



PATOLOGIAS OCORRIDAS EM LAJES MACIÇAS: ESTUDO DE CASO, RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM SETE LAGOAS - MG

Christian Carvalho, Leonardo Pereira, Tainara Alves¹

Professora Orientadora: Sheila Leal

Coordenação de Curso de Engenharia Civil

Resumo

Esta pesquisa consiste em um estudo de caso que aborda as patologias encontradas em lajes maciças. Essas manifestações são anomalias que podem comprometer a segurança dos usuários e a durabilidade da construção, as mais comuns são infiltrações e fissuras, que podem causar deterioração nas lajes e comprometer a estrutura da edificação. A pesquisa tem o propósito de estudar os sintomas através de inspeções visuais e determinar os fatores que contribuem para o surgimento de patologias em lajes maciças de uma residência unifamiliar na cidade de Sete Lagoas-MG, além de propor um tratamento adequado e medidas preventivas para a ocorrência, com o objetivo de prolongar a vida útil da estrutura e garantir a segurança e qualidade para os usuários. Os resultados obtidos revelam que a infiltração é a manifestação patológica mais significativa na laje maciça. Uma vez que o telhado apresenta alguns pontos de vulnerabilidade quando exposto a chuvas e a falta de medidas de impermeabilização acentuaram a patologia em questão. Com base nos resultados adquiridos através de vistorias visuais, é possível estabelecer medidas de correção e prevenção para resolver as patologias identificadas. Recomenda-se a aplicação de sistemas de impermeabilização adequados, a fim de evitar a infiltração de água e prevenir danos e como medidas preventivas realização de inspeções periódicas. Em conclusão, este estudo de caso destaca que apesar de muito resistente o concreto armado sendo exposto as ações do tempo carece de inspeções técnicas e após diagnóstico é necessário tratamento das patologias o quanto antes para evitar o comprometimento da estrutura.

¹ Alunos do 10º período do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNA de Sete lagoas

Palavras-chave: Patologias. Lajes maciças. Infiltrações. Fissuras. Impermeabilização.

1. INTRODUÇÃO

As lajes maciças são elementos estruturais fundamentais na construção civil, sendo utilizadas principalmente como pisos e coberturas em geral. Constituídas por concreto armado, podem apresentar diferentes espessuras e formatos, dependendo da aplicação e das cargas que deverão suportar. A importância das lajes se deve ao fato de que elas têm como função distribuir as cargas das edificações para as vigas que transmitem as cargas aos pilares e, em seguida o carregamento é transferido para as fundações. Este é o modelo estrutural básico das edificações, garantindo a estabilidade e a segurança da construção como um todo. As lajes maciças são constituídas por placas de espessura uniforme em toda a sua extensão. Os apoios podem ser compostos por vigas ou alvenarias, sendo esse o tipo de laje mais comumente utilizado em edifícios residenciais, especialmente em vãos de dimensões reduzidas (Amaral e Silva 2019).

Como qualquer estrutura composta de concreto e aço a quem se atribui resistir primeiro aos esforços de compressão e segundo ao esforço de tração está propícia a incidência dos agentes causadores das manifestações patológicas por diversos fatores, como agressões ambientais, falhas de execução, qualidade de material e ausência de manutenções (ARIVABENE, 2015).

Segundo Ripper e Souza (1998), previamente à correção de uma patologia, é necessária a investigação sobre sua origem. A apresentação de algum tipo de problema ou defeito na estrutura de uma edificação evidencia uma falha em alguma etapa do processo construtivo, seja no sistema empregado ou materiais utilizados, falta de preparo da equipe, déficits de fiscalização do empreendimento, falta de manutenção, desconhecimento dos fatores naturais influenciadores. É fundamental que um diagnóstico preciso identifique a etapa do processo construtivo que originou o problema, a fim de que o tratamento seja efetivo.

As patologias construtivas são problemas comuns na construção civil e podem incluir diversas manifestações, como umidades, trincas, fissuras e descolamento de revestimentos. Existem classificações variadas e diferentes níveis de gravidade, exigindo medidas que podem ir desde procedimentos menos invasivos até investimentos financeiros significativos (ALVES; FONSECA, 2022).

Por isso, estudar as formas de manifestações, sua origem e causa das falhas que podem afetar as estruturas é fundamental para garantir a durabilidade e a segurança estrutural das

edificações. O diagnóstico preciso e abrangente esclarece todos os aspectos do problema, fornecendo as tratativas necessárias, ou seja, correção e solução, a fim de evitar que a estrutura atinja seu estado limite último, garantindo a conservação e o bom funcionamento durante a sua vida útil. Nesse contexto, tem-se como objetivo analisar os principais agentes causadores das patologias encontradas na laje maciça de uma edificação residencial em Sete lagoas - MG, visando avaliar sua origem, propor métodos de correção e medidas preventivas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Lajes Maciças

As lajes maciças são aquelas que possuem a espessura recoberta por concreto, apoiadas por vigas ou paredes ao longo das bordas. Além disso, contém armaduras longitudinais de flexão e armaduras transversais. Elas podem ser de concreto armado ou concreto protendido, podendo ser utilizadas em diferentes tipos de construções como edifícios residenciais, comerciais, escadas, reservatórios, edifícios de grande porte, pontes, entre outros (BASTOS, 2021).

As lajes ou placas, que constituem usualmente os pisos de edifícios de concreto armado, são elementos horizontais, planos e bidimensionais, logo, possuem espessura ou terceira dimensão muito menor que as duas demais dimensões, que são denominadas como largura e comprimento (LIBÂNIO *et al.* 2003).

A função principal das lajes é receber as cargas necessárias para a construção (pessoas, equipamentos, máquinas, paredes, veículos, etc) e transferi-las para as vigas, e na sequência para os pilares, até que a carga seja distribuída por todos os materiais que desempenham funções estruturais (SANTOS; AMARAL, 2012; BASTOS, 2015).

As lajes variam conforme a tipologia da edificação, levando em consideração aspectos relacionados aos vãos, como por exemplo, a relação entre dimensionamento espacial e estrutura resistente (SANTOS, 2000).

Além disso as lajes maciças apresentam vantagens como:

Resistência estrutural: As lajes maciças, feitas de concreto armado, possuem alta capacidade de suportar cargas e resistir a esforços, o que as torna adequadas para aplicações em pisos e coberturas de edificações. (Amaral, M., & da Silva, D. 2019).

Durabilidade: O concreto armado utilizado nas lajes maciças é conhecido por sua durabilidade em longo prazo, desde que seja devidamente dimensionado e executado. (Figueiredo, A. D. 2016).

Em contrapartida, as lajes maciças apresentam desvantagens como:

Peso próprio: As lajes maciças podem ser bastante pesadas, o que pode exigir cálculos cuidadosos de carga e dimensionamento adequado das estruturas de suporte (Prado, R. C. M., & Lima, E. G. 2017)

Limitações de vãos livres: Devido à sua natureza maciça, as lajes têm limitações quanto aos vãos livres que podem ser alcançados sem o uso de suportes intermediários, como vigas ou pilares, o que pode impactar a flexibilidade do projeto arquitetônico (Valente, I. G. 2015).

A Figura 1 ilustra a execução de uma laje maciça na construção civil como exemplo prático do processo.

Figura 1- Processo de execução de uma laje maciça



Fonte: <https://www.engemix.com.br/o-que-e-laje-macica-de-concreto-e-quais-suas-vantagens-engemix/>

Estas estruturas estão sujeitas às deteriorações por erros durante a concepção de projeto, execução, também por estarem expostas às intempéries e agressão do meio, sendo que essas patologias podem ter consequências estéticas ou estruturais.

2.2 Patologias

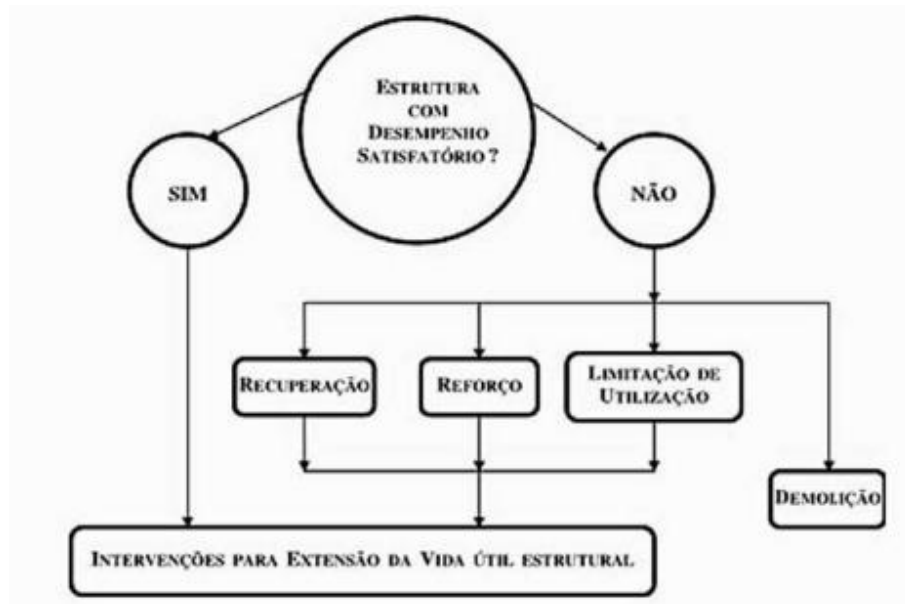
Indubitavelmente, a patologia é classificada como algo que foge de sua normalidade. Diante desta classificação, é possível correlacionar esse termo dentro da engenharia civil. Vitorio (2003) lembra que as obras de engenharia podem “nascer” e desenvolver problemas assim como nós, seres humanos, ficando suscetíveis a acidentes e à piores condições ao passar dos anos.

Os problemas patológicos em edificações surgem devido a uma combinação de vários fatores, que frequentemente resultam em anomalias na estrutura. Essas anomalias podem ser atribuídas a uma série de causas interligadas, que se manifestam ao longo do tempo e comprometem a integridade da edificação. O conhecimento dessas causas é extremamente relevante, pois é necessário entender de forma precisa o diagnóstico de uma anomalia em uma estrutura, a fim de tomar medidas apropriadas diante dessa situação. Isso permite uma intervenção eficiente, proporcionando uma recuperação adequada ao tipo de problema apresentado. As manifestações patológicas surgem de falhas que ocorrem durante a execução de uma ou mais atividades no processo da construção civil. (TUTIKIAN e PACHECO, 2013).

Dal Molin (1988) também ressalta que a má utilização e falta manutenção de uma edificação por parte dos usuários também atribui com o aparecimento de patologias, reduzindo sua vida útil.

No que tange a vida útil x durabilidade registra-se o posicionamento de Ripper e Souza (1998), onde eles relatam que é indispensável a comparação destes dois conceitos, pois uma construção durável está diretamente relacionada com procedimentos realizados na estrutura. Eles também explicam na Figura 2 que nem sempre é possível a recuperação da estrutura, algumas vezes sendo necessário sua demolição.

Figura 2 – Propostas para a reconversão de estruturas com desempenho satisfatório.



Fonte: Ripper e Souza (1998).

As lajes são elementos estruturais fundamentais em edificações, e ao longo do tempo, podem ser afetadas por diversas patologias que comprometem sua integridade e desempenho.

2.3 Principais Patologias em Lajes

O estudo das patologias na construção civil refere-se à identificação de anomalias, das causas, consequências, dos métodos e técnicas de reparo em construções que apresentam defeitos (LANZINHA; CASTRO-GOMES, 2002; GONZALES *et al.* 2020). Para se chegar a um diagnóstico é necessário analisar se há variações de intensidade e verificar a forma de manifestação, para então se chegar à conclusão da natureza, origem e mecanismos desses fenômenos. As etiologias mais comuns das patologias são: excesso de carga, variações térmicas e de umidade, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, má utilização, falha de projeto, falha de execução, dentre outros (ERAT, *et al.* 2016; GONZALES *et al.* 2020).

Diferentes manifestações patológicas podem acometer uma construção, conforme a tabela 1 é possível visualizar quais os principais tipos, como se manifestam, porque e como corrigir.

Tabela 1 – Informações sobre as principais patologias em lajes maciças.

PATOLOGIAS	O que é	Principais causas	Principais formas de correção
Fissuras, trincas e/ou rachaduras	São aberturas no revestimento, a sua classificação varia conforme a espessura	Processo de cura inadequado, contaminação de material, erro no traço, acomodação estrutural, etc.	Em casos mais simples são resolvidas facilmente pela aplicação de produtos elastoméricos, em casos mais complexos é preciso atuar na estrutura do elemento.
Delaminação	Separação das camadas de concreto causada pela falta de aderência	Polimento precoce do piso, que sela o concreto e impede a passagem da água de exsudação	Os reparos são executados ao picotar a superfície, lavar o substrato e, em seguida, preencher com epóxi ou argamassa de alta resistência.
Carbonatação	Processo de penetração do dióxido de carbono (CO ₂) no concreto, diminuindo o pH e comprometendo a proteção das armaduras contra a corrosão.	Ocorre devido a facilidade da entrada de CO ₂ em estrutura fissuradas	Utilizar do processo de realcalinização, que basicamente se trata do restabelecimento da alcalinidade do concreto através da elevação do seu pH
Corrosão das armaduras	A corrosão das armaduras resulta na redução da seção do aço, convertendo-o completamente em óxidos. Esse processo pode levar à fissuração ou delaminação do concreto devido às pressões de expansão exercidas pela armadura.	Exposição a agentes agressivos, como umidade e cloretos.	Para recuperar a estrutura deverá ser considerado o nível de comprometimento das peças, o tipo e a profundidade da contaminação.
Infiltração	Infiltração é a presença de umidade indesejável em uma superfície de concreto, ou outro material	Decorrente de processos de impermeabilização insuficientes, ou ausentes, e da presença de trincas	Realizar a impermeabilização efetiva da superfície, verificar a presença de fissuras, trincas ou rachaduras, verificar a vedação do telhado

Bolor	Se dá pela presença de fungos e organismos que proliferam em ambientes úmidos	Umidade, baixa ventilação	Realizar impermeabilização efetiva, aplicação de produtos antimofos, etc.
Bolhas	Surgimento de bolhas no acabamento da pintura	Tintura aplicada sobre superfície suja, presença de umidade	Remover o revestimento, impermeabilizar, realizar a limpeza adequada da superfície aplicação de novo revestimento.
Eflorescência e saponificação	Manchas esbranquiçadas, sendo que a saponificação é a evolução da eflorescência, neste caso o aspecto das manchas aparenta aspecto pegajoso e áspero	Umidade e presença de substâncias alcalinas na parede	Realizar impermeabilização, remover o revestimento danificado e aplicar novamente com devida preparação da superfície.
Descascamento	Presença de elementos do revestimento soltos	Preparação inadequada da superfície e presença de umidade	Necessário corrigir a fonte de umidade, remover o revestimento danificado e aplicar novamente com devida preparação da superfície.

Fonte: Ripper e Souza, (1998) adaptado.

Após identificar previamente as patologias existentes em uma estrutura, é crucial realizar um diagnóstico detalhado para compreender sua natureza e causas subjacentes, de modo a realizar ações efetivas para sanar, ou pelo menos mitigar, as manifestações efetivas (Castro et al., 2018).

2.4 Diagnóstico de Patologias

Segundo GONÇALVES, Roberto de Freitas (2012) O diagnóstico de patologias em estruturas é um processo que envolve a identificação, análise e avaliação de anomalias, defeitos ou deteriorações que afetam a integridade, desempenho ou segurança de uma construção. É uma etapa fundamental para compreender as causas e os efeitos dessas patologias, permitindo a adoção de medidas corretivas e preventivas adequadas. Baseando também em normas como a ABNT NBR 15575/2022, também conhecida como Norma de Desempenho é utilizada como base para o diagnóstico de patologias em estruturas, uma vez

que define parâmetros e critérios que devem ser avaliados durante o processo de identificação, análise e avaliação das anomalias, defeitos ou deteriorações presentes na construção.

A Norma ABNT NBR 15575/2022 Norma de Desempenho, é uma norma técnica brasileira que estabelece os requisitos mínimos de desempenho para edificações habitacionais. Ela foi desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e tem como objetivo garantir a qualidade, segurança e conforto dos imóveis residenciais.

A ABNT NBR 15575/2022 Norma de Desempenho estabelece critérios e parâmetros para diversos aspectos relacionados ao desempenho das edificações, incluindo resistência estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, isolamento térmico, isolamento acústico, durabilidade, entre outros.

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575/2022 é aplicável a edificações residenciais de até cinco pavimentos, abrangendo casas, apartamentos, edifícios multifamiliares, entre outros (ABNT, 2022). Embora não seja uma norma obrigatória em todos os estados brasileiros, o seu cumprimento é amplamente recomendado e adotado pela indústria da construção civil como uma importante referência técnica para projetos, execução e avaliação de edificações habitacionais (ABNT, 2022).

A Norma ABNT NBR 6118/2014 Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento é uma norma brasileira que estabelece os requisitos e critérios para o projeto de estruturas de concreto, abrangendo diversos aspectos relacionados à concepção, dimensionamento e execução dessas estruturas.

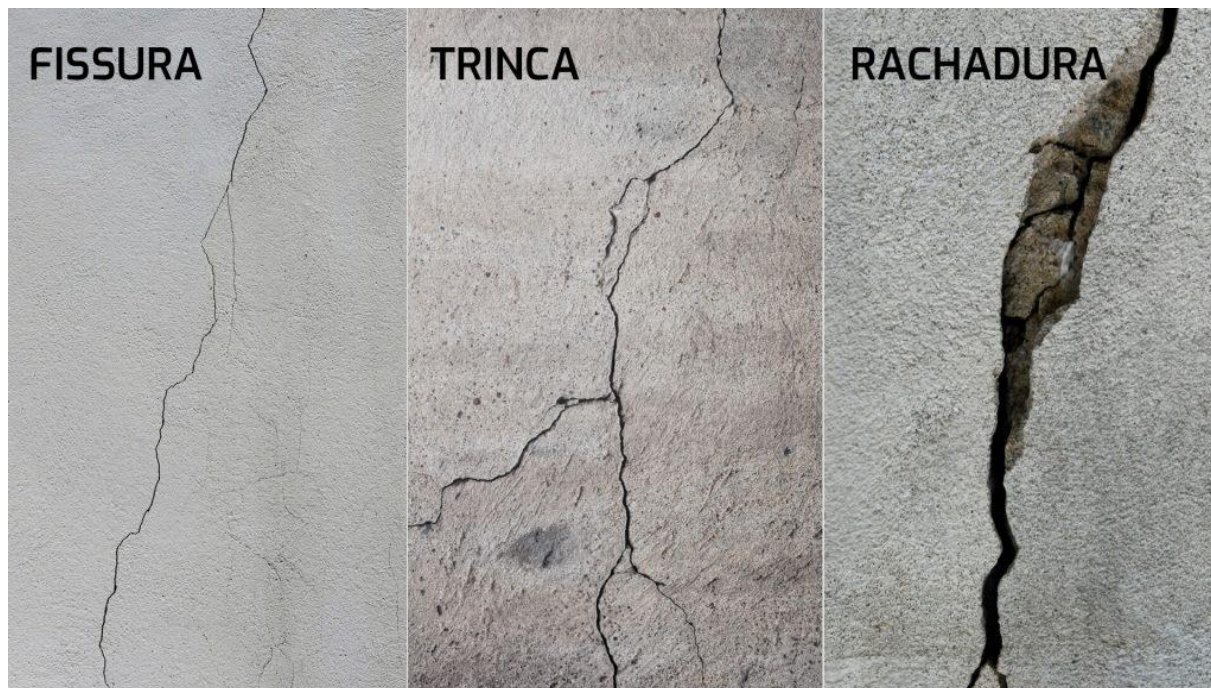
Embora a Norma ABNT NBR 6118/2014 Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento não trate especificamente de patologias em estruturas, ela fornece diretrizes e parâmetros fundamentais para o projeto de estruturas de concreto que visam garantir a sua durabilidade e segurança. Ao seguir as prescrições dessa norma durante o processo de projeto e execução, busca-se minimizar a ocorrência de patologias em elementos estruturais de concreto. Ela desempenha um papel fundamental na prevenção de problemas como fissuras, trincas e rachaduras. Essas manifestações são comuns e podem comprometer tanto a estética quanto a integridade estrutural de uma construção.

2.4.1 Fissuras, trincas e/ou rachaduras

A NBR 9575/2010 Impermeabilização - Seleção e Projeto caracteriza como fissura no substrato a abertura que é ocasionada por deformações ou deslocamentos, que podem ser decorrentes de variações térmicas ou estruturais. Sua classificação pode ser estática, ou

dinâmica, e a nomenclatura varia de acordo com a amplitude da abertura, como é demonstrada abaixo Figura 3:

Figura 3 – Fissuras, trincas e rachaduras na face da parede



Fonte: Fonte: <https://www.dallminas.com.br/fissuras-trincas-e-rachaduras/>

- Fissura: abertura igual ou inferior a 0,5mm;
- Trinca: abertura superior a 0,5mm e igual ou inferior do que 1mm;
- Rachadura: abertura superior a 1mm.

É importante tratar as fissuras, trincas e rachaduras adequadamente, prevenindo a entrada de água e evitando futuras infiltrações.

2.4.2 Infiltrações

As infiltrações são o resultado da penetração de água no substrato. É possível identificar um local com infiltração ao perceber manchas escuras na superfície da estrutura, o substrato é frequentemente frio e úmido, quanto menor a incidência de sol e ventilação, mais propenso o ambiente estará para ocorrência das infiltrações (SOUZA E RIPPER, 1998). A Figura 4 representa um exemplo de edificação afetada por problemas de infiltração.

Figura 4- Edificação afetada por infiltração.



Fonte: Autores (2023).

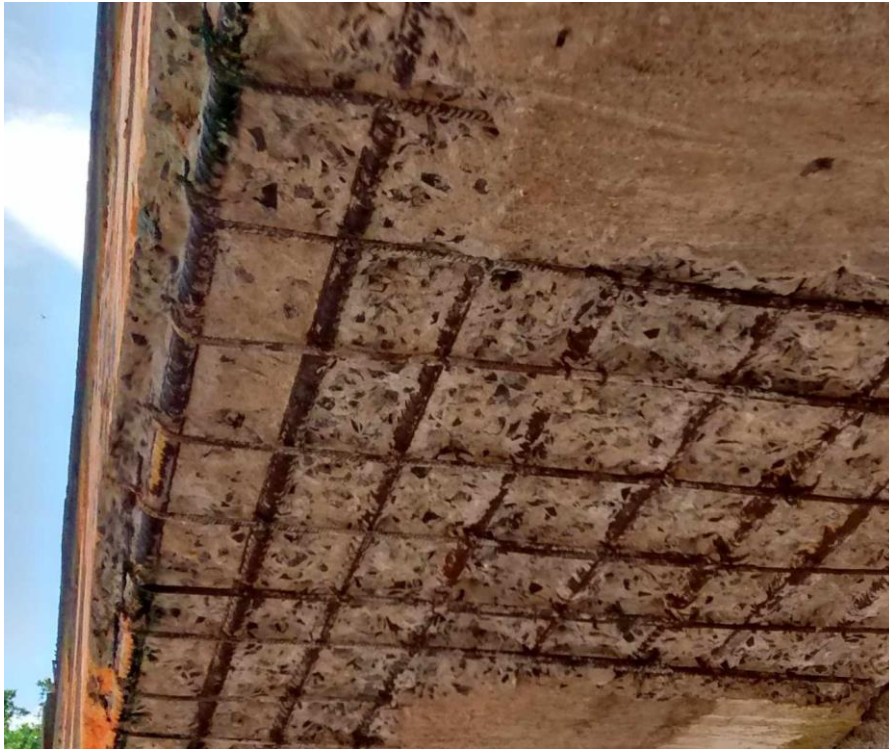
De fato, é possível constatar que as patologias construtivas podem ser bastante graves na construção civil, e uma das manifestações mais comuns é a umidade. Segundo Vitório (2003), pesquisas realizadas no Brasil mostraram que esse tipo de problema pode afetar até 50% das edificações. Há diversas origens para a umidade, que pode ser causada pela absorção de água do solo pelas fundações, pela condensação do vapor de água em superfícies ou no interior das edificações, por vazamentos em tubulações de água ou esgoto, ou ainda pela infiltração de água da chuva através das fachadas e coberturas dos edifícios. É fundamental que sejam realizados diagnósticos precisos para identificar a etapa do processo construtivo que originou o problema, de modo que o tratamento escolhido seja o mais efetivo possível. Existem diversas classificações para as patologias construtivas, e os níveis de gravidade variam bastante, exigindo medidas que podem ir desde procedimentos menos invasivos até investimentos financeiros significativos. Além da infiltração outras patologias comumente encontradas são a corrosão e oxidação das armaduras.

2.4.3 Corrosão/Oxidação nas Armaduras

Segundo Souza e Ripper (1998) a corrosão é a reação dos óxidos presentes no ferro e no aço, materiais amplamente empregados para executar funções estruturais na construção civil. Devido a alguns minerais presentes na água, quando em contato com a armação da

estrutura, a ocorre a oxidação e então o aço expande, com a alteração deste aspecto ele perde o desempenho e a vida útil esperada, danifica toda a camada de concreto que o recobria e por fim, acarreta o descascamento do reboco, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 – Manifestação da Corrosão da armadura de laje e viga inspecionada visualmente



Fonte: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recuperacao-de-estruturas>

Além dos danos causados pela corrosão, a presença de minerais na água também pode resultar em outros problemas, como manchas e eflorescências nas estruturas de concreto.

2.4.4 Manchas e eflorescência

Oliveira (2019) afirma que as manchas podem ser indício de oxidação nas armaduras. A consequência provocada por infiltrações pode causar manchas em qualquer local mal impermeabilizado. Normalmente aparecem em paredes e tetos, aparecendo constantemente em tempos chuvosos. Oliveira (2019) também afirma que a eflorescência surge com aparência esbranquiçada à superfície da pintura ou reboco e é composta de sais nas superfícies das paredes, transferido de seu interior pela umidade, conforme demonstram respectivamente as Figuras 6A e 6B a seguir.

Figuras 6A e 6B – Deterioração por ações químicas e eflorescência



Fonte: Material didático UNA (2023).

A importância da prevenção e correção dessas patologias reside no fato de que elas podem afetar não apenas a aparência estética das estruturas, mas também comprometer sua segurança e durabilidade (Helene, 2010) .

2.5 Prevenção e Correção de Patologias

A prevenção dos eventos patológicos se dá desde a concepção correta do projeto, execução da estrutura por mão de obra qualificada, até a escolha de materiais de qualidade, devido ao teor de sais minerais em sua composição, e principalmente a correta execução da impermeabilização, a fim de garantir estanqueidade para as estruturas (SILVA, I; 2011). É possível obter orientações relevantes sobre o uso, conservação, execução e interação entre os materiais de construção nas recomendações de utilização propostas pelos fabricantes e na norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), para a prevenção de eventos patológicos em estruturas.

A NBR 5674/2012 Manutenção de Edificações - Procedimento orienta sobre a manutenção das edificações, no caso da preventiva, o objetivo é aumentar a durabilidade dos sistemas prevendo a depreciação dos componentes, incluindo o sistema de impermeabilização. Já a manutenção corretiva, ocorre em caráter de urgência onde é preciso realizar intervenção imediata para correção de problemas.

O acompanhamento e planejamento das manutenções preventivas, incluindo a adequada impermeabilização, são pontos primordiais para evitar o surgimento de problemas nas construções.

2.5.1 Impermeabilização

Além do cuidado com a manutenção preventiva para conservação da vida útil dos elementos, é possível notar que um fator comum entre as patologias é a presença de umidade. O principal objetivo de projetar e executar a impermeabilização é proteger os elementos e os componentes da estrutura da ação de agentes externos, como por exemplo a ação de intempéries, presença de umidade e a agressividade do ambiente (Mehta & Monteiro, 2014).

A NBR 9575/2010 Impermeabilização - Seleção e Projeto aborda os processos de impermeabilização partindo desde o estudo preliminar, projeto básico e executivo e serviços complementares, evidenciando que não basta apenas a aplicação de produtos ou elementos impermeabilizantes, é preciso fazer isso com mão de obra capacitada e o uso de sistemas impermeabilizantes compatíveis de acordo com a função a ser desempenhada, pois uma vez que a impermeabilização foi feita de forma incorreta, sua ação é ineficaz.

Os sistemas impermeabilizantes podem ser:

Rígidos: são produtos que não suportam grandes deformações, devem ser aplicados em estruturas em que não ocorram movimentações, do contrário, o impermeabilizante estará sujeito a fissuração;

Flexível: produtos que suportam fissuração, e são destinados exatamente para as áreas mais sujeitas a movimentação da estrutura. Os principais sistemas impermeabilizantes podem ser também classificados de acordo com o material empregado, por exemplo:

- Cimentícios: em geral são agregados com propriedades específicas para repelir a água;
- Asfálticos: são encontrados no estado sólido no caso das mantas, ou também no estado líquido, podendo ser pinturas impermeabilizantes;
- Poliméricos: também é um tipo de revestimento, como argamassas e cimentos, podendo ser aplicados sobre a superfície a ser impermeabilizada.

Segundo a norma ABNT NBR 9575/2010 é necessário realizar sistemas de impermeabilização que respeitem o tempo de cura das argamassas e concreto para garantir a eficácia dos produtos. As áreas externas e coberturas são partes mais vulneráveis, mesmo com a presença de argamassas e concretos impermeáveis, já que necessitam de camadas adicionais

de impermeabilização para prover proteção. É importante destacar que a impermeabilização flexível exige produtos com características que permitam a movimentação junto à estrutura, suportando ações externas causadas pelo intemperismo e dilatação térmica, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Exemplo dos tipos de impermeabilização rígida e flexível



Fonte: <https://hmrubber.com.br/entenda-a-diferenca-da-impermeabilizacao-rigida-e-flexivel/>

As aplicações de sistemas de impermeabilização são recomendadas para regiões que estão expostas diretamente à umidade, calor e chuvas, como fachadas, calhas, terraços e coberturas. É fundamental seguir uma abordagem metodológica científica e embasar-se em dados confiáveis para garantir a eficácia e a durabilidade desses sistemas.

3. METODOLOGIA

Segundo Gil (2008), o objetivo da ciência é alcançar a verdade dos fatos. No entanto, o conhecimento científico se diferencia dos demais pela sua característica essencial de ser verificável.

Para alcançar esse objetivo, é fundamental empregar operações técnicas e mentais, ou seja, utilizar métodos intelectuais e técnicas que direcionem o conhecimento para um fim específico. Desse modo, a pesquisa pode ser descrita como um processo racional e sistemático, cujo propósito é oferecer soluções para os problemas identificados.

É essencial lembrar que a ciência é principalmente uma construção social. Portanto, o conhecimento científico é produzido por meio de uma colaboração intensa entre os pesquisadores nas respectivas áreas (APPOLINÁRIO, 2006).

Para Cooper e Schindler (2016), a pesquisa aplicada tem ênfase prática em solução de problemas e é conduzida a encontrar respostas para as questões específicas relacionadas à ação, desempenho e tomadas de decisão.

Fleury e Werlang (2017) argumentam que há outro aspecto a ser considerado na definição de pesquisa aplicada. Segundo esses autores, refere-se à capacidade de gerar impacto, e pode ser descrita como atividades em que conhecimentos previamente adquiridos são empregados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, com o objetivo de obter e confirmar resultados.

Esta pesquisa se classifica como aplicada, pois possui o propósito de estudar os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens, ou seja, o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema acometido sobre a laje maciça, sugerindo a correção e a solução desses problemas.

Em relação à natureza da pesquisa, adota-se uma abordagem qualitativa. Os pesquisadores realizam análises visuais por meio de inspeções para identificar as características externas das manifestações apresentadas pela laje maciça, objeto de estudo. Com base nessas observações, é possível inferir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, bem como estimar as possíveis consequências decorrentes dessa condição.

Quanto aos fins, esta pesquisa é classificada como explicativa, uma vez que visa identificar os fatores que determinam e contribuem para a ocorrência de sintomas, danos ou defeitos em lajes maciças. Por meio de observações visuais minuciosas e do estudo aprofundado dos sintomas, esses fatores podem ser descritos, classificados e relacionados ao diagnóstico inicial realizado.

Quanto aos meios, esta pesquisa é classificada como um estudo de caso, baseado em uma análise aprofundada da patologia e tratamento de uma laje maciça em uma construção residencial específica. O estudo descreve todas as manifestações patológicas encontradas e estabelece possíveis causas. Foram conduzidas visitas ao local para realizar inspeções visuais e propor um tratamento adequado, com o objetivo de prolongar a vida útil da estrutura e garantir a segurança e qualidade para os usuários da construção.

O universo da pesquisa se trata das patologias acometidas em estruturas de concreto armado e a amostra selecionada abrange a análise detalhada da patologia acometida em uma laje maciça localizada no bairro Piedade, no município de Sete Lagoas, Minas Gerais.

A coleta de dados para a realização dessa pesquisa foi obtida por meio de análise de vistorias visuais. Para a fundamentação teórica, coletou-se dados de artigos, livros e meios digitais sobre patologias ocorridas em lajes maciças.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente tópico, serão analisados os dados obtidos na pesquisa, abordando e examinando cada ocorrência e os fatores causadores das diversas manifestações patológicas. Dessa forma, é possível desenvolver um diagnóstico adequado com base nos estudos e observações realizada no local. Assim, será viável determinar o tratamento mais apropriado para cada tipo de anomalia encontrada.

Após coletar informações com os proprietários, sabe-se que este imóvel foi construído há cerca de 50 anos. A laje executada no imóvel é de concreto armado e possui algumas patologias evidentes. Segundo o proprietário, na época não havia conhecimento por parte deles sobre técnicas de impermeabilização e não foi feito nenhum sistema de cobertura nos primeiros anos, pois aparentemente não havia necessidade diante da ausência de sinais de infiltração. Com o passar dos anos surgiram as primeiras manchas de infiltração no teto dos cômodos da residência devido à ação de intempérie, desta forma como medida paliativa a laje foi recoberta por uma camada de concreto e a realização de uma cobertura por meio de telhas de amianto, sem nenhuma ação efetiva para tratar as patologias que surgiram. Anos mais tarde as manchas evoluíram e tiveram o aspecto agravado, houve o descascamento de parte do acabamento, a pintura sofreu danos visíveis, além do surgimento de bolor devido à presença de umidade conforme a Figura 8.

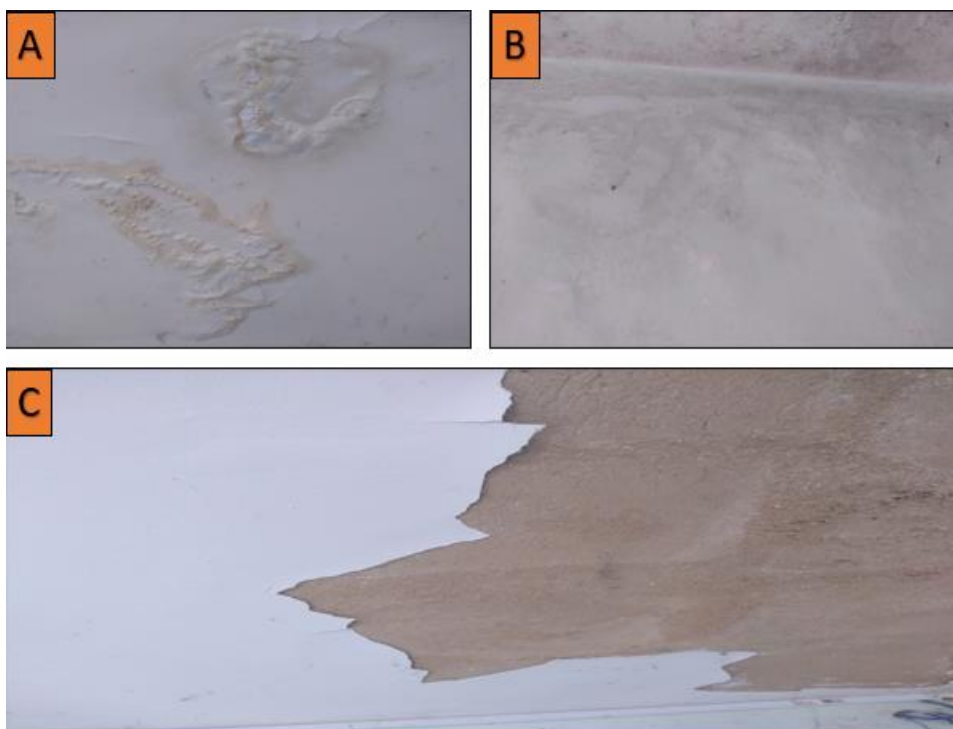
Figura 8 – Aspecto geral da laje interna



Fonte: Autores (2023).

A partir dos dados obtidos na pesquisa bibliográfica, constatou-se de maneira consistente a ocorrência de manifestações patológicas na laje maciça analisada. Embora não tenha sido observada ou identificada deformações estruturais com flechas e trincas que poderiam estar afetando a resistência e capacidade de suporte da laje. As patologias na superfície inferior da laje possuem os mecanismos causadores devido à presença contínua de umidade. Demonstrado na Figura 9A, 9B e 9C e ratificados na Tabela 2 a seguir.

Figura 9: Patologias identificadas



Fonte: Autores (2023).

Tabela 2 – Levantamento das patologias

<u>Patologias:</u> Bolhas; Bolor; Descascamento;
<u>Análise visual :</u> Deformação da camada de acabamento (pintura) ; Presença de bolor (mofo); Descascamento do acabamento deixando o reboco exposto as intempéries.
<u>Possíveis causas:</u> Alto índice de umidade; Ausência de telhado para cobertura com calhas e rufos.
<u>Proposta de reparo:</u> Regularização da superfície (laje maciça); Impermeabilização da superfície (laje maciça); Instalação de telhado completo; Raspagem e aplicação de massa acrílica; Lixamento da massa ; Acabamento com tinta acrílica antimoho;

Fonte: Autores (2023)

A análise das Figuras 10, 11 e 12 revela que a laje em questão é antiga e foi executada de maneira inadequada.

Figura 10 – Laje exposta ao tempo



Fonte: Autores (2023).

Figura 11 – Cobertura da laje com telhas



Fonte: Autores (2023).

Figura 12 – Estado da laje abaixo das telhas



Fonte: Autores (2023).

Alguns dados que comprovam essa inadequação incluem, a ausência de aplicação de impermeabilizante antes do surgimento das patologias, e a superfície da laje superior que possui cobertura também não foi construída seguindo as técnicas adequadas. Elementos essenciais, como calhas e rufos, não estão presentes, comprometendo a estanqueidade do telhado e a proteção contra os elementos externos, como chuva e sol. Essa falta de conformidade resulta em várias manifestações patológicas, como infiltrações da parte externa para a interna.

Para resolver essas manifestações patológicas de forma adequada, é necessário adotar medidas baseadas em dados científicos e técnicas construtivas específicas. É fundamental realizar a aplicação de um impermeabilizante flexível antes de concluir a etapa de concretagem da laje maciça, garantindo a proteção contra a umidade e prevenindo o surgimento de infiltrações. A escolha do impermeabilizante deve ser feita levando em consideração as características do ambiente, como a exposição à chuva e à incidência solar.

Além disso, é essencial seguir as técnicas construtivas recomendadas para a execução adequada da cobertura do telhado sobre a laje. Isso inclui a instalação correta de calhas e rufos, que são elementos essenciais para a drenagem eficiente da água da chuva e a proteção contra infiltrações nos pontos vulneráveis. Essas técnicas também envolvem o uso de

materiais de qualidade, a aplicação adequada de camadas de impermeabilização e a realização de inspeções regulares durante o processo de construção.

As orientações sobre as técnicas construtivas detalhadas podem ser encontradas em normas técnicas específicas, como a ABNT NBR 9575/2010 Impermeabilização - Seleção e Projeto, que aborda os requisitos para sistemas de impermeabilização. Além disso, é importante contar com profissionais capacitados e experientes na área da construção, que possam aplicar as boas práticas e garantir a qualidade da execução do produto sobre a laje maciça.

A figura 9 mostra claramente a falta de impermeabilização, o que resulta em infiltrações e danos à estrutura. As figuras 10 e 11 também evidenciam a ausência de elementos de proteção, como calhas e rufos, que são essenciais para evitar a entrada de água na laje.

A umidade, que é a causa raiz de todas as patologias encontradas, compromete a estanqueidade da laje maciça. Isso ocorre porque a umidade penetra no concreto armado uma vez que o mesmo é um material poroso, causando danos às condições de serviço e afetando o funcionamento da estrutura, especialmente em relação aos estados limites de utilização.

Nesse contexto, recomenda-se a aplicação de um revestimento semiflexível impermeabilizante para proteger efetivamente a superfície da laje maciça contra infiltrações de água. Suas especificações técnicas são as seguintes:

- **Composição:** O revestimento é formulado a partir de uma combinação de polímeros elastoméricos e aditivos específicos, que conferem flexibilidade e propriedades impermeabilizantes ao produto.
- **Flexibilidade:** O revestimento possui alta capacidade de deformação elástica, o que permite acompanhar as movimentações estruturais da laje sem comprometer sua eficácia. Isso evita o surgimento de trincas e fissuras que poderiam prejudicar a impermeabilização.
- **Resistência à água:** Esse tipo de revestimento é projetado para oferecer uma excelente resistência à penetração de água, formando uma barreira contínua e durável contra a umidade, mesmo em condições de exposição contínua à água ou chuva intensa.
- **Durabilidade:** O revestimento semiflexível é altamente durável e resistente ao envelhecimento causado pela exposição a intempéries, raios UV e variações de temperatura. Essas características garantem uma vida útil prolongada do sistema de impermeabilização.

- **Aplicação:** O revestimento pode ser aplicado de forma líquida, utilizando rolo ou trincha, ou em forma de manta pré-fabricada, dependendo das características do projeto e da preferência do aplicador. A aplicação deve ser feita seguindo as instruções do fabricante, garantindo uma cobertura uniforme e completa da superfície a ser impermeabilizada.
- **Manutenção:** Após a aplicação, é recomendada a realização de inspeções periódicas para verificar o estado do revestimento e realizar eventuais reparos em caso de desgaste, danos ou pontos vulneráveis identificados.

Lembrando que as especificações técnicas podem variar de acordo com o fabricante e o produto específico escolhido. É importante seguir as orientações e recomendações do fabricante para garantir a aplicação correta e a máxima eficiência do revestimento semiflexível impermeabilizante.

É importante destacar que a escolha desses métodos de correções terapêuticas baseada em práticas comuns na área de construção e em conhecimentos técnicos consolidados. Esses conhecimentos são adquiridos através de estudos, pesquisas, experiências práticas e normas técnicas desenvolvidas por entidades reconhecidas, como associações de engenharia e institutos de padronização.

5. CONCLUSÃO

Com base no estudo de caso realizado, é evidente que as patologias em lajes maciças podem ter origens diversas, que vão desde falhas no projeto até problemas na execução e falta de manutenção preventiva. Isso destaca a importância de prestar atenção cuidadosa a todas as etapas do processo construtivo, desde o projeto inicial até a fase de manutenção, seguindo as normas técnicas aplicáveis ao processo construtivo de lajes maciças e as práticas de qualidade estabelecidas.

De acordo com estudos e pesquisas realizados na área, a umidade pode ser um fator desencadeador de problemas no concreto, especialmente quando exposto a variações de temperatura, como calor e frio, combinadas com a ação dos ventos. Essas condições podem intensificar a propagação da umidade, resultando em manifestações patológicas, como a deterioração do concreto, fissuras, descascamento e perda de resistência.

Sendo assim, a pesquisa mostra que a umidade é fator determinante para a fragilidade do concreto que pode sofrer com alguns processos como fissuras, manchas, corrosão da armadura, mofo e bolor.

Mesmo que a estrutura seja resistente, é fundamental realizar manutenções preventivas e inspeções técnicas em intervalos adequados. É recomendado seguir as orientações de um profissional qualificado, que levará em consideração as características individuais da edificação para determinar os períodos ideais para realizar tais atividades, justamente para evitar e consequentemente diminuir o custeio desses reparos.

Nas análises pode-se constatar que as manifestações patológicas presentes na laje maciça são provenientes da presença de umidade, consequências da ausência de impermeabilização e falha na realização da cobertura. É evidente que a ausência de manutenção preventiva da edificação também é um fator agravante para a incidência das patologias.

Outro aspecto de destaque neste estudo é a importância de contar com profissionais qualificados na execução e manutenção dos serviços. Apenas por meio do uso de técnicas e tecnologias apropriadas, será possível identificar as origens fundamentais e agir de maneira eficaz no combate ao surgimento das anomalias.

Nesse contexto, surgiram novas técnicas e inovações no campo da impermeabilização de estruturas de concreto. Por exemplo, a utilização de aditivos impermeabilizantes incorporados ao concreto durante a mistura pode ajudar a reduzir sua porosidade e aumentar sua resistência à penetração de água. Esses aditivos podem ser baseados em polímeros, nano materiais ou outras substâncias que melhoram as propriedades impermeabilizantes do concreto.

Por fim, é fundamental que os profissionais da construção civil estejam tecnicamente atualizados e desfrutem cada vez mais das tecnologias que tornam as práticas mais eficazes, ágeis e econômicas, para a realização de projetos e execuções de estruturas seguras e duráveis, garantindo a qualidade e a confiabilidade da construção.

6. AGRADECIMENTO

Os autores desta pesquisa, desejam expressar seus sinceros agradecimentos a Deus, fonte de inspiração e força que nos acompanhou ao longo desta jornada acadêmica.

Gostaríamos também de expressar nosso sincero agradecimento à orientadora, Sheila Leal, por seu apoio contínuo, orientação precisa e valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Nossos agradecimentos se estendem aos familiares e amigos que nos apoiaram e encorajaram durante todo o processo de elaboração desta pesquisa. Seu amor, paciência e incentivo foram fundamentais para o nosso sucesso.

Por fim, agradecemos a todos os profissionais, colegas e instituições que contribuíram de alguma forma para a realização desta pesquisa, seja por meio de compartilhamento de conhecimento, disponibilidade para esclarecimentos ou fornecimento de recursos.

Esta pesquisa foi concluída graças ao esforço conjunto e dedicação de todos os envolvidos, e somos gratos por essa oportunidade de aprendizado e crescimento.

Muito obrigado a todos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, L.F. and Fonseca, M.T.D.J. **Patologias nos sistemas estruturais: estudo bibliográfico sobre as causas das manifestações patológicas em lajes maciças.** (2020) Graduação em Engenharia Civil - Centro Universitário AGES.

Amaral, M., & da Silva, D. **Lajes maciças de concreto armado.** *Engenharia e Construção*, 13(2), 47-54) 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:** manutenção de edificações – procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575:** impermeabilização - seleção e projeto. 4º. ed. Rio de Janeiro.2010

ANDRADE JÚNIOR, Carlos Roberto. Patologia das construções associadas ao concreto. Sem data da publicação, Sete Lagoas MG. Material didático UNA 2023.

ARIVABENE, A. C. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso**. I v. 01, p. 22, 2015.

BASTOS, Paulo Sérgio. Lajes de concreto. In: FAB. **Faculdade de Engenharia Bauru – Paulo Sérgio dos Santos Bastos**. Bauru, 2015. Disponível em: < wwwp.feb.unesp.br/pbastos> Acesso em: 16 mai. 2023.

Castro, J., Silva, L., & Pereira, C. **Diagnóstico de patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso**. Acta Iguazu, 7(1), 65-77, 2018.

DAL MOLIN, Denise C. Coitinho. **Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1988. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/15655>> Acesso em: 25 mai 2023.

Figueiredo, A. D. **Estudo Comparativo do Desempenho de Lajes Pré-Moldadas e Lajes Maciças de Concreto Armado** 2016.

GONZALES, Fabio Dias; OLIVEIRA, Daniel Lameiras de; AMARANTE, Mayara dos Santos. **Patologias na construção civil**. Pesquisa e Ação – Centro Universitário de Braz Cubas. Mogi das Cruzes, v. 6, n. 1, 2020. Disponível em: < <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/910/901>> Acesso em: 16 mai. 2023.

Helene, P. **Manual de Patologia das Construções: Manifestações patológicas em edificações**. Oficina de Textos, 2010.

LANZINHA, João & CASTRO-GOMES, João. **Teaching building pathology at the Civil Engineering Department of Beira Interior University**. Coimbra, World Congress on Housing Housing Construction – An Interdisciplinary Task, n. [s/I], p. 9-13, 2002. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/236006792_Teaching_building_pathology_at_the_Civil_Engineering_Department_of_Beira_Interior_University> Acesso em: 16 mai. 2023.

Mehta, PK, & Monteiro, PJM. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. McGraw Hill Educação, 2014.

OLIVEIRA, Ricardo; CLAUDIANO, Jéssica. Estudo de caso das manifestações patológicas na construção civil com ênfase no Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Monte Carmelo: 2019.

Prado, R. C. M., & Lima, E. G. **Análise Comparativa entre Lajes Treliçadas Pré-moldadas e Lajes Maciças de Concreto Armado**, 2017.

SANTOS, Debora de Gois. **Análise construtiva dos tipos de lajes utilizadas nos sistemas estruturais das edificações de Florianópolis**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SILVA, I. T. S. **Identificação dos fatores que provocam eflorescência nas construções em Angicos/RN**. 2011. Monografia. Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos.

SOUZA, Vicente e RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. (3. tiragem 1998). ed. São Paulo: PINI: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989.

TUTIKIAN, Bernardo e PACHECO, Marcelo. Boletim Técnico. México: ALCONPAT, 2013. Disponível em: < https://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B1_Inspe%C3%A7%C3%A3o-Diagn%C3%B3stico-e-Progn%C3%B3stico-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil1.pdf > Acesso em: 02 jun 2023.

Valente, I. G. **Estudo comparativo de lajes pré-moldadas e lajes maciças**, 2015.

VEDACIT. Manual técnico: impermeabilização de estruturas. 6. ed. São Paulo, 2010.

VIEIRA, Valdinei Barbosa. **Patologias por infiltração**. Trabalho de Conclusão (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2022.

VITÓRIO, Afonso. Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia. Recife: IPEAPE, 2003. Disponível em:

<http://www.vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf> Acesso em: 02 jun 2023.