUCH, Antônio García; SOLANA, Vicente Sans. Formação de eflorescências na superfície dos tijolos. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 5, p. 38-46, 2000.

VIVEIROS, Mariana de. Impermeabilização corretiva custa até quatro vezes mais que a preventiva. **AECweb**, 2013. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/impermeabilizacao-corretiva-custa-ate-quatro-vezes-mais-que-a-preventiva/7991>. Acesso em: 17 dez. 2022.

**APÊNDICE A – LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NA BIBLIOTECA DO CENTRO DE
BIOCIÊNCIAS (CTG)**

Figura A-1 – deterioração do reboco de um pilar.



Figura A-2 – fungo e empolamento de pintura próximos a janela e no teto.



Figura A-3 – descascamento de pintura no teto.



Figura A-4 – empolamento e descascamento de pintura na parede, próximos ao rodapé.



Figura A-5 – saponificação no teto.



**APÊNDICE B – LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NA BIBLIOTECA DO CENTRO DE
BIOCIÊNCIAS (CFCH)**

Figura B-1– saponificação e fissura próximas a janelas.



Figura B-2– eflorescência em parede.



Figura B-3– descascamento e empolamento de pintura.



**APÊNDICE C – LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NA BIBLIOTECA DO CENTRO DE
BIOCIÊNCIAS (CCS)**

Figura C-1 - deterioração do reboco próximo ao piso.



Figura C-2 – deslocamento de revestimento cerâmico no piso.



Figura C-3 - presença de saponificação e mofo no teto.



Figura C-4 – empolamento e descascamento de pintura no teto.



Figura C-5 – empolamento e descascamento de pintura no teto.



Figura C-6 - presença de saponificação e mofo no teto.



**APÊNDICE D – LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NA BIBLIOTECA DO CENTRO DE
BIOCIÊNCIAS (CE)**

Figura D-1 – saponificação, mofo, e empolamento de pintura no teto e parede.



Figura D-2 – descascamento de pintura no teto.



**APÊNDICE E – LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NA BIBLIOTECA DO CENTRO DE
BIOCIÊNCIAS (CB)**

Figura E-1 - presença de saponificação na parede.



Figura E-2 - presença de saponificação próxima a janelas.

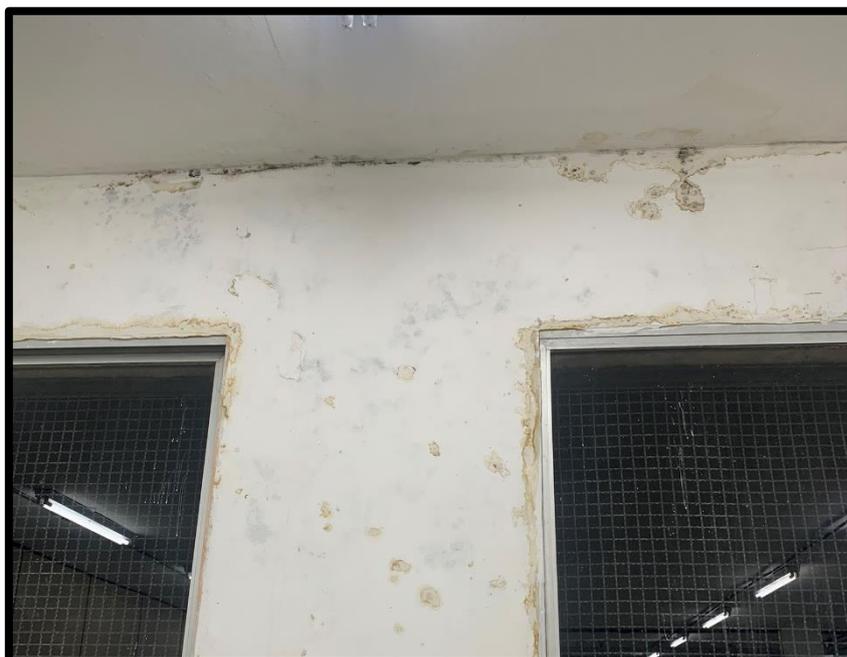


Figura E-3 - presença de saponificação próxima a janelas e rodapé.



Figura E-4 - presença de fissura no teto.

