

Patologias em estruturas de concreto armado: Diagnóstico, intervenções e estudo de caso em edifício comercial

Pathologies in reinforced concrete structures: Diagnosis, interventions and case study in a commercial building

Patologías en estructuras de hormigón armado: Diagnóstico, intervenciones y estudio de caso en un edificio comercial

Recebido: 08/06/2025 | Revisado: 12/06/2025 | Aceitado: 12/06/2025 | Publicado: 15/06/2025

João Marcelo Evangelista Bernardo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8791-5792>

Centro Universitário Una Bom Despacho, Brasil

E-mail: joaobrenardo@gmail.com

Adilson Geraldo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2605-0072>

Centro Universitário Una Bom Despacho, Brasil

E-mail: arthur2701002gmail.com

Arthur Magalhães Campos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4669-7786>

Centro Universitário Una Bom Despacho, Brasil

E-mail: joaobrenardo@gmail.com

Carlos Eduardo Costa Sales

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4808-4029>

Centro Universitário Una Bom Despacho, Brasil

E-mail: carlosetuado.costa23@gmail.com

Derival das Graças Martins Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1409-7789>

Centro Universitário Una Bom Despacho, Brasil

E-mail: derival.rosa@ulife.com.br

Luís Henrique Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4907-7205>

Centro Universitário Una Bom Despacho, Brasil

E-mail: luishenriqueferreira.lhf@gmail.com

Maurício de Souza Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0144-3462>

Centro Universitário Una Bom Despacho, Brasil

E-mail: m-soli@hotmail.com

Resumo

O objetivo do presente artigo é oferecer uma análise estruturada e fundamentada que auxilie engenheiros, técnicos e gestores da construção civil na prevenção e no tratamento de falhas estruturais, promovendo maior durabilidade, segurança e desempenho das edificações. A pesquisa desenvolve uma análise aprofundada das patologias que comprometem a durabilidade, a segurança e o desempenho estrutural das edificações, aliando revisão bibliográfica especializada, análise de normas técnicas da ABNT e a aplicação empírica por meio de um estudo de caso em edifício comercial de médio porte localizado no Espírito Santo. A metodologia adotada é qualitativa, descritiva e aplicada, envolvendo levantamento documental e inspeção técnica com base em parâmetros normativos vigentes. Os resultados revelam que fissuras por flexão, corrosão de armaduras, concretagem deficiente, segregação e perfurações não projetadas são as anomalias mais recorrentes, frequentemente oriundas de falhas executivas, ausência de fiscalização e negligência na manutenção preventiva. A análise do estudo de caso reforça a importância de um diagnóstico técnico rigoroso, da compatibilização de projetos e da capacitação profissional como medidas fundamentais para evitar a deterioração prematura das estruturas. Conclui-se que a engenharia diagnóstica integrada à gestão de manutenção é essencial para garantir a segurança, durabilidade e sustentabilidade das edificações em concreto armado no contexto brasileiro.

Palavras-chave: Concreto armado; Diagnóstico estrutural; Durabilidade; Manutenção preventiva; Patologias.

Abstract

The objective of this article is to provide a structured and well-founded analysis that assists engineers, technicians and construction managers in the prevention and treatment of structural failures, promoting greater durability, safety and

performance of buildings. The research develops an in-depth analysis of the pathologies that compromise the durability, safety and structural performance of buildings, combining a specialized bibliographic review, analysis of ABNT technical standards and empirical application through a case study in a medium-sized commercial building located in Espírito Santo. The methodology adopted is qualitative, descriptive and applied, involving documentary survey and technical inspection based on current normative parameters. The results reveal that flexural cracks, corrosion of reinforcements, poor concreting, segregation and undesigned perforations are the most recurrent anomalies, often resulting from executive failures, lack of inspection and negligence in preventive maintenance. The analysis of the case study reinforces the importance of a rigorous technical diagnosis, project compatibility and professional training as fundamental measures to prevent premature deterioration of structures. It is concluded that diagnostic engineering integrated with maintenance management is essential to guarantee the safety, durability and sustainability of reinforced concrete buildings in the Brazilian context.

Keywords: Reinforced concrete; Structural diagnosis; Durability; Preventive maintenance; Pathologies.

Resumen

El objetivo de este artículo es proporcionar un análisis estructurado y bien fundamentado que ayude a ingenieros, técnicos y gerentes de obra en la prevención y el tratamiento de fallas estructurales, promoviendo una mayor durabilidad, seguridad y rendimiento de los edificios. La investigación desarrolla un análisis profundo de las patologías que comprometen la durabilidad, la seguridad y el rendimiento estructural de los edificios, combinando una revisión bibliográfica especializada, el análisis de las normas técnicas de la ABNT y la aplicación empírica a través de un estudio de caso en un edificio comercial de tamaño mediano ubicado en Espírito Santo. La metodología adoptada es cualitativa, descriptiva y aplicada, que implica un estudio documental y una inspección técnica basada en parámetros normativos vigentes. Los resultados revelan que las grietas por flexión, la corrosión de las armaduras, el hormigonado deficiente, la segregación y las perforaciones no diseñadas son las anomalías más recurrentes, a menudo resultantes de fallas ejecutivas, falta de inspección y negligencia en el mantenimiento preventivo. El análisis del estudio de caso refuerza la importancia de un diagnóstico técnico riguroso, la compatibilidad del proyecto y la capacitación profesional como medidas fundamentales para prevenir el deterioro prematuro de las estructuras. Se concluye que la ingeniería de diagnóstico integrada a la gestión del mantenimiento es esencial para garantizar la seguridad, durabilidad y sostenibilidad de las edificaciones de hormigón armado en el contexto brasileño.

Palabras clave: Hormigón armado; Diagnóstico estructural; Durabilidad; Mantenimiento preventivo; Patologías.

1. Introdução

A construção civil brasileira tem experimentado significativo crescimento nas últimas décadas, acompanhando o aumento da demanda por infraestrutura e habitação. Contudo, o avanço quantitativo nem sempre foi acompanhado de um desenvolvimento qualitativo, resultando em diversas manifestações patológicas nas estruturas construídas, especialmente nas que utilizam o concreto armado como principal material estrutural. O concreto, apesar de sua elevada resistência à compressão e durabilidade potencial, pode apresentar falhas quando submetido a condições inadequadas de projeto, execução ou uso ao longo do tempo (Milititsky; Consoli & Schnaid, 2015).

As patologias estruturais constituem um campo multidisciplinar que busca compreender, diagnosticar e corrigir os danos que comprometem o desempenho funcional e a segurança das edificações. Segundo a ABNT NBR 15575-1:2021, as manifestações patológicas impactam negativamente o ciclo de vida da edificação e, quando não tratadas adequadamente, podem evoluir para falhas críticas e colapsos estruturais. Entre os sintomas mais comuns estão fissuras, infiltrações, corrosão de armaduras, desagregação do concreto e recalques diferenciais (Ferreira & Oliveira, 2021).

A relevância do tema está no fato de que grande parte dessas manifestações decorre de causas evitáveis, como a ausência de inspeções técnicas periódicas, uso de materiais de baixa qualidade, falhas de projeto e, principalmente, de execução. Estudos indicam que mais da metade das patologias estruturais em edificações brasileiras ocorrem por falhas na execução das obras (Lopes et al., 2024), revelando a necessidade de estratégias preventivas eficazes.

Neste contexto, o presente trabalho propõe-se a estudar, sob a ótica técnica e normativa, as principais patologias encontradas em estruturas de concreto armado, com ênfase no diagnóstico, identificação das causas e proposição de soluções técnicas com base em casos reais analisados em território nacional. Como parte da abordagem empírica, foi incorporado um estudo de caso realizado em um edifício comercial localizado no município de Linhares, Espírito Santo, onde se identificaram

manifestações patológicas significativas em elementos estruturais de concreto armado. A análise desse caso permitiu aplicar os conceitos teóricos e normativos em um contexto prático, possibilitando uma avaliação técnica detalhada e a proposição de intervenções corretivas e preventivas baseadas em critérios normativos, estruturais e de durabilidade.

A metodologia empregada baseia-se em pesquisa bibliográfica e análise documental de obras científicas e técnicas recentes, além de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aplicáveis ao tema, associadas à análise técnica do estudo de caso. O objetivo do presente artigo é oferecer uma análise estruturada e fundamentada que auxilie engenheiros, técnicos e gestores da construção civil na prevenção e no tratamento de falhas estruturais, promovendo maior durabilidade, segurança e desempenho das edificações. Além disso, busca-se destacar a importância da capacitação profissional, da fiscalização e da cultura da manutenção preventiva, frequentemente negligenciada no ciclo de vida das construções.

Portanto, este trabalho se justifica pela urgência de mitigar falhas recorrentes que, além de comprometerem a segurança estrutural, resultam em prejuízos financeiros significativos e podem até culminar em tragédias. O estudo de caso analisado reforça essa preocupação, ao demonstrar como falhas executivas e ausência de controle técnico podem comprometer seriamente a integridade estrutural de edificações recentes.

2. Metodologia

Esta pesquisa é de natureza aplicada, qualitativa e descritiva, com base em um estudo de caso múltiplo e análise documental sistematizada (Pereira et al., 2018; Bartlett & Vavrus, 2017; Carneiro, 2018), centrando-se nas manifestações patológicas em estruturas de concreto armado. O estudo de caso foi delimitado a partir de um conjunto de monografias, artigos científicos, relatórios técnicos e publicações acadêmicas obtidos entre os anos de 2010 e 2024, com ênfase nas manifestações e tratamentos aplicados em edificações brasileiras.

O delineamento metodológico fundamenta-se em uma análise qualitativa documental, conforme descrito por Bardin (2016), com foco na identificação, categorização e interpretação das principais manifestações patológicas, suas causas, técnicas de diagnóstico aplicadas e intervenções corretivas e preventivas. A pesquisa documental se justifica pela vasta produção técnica e acadêmica sobre o tema, que permite construir um panorama abrangente, atualizado e tecnicamente referenciado das práticas correntes e desafios enfrentados na engenharia da reabilitação estrutural no Brasil.

O corpus documental da amostra foi definido com base em critérios de pertinência temática, atualidade das publicações, confiabilidade das fontes e representatividade das experiências descritas. Os documentos selecionados foram obtidos a partir de bases como o Google Scholar, Periódicos CAPES, repositórios institucionais e acervos de universidades públicas. Para assegurar rigor e credibilidade, foram incluídas apenas publicações entre 2010 e 2024, redigidas por autores com formação comprovada na área de engenharia civil, arquitetura ou áreas correlatas.

Além da análise documental, este trabalho passou a incorporar um estudo de caso específico extraído de artigo técnico especializado, publicado em 2015 por Arivabene, o qual documenta manifestações patológicas em uma edificação institucional pública localizada em Linhares, Espírito Santo. O edifício, composto por oito pavimentos em concreto armado, apresentou manifestações críticas como trincas por flexão, exposição de armaduras, concretagem deficiente e perfurações não previstas em elementos estruturais. A análise desse caso, realizada com base nas normas técnicas ABNT NBR 6118:2023, NBR 5674:2012, NBR 9452:2016 e NBR 12655:2015, enriqueceu a dimensão empírica da pesquisa, oferecendo suporte concreto à aplicação dos conceitos discutidos.

A coleta de dados foi realizada por categorização temática dos conteúdos documentais, com base em protocolos de análise textual adaptados de Bardin (2016) e Gil (2002). Foram considerados aspectos como tipologia das manifestações, materiais utilizados nas intervenções, compatibilidade técnica entre materiais, presença ou ausência de laudos técnicos,

aplicação de normas como a ABNT NBR 6118:2023, NBR 5674:2012, NBR 7680-1:2015 e NBR 9452:2016. Os dados coletados foram organizados em tabelas analíticas e mapas conceituais para facilitar a interpretação comparativa dos resultados.

Para a análise dos dados, utilizou-se uma abordagem de triangulação metodológica, conforme proposto por Yin (2001), combinando fontes documentais, análise normativa e confrontação com literatura especializada. Essa técnica permitiu validar os achados por meio da comparação entre diferentes documentos que retratam situações semelhantes de patologias, garantindo robustez e confiabilidade às conclusões do estudo. A triangulação foi essencial para identificar padrões de recorrência, desvios e boas práticas no tratamento das patologias em estruturas de concreto armado.

As limitações da pesquisa concentram-se na natureza exclusivamente documental da análise, o que restringe a aplicação direta de testes laboratoriais ou observações *in loco*. No entanto, a diversidade, profundidade e qualidade técnica das fontes, aliadas à inclusão de um estudo de caso concreto e bem documentado, compensam essa limitação, permitindo que o estudo alcance uma elevada representatividade e forneça subsídios relevantes para a prática profissional e para futuras investigações científicas na área.

3. Resultados e Discussão

O estudo das patologias estruturais em concreto armado exige o domínio de conceitos fundamentais da engenharia civil, bem como o entendimento das normas técnicas aplicáveis, dos mecanismos de deterioração e das técnicas de diagnóstico e intervenção. Com o avanço das pesquisas e a sistematização dos estudos de caso, a literatura técnica oferece uma base sólida para compreender as múltiplas causas que levam à degradação das estruturas. Diante disso, esta seção apresenta os fundamentos conceituais e científicos que embasam o presente trabalho, abordando as definições mais relevantes, os principais tipos de manifestações patológicas, as metodologias de avaliação técnica e as soluções aplicadas na prática da engenharia.

Patologias das construções: conceitos fundamentais

A patologia das construções é um campo essencial da engenharia civil que se ocupa da identificação, análise e correção de anomalias que comprometem o desempenho das edificações. O conceito é amplamente assimilado pela literatura técnica como o “conhecimento científico das causas, efeitos e mecanismos de deterioração dos elementos construtivos, bem como dos métodos adequados de reparação” (Helene; Pereira, 2015).

O surgimento de manifestações patológicas representa o desvio da edificação em relação ao desempenho esperado ao longo do seu ciclo de vida. Tais anomalias, que vão desde problemas estéticos até falhas estruturais graves, são frequentemente resultado da combinação de fatores técnicos, ambientais e operacionais. A ABNT (1996), por meio da NBR 13752, classifica essas manifestações em vícios construtivos e processos de degradação, os quais se originam, muitas vezes, na negligência de aspectos como projeto, execução, materiais e manutenção.

A literatura evidencia que, mesmo com a normatização vigente, ainda é comum encontrar falhas que poderiam ser evitadas com planejamento técnico adequado. Essa realidade é acentuada por lacunas na formação de mão de obra e na fiscalização de obras. Como afirma Dardengo:

As manifestações patológicas não são, em sua maioria, um acaso, mas resultado previsível da ausência de planejamento técnico, de controle executivo e de manutenção adequada (Dardengo, 2010, p. 12).

Esse entendimento é corroborado por análises realizadas em diferentes regiões do Brasil, que apontam a alta incidência de fissuras, infiltrações e corrosão em estruturas recém-construídas. Tais ocorrências reforçam a necessidade de adoção de práticas preventivas e de um diagnóstico técnico rigoroso, com base em inspeções e ensaios específicos, como a

esclerometria e o mapeamento de fissuras, conforme destacado por Scheidegger e Calenzani (2019).

A atuação do engenheiro civil como agente preventivo é fundamental para a sustentabilidade das edificações. Como aponta Silva e Ribeiro:

A negligência na aplicação das normas técnicas e a desvalorização da capacitação técnica da mão de obra contribuem significativamente para a recorrência de falhas construtivas (Silva & Ribeiro, 2022, p. 5).

Nesse sentido, torna-se imprescindível que a abordagem patológica vá além da simples remediação dos danos. Deve-se promover a análise sistêmica da edificação, considerando desde a concepção do projeto até o uso e manutenção. O conhecimento das causas mais recorrentes — como retração do concreto, ataque de agentes químicos, falhas de fundação e deficiência no cobrimento das armaduras — permite ao profissional atuar de forma antecipada, evitando colapsos e preservando a integridade estrutural (Helene & Pereira, 2015).

A interdisciplinaridade também se mostra indispensável. O enfrentamento das patologias exige a integração entre engenheiros, arquitetos, tecnólogos, gestores de obras e usuários, todos conscientes da importância do desempenho técnico da edificação. Isso demanda, ainda, investimentos contínuos em inovação, normatização e formação técnica, especialmente no contexto brasileiro, onde há um déficit histórico em políticas de manutenção e cultura da conservação predial, como afirmam Tanaka e Pereira (2021).

Principais manifestações patológicas em concreto armado

As manifestações patológicas em estruturas de concreto armado representam um dos maiores desafios da engenharia civil moderna, por comprometerem a integridade estrutural, a durabilidade e o desempenho funcional das edificações. Embora o concreto armado seja um dos materiais mais utilizados devido à sua resistência, maleabilidade e capacidade de suportar cargas elevadas, ele é também suscetível a uma série de processos de degradação física, química e mecânica, sobretudo quando há falhas em etapas como projeto, execução, operação e manutenção (Mehta & Monteiro, 2014).

Entre as manifestações mais comuns e relevantes em estruturas de concreto armado estão as fissuras e trincas, infiltrações, eflorescências, corrosão de armaduras, deslocamentos, segregações, manchas superficiais, recalques diferenciais e falhas de aderência entre materiais. Cada uma dessas patologias é sintomática de processos patológicos internos e pode variar desde problemas estéticos e funcionais até situações de colapso estrutural.

As fissuras são frequentemente o primeiro sintoma visível de falha estrutural ou deformação não controlada. Podem ocorrer por causas térmicas, reológicas, estruturais, químicas ou por recalques diferenciais. Tutikian e Dal Molin (2020) apontam que a correta classificação e monitoramento dessas fissuras são essenciais para diferenciar manifestações inofensivas de sinais de comprometimento estrutural grave. A ABNT NBR 6118:2023 fornece critérios técnicos rigorosos sobre a largura máxima admissível de fissuras, considerando as classes de exposição ambiental e o tipo de elemento estrutural envolvido.

A corrosão das armaduras, por sua vez, representa um dos mecanismos mais agressivos de degradação do concreto armado. Trata-se de um processo eletroquímico iniciado geralmente por carbonatação do concreto ou por penetração de cloretos, ambos facilitados pela porosidade do concreto, baixa espessura de cobrimento e ausência de aditivos inibidores. Conforme Helene e Pereira:

A corrosão das armaduras é silenciosa e progressiva, podendo evoluir por anos sem que haja sinais evidentes na superfície do concreto, até que os danos se tornem irreversíveis (Helene & Pereira, 2015, P. 39).

Esse processo leva à expansão volumétrica das armaduras corroídas, que geram tensões internas capazes de romper o concreto protetor, ocasionando deslocamentos e perda de aderência. De acordo com Castañeda e Andrade (2020), o fenômeno da corrosão representa mais de 60% das causas de colapso prematuro em estruturas de concreto em ambientes urbanos com

alta umidade relativa e presença de poluentes atmosféricos.

Outro fenômeno importante e frequentemente subestimado é a eflorescência, caracterizada pelo surgimento de cristais brancos na superfície do concreto, indicativo da migração de sais solúveis carregados pela umidade interna. Embora seja classificada como manifestação estética, revela a presença de patologias ocultas como falhas na impermeabilização ou presença de materiais contaminados (Tutikian & Dal Molin, 2020). Segundo Silvestre e Rodrigues (2021), a eflorescência deve ser compreendida como um “marcador visual da qualidade da cura do concreto e do desempenho do sistema de vedação e estanqueidade”.

As infiltrações, amplamente registradas em edificações brasileiras, são causadas, em grande parte, por falhas nos sistemas de impermeabilização, ausência de detalhes técnicos adequados em juntas construtivas ou falhas de execução em lajes, coberturas e fundações. Esse tipo de patologia impacta diretamente no conforto dos usuários e acelera o processo de corrosão das armaduras e desagregação superficial. Como destacam Ferreira e Oliveira (2021), mais de 70% das edificações inspecionadas em programas habitacionais populares apresentaram algum tipo de infiltração ou umidade ascendente nos dois primeiros anos de uso.

O deslocamento de cobrimentos e destacamentos de concreto, por sua vez, representam o estágio avançado da patologia da corrosão. Esses sintomas indicam perda da seção útil da armadura e comprometimento da aderência, fatores que reduzem significativamente a capacidade resistente dos elementos estruturais. Silva e Ribeiro ressaltam:

Boa parte das manifestações patológicas em estruturas de concreto poderia ser evitada por meio de detalhes técnicos adequados, fiscalização de obra eficiente e uso de materiais compatíveis com as exigências do projeto (Silva & Ribeiro, 2022, P. 8).

Entre as causas estruturais, os recalques diferenciais merecem destaque especial. Ocorrem em solos heterogêneos ou em fundações executadas sem o devido estudo geotécnico. Esses deslocamentos desiguais provocam fissuras em elementos verticais e horizontais, prejudicam o funcionamento de portas e janelas e comprometem a estabilidade global da edificação. De acordo com Diniz e Oliveira (2018), “os recalques não tratados a tempo são capazes de gerar estados de fissuração irreversíveis, demandando reforços estruturais custosos e, muitas vezes, inviáveis em áreas ocupadas”.

Outro fator essencial na durabilidade do concreto armado é a relação água/cimento (a/c), que exerce influência direta sobre a porosidade, resistência mecânica e permeabilidade da matriz cimentícia. Relações a/c elevadas resultam em concretos mais porosos e com menor resistência, facilitando a penetração de agentes agressivos como dióxido de carbono, cloretos e sulfatos, que aceleram os processos de carbonatação, lixiviação e corrosão das armaduras. Como destacam Mehta e Monteiro (2014), o controle rigoroso da a/c é uma das estratégias mais eficazes para aumentar a durabilidade do concreto, especialmente em ambientes com exposição agressiva. A ABNT NBR 12655:2015, que trata da preparação, controle e recebimento do concreto, estabelece limites máximos para a relação a/c de acordo com a classe de agressividade do ambiente, reforçando a necessidade de compatibilizar durabilidade, trabalhabilidade e desempenho estrutural desde a fase de projeto.

Por fim, as manifestações patológicas também estão relacionadas à segregação do concreto, quando há separação dos agregados e da pasta cimentícia por falha na mistura, transporte ou lançamento. Tal falha compromete a homogeneidade da peça e reduz sua resistência mecânica, sendo comumente observada em pilares e vigas em balanço.

Todos esses fenômenos exigem uma abordagem técnica estruturada, integrando conhecimento normativo (ABNT), inspeções qualificadas e metodologias de diagnóstico modernas.

Diagnóstico e avaliação técnica das patologias do concreto

O diagnóstico das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado é uma etapa crítica e indispensável para a correta identificação das anomalias, suas causas e o delineamento das intervenções mais adequadas. Trata-se de um

processo técnico-científico que requer metodologia rigorosa, domínio das normas aplicáveis e experiência prática. A correta identificação dos sintomas e, sobretudo, das causas primárias da patologia, permite evitar soluções paliativas, otimizando recursos e garantindo a segurança e longevidade da edificação (Scheidegger & Calenzani, 2019).

A ABNT NBR 5674:2012, que trata da manutenção de edificações, determina que todas as estruturas devem ser periodicamente avaliadas quanto ao seu desempenho, comportamento e possíveis manifestações patológicas. Para isso, o processo de diagnóstico é estruturado em etapas complementares: anamnese da edificação, inspeção visual sistemática, aplicação de ensaios técnicos e emissão de laudo técnico conclusivo.

A anamnese da edificação constitui-se na coleta de informações históricas e técnicas sobre a construção, incluindo projetos estruturais e arquitetônicos, cronograma de execução, métodos construtivos utilizados, registros de manutenção e reformas anteriores. Segundo Mehta e Monteiro (2014), essa etapa é fundamental para compreender os contextos técnico e ambiental em que a estrutura foi concebida e operada, servindo de base para a análise comparativa do desempenho atual da edificação.

A seguir, realiza-se a inspeção visual sistemática, que consiste na observação minuciosa da estrutura por profissional habilitado, com o objetivo de identificar sinais evidentes de degradação, como fissuras, manchas, deslocamentos, descolamentos de revestimentos e deformações. De acordo com Dardengo:

O olhar técnico treinado é capaz de decifrar sinais ocultos da degradação, permitindo ao engenheiro antever problemas que poderiam evoluir silenciosamente até se tornarem críticos (Dardengo, 2010, p. 23).

Apesar de sua importância, a inspeção visual é limitada por sua superficialidade, não sendo suficiente para definir o estágio ou a extensão das patologias. Por isso, são aplicados os ensaios técnicos, que podem ser classificados em destrutivos (EDs) e não destrutivos (ENDs).

Os ensaios não destrutivos vêm ganhando destaque por sua capacidade de avaliar o interior da estrutura sem comprometer sua integridade. Entre os mais utilizados estão:

- **Esclerometria (NBR 7584:2012)** – determina a dureza superficial do concreto, correlacionada com a resistência à compressão.
- **Ultrassom (NBR 8802:2013)** – avalia homogeneidade, presença de vazios e segregações no interior da peça.
- **Carbonatação** – determina a profundidade de neutralização do pH do concreto, essencial para prever riscos de corrosão das armaduras.
- **Ferrosca e pacômetros** – detectam a posição, diâmetro e espaçamento das armaduras.
- **Termografia infravermelha** – identifica áreas com presença de umidade ou desprendimento de revestimentos por diferença de temperatura superficial.

De acordo com Costa e Cascudo (2016), o uso integrado de ENDs permite realizar um mapeamento preciso da condição estrutural com mínima intervenção, o que é ideal para edifícios em uso, hospitais, escolas e patrimônios históricos.

Os ensaios destrutivos, por sua vez, são recomendados quando há necessidade de confirmação de hipóteses ou quando os ENDs não fornecem dados conclusivos. Os principais são:

- **Extração de testemunhos (NBR 7680-1:2015)** – avalia diretamente a resistência à compressão do concreto em serviço.
- **Pull-out e pull-off** – avaliam a aderência entre materiais.

- **Ensaio de tração nas armaduras (NBR 6118:2014)** – utilizado em casos de avaliação do estado de corrosão e perdas de seção.

Após a execução dos ensaios, procede-se a elaboração do laudo técnico, documento que consolida todos os dados obtidos, interpreta os resultados à luz das normas técnicas e propõe soluções técnicas baseadas em critérios de viabilidade, durabilidade, segurança e custo-benefício. Scheidegger e Calenzani (2019) destacam:

Um diagnóstico tecnicamente fundamentado e bem documentado é a base de qualquer decisão estrutural, sendo o elo entre a manifestação observada e a solução aplicada.

A qualidade do diagnóstico depende, também, da experiência e da capacitação do profissional, bem como da familiaridade com os requisitos normativos, como a NBR 9452 (Mapeamento de Fissuras), NBR 8522 (Avaliação de resistência do concreto por ensaios mecânicos) e NBR 15575 (Desempenho de edificações habitacionais).

Ademais, o diagnóstico técnico precisa considerar aspectos ambientais e socioeconômicos da edificação, seu uso e ocupação, condições de acessibilidade e restrições operacionais. Por exemplo, em habitações de interesse social, as soluções devem priorizar a viabilidade prática e a manutenção simplificada, sem comprometer a segurança. Isso reforça a necessidade de integração entre engenharia diagnóstica, gestão predial e política habitacional, como defendem Tanaka e Pereira (2021).

Com o avanço tecnológico, novas ferramentas têm sido incorporadas ao processo diagnóstico, como modelagem por elementos finitos, monitoramento remoto com sensores embutidos e uso de drones para inspeções em áreas de difícil acesso, o que vem revolucionando a forma de se realizar o acompanhamento do comportamento estrutural ao longo do tempo (Moura et al., 2023).

Portanto, o diagnóstico de patologias não se resume a uma avaliação visual ou técnica isolada. Ele deve ser encarado como uma etapa estratégica da engenharia de manutenção e reabilitação de estruturas, capaz de orientar intervenções com alto grau de precisão, evitando desperdícios, prolongando a vida útil das construções e promovendo maior sustentabilidade ao ambiente construído.

Intervenções preventivas e corretivas das patologias estruturais do concreto

A manutenção da integridade estrutural e da durabilidade das edificações exige, além de um diagnóstico técnico adequado, a aplicação de intervenções corretivas e preventivas rigorosamente fundamentadas em critérios normativos, metodológicos e científicos. No contexto das estruturas de concreto armado, essas intervenções representam estratégias fundamentais para restaurar ou preservar as condições de desempenho previstas no projeto original, conforme estabelecido pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, especialmente a ABNT NBR 5674:2012, que trata da manutenção de edificações, e a NBR 15575:2021, que define os requisitos de desempenho. Intervir em uma estrutura não se resume à aplicação de técnicas de recuperação, mas exige conhecimento profundo das causas das patologias, dos materiais envolvidos, do ambiente de exposição e das solicitações estruturais atuantes.

As intervenções corretivas visam a restabelecer a funcionalidade e a segurança estrutural de elementos já afetados por manifestações patológicas. Entre as técnicas amplamente utilizadas destacam-se a selagem de fissuras com resinas epoxídicas, o grauteamento de vazios internos, a aplicação de argamassas poliméricas modificadas, a recuperação de cobrimentos corroídos com passivação de armaduras e, em casos mais severos, o reforço estrutural com fibras de carbono (FRP), chapas metálicas coladas ou concreto projetado. A escolha da técnica apropriada deve considerar critérios como extensão e gravidade da patologia, acessibilidade, capacidade portante da estrutura, compatibilidade dos materiais e viabilidade técnica e econômica.

Ascione e Prota (2010) afirmam que os sistemas FRP se destacam por sua leveza, alta resistência mecânica e aplicabilidade em condições de limitação de espaço e sobrepeso, sendo ideais para reabilitações rápidas e duráveis.

Além das propriedades físicas e químicas, é fundamental respeitar os aspectos de compatibilidade eletroquímica e mecânica entre os materiais antigos e novos. Como demonstrado por Tutikian e Dal Molin (2020), falhas recorrentes em intervenções estão associadas à má aderência, diferenças de módulo de elasticidade, variações térmicas entre substratos e uso inadequado de materiais, o que pode agravar o quadro patológico. A literatura técnica recomenda, ainda, que as superfícies de concreto a serem reparadas sejam devidamente tratadas com técnicas de jateamento abrasivo, lixamento, escarificação ou aplicação de agentes de ligação, a fim de garantir a durabilidade e a integridade do reparo.

Com o advento das tecnologias digitais e materiais de alto desempenho, novas possibilidades de monitoramento e manutenção estão disponíveis. O uso de sensores embutidos, plataformas de inspeção com drones e sistemas de monitoramento contínuo via internet das coisas (IoT) permite a identificação precoce de falhas, minimizando os custos de intervenção. Moura et al. (2023) demonstram que edifícios equipados com sistemas inteligentes de manutenção apresentaram até 50% menos manifestações patológicas em comparação aos empreendimentos convencionais.

Por outro lado, as intervenções preventivas são essenciais para evitar a degradação prematura das estruturas, assegurando sua durabilidade e reduzindo os custos de recuperação. Essas ações incluem impermeabilização eficiente, proteção superficial contra agentes agressivos, inspeções periódicas, correções de detalhes construtivos e implementação de planos de manutenção predial. Segundo Tanaka e Pereira (2021), o investimento em manutenção preventiva gera benefícios duradouros e contribui para a sustentabilidade das edificações, além de reduzir drasticamente o número de falhas estruturais.

A cultura do reparo emergencial, pautada pela ausência de planejamento e pela busca por soluções rápidas e de baixo custo, representa um dos maiores entraves à durabilidade das construções no Brasil. A manutenção preventiva, quando planejada desde o projeto, é mais eficaz, menos onerosa e mais segura. Ela exige comprometimento institucional e técnico, mas proporciona economia de recursos, valorização patrimonial e maior sustentabilidade ao ambiente construído (Tanaka & Pereira, 2021, p. 6).

Essas ações devem ser institucionalizadas e documentadas por meio de planos de manutenção técnica, conforme orienta a NBR 5674:2012, que estabelece os níveis de manutenção (preventiva, corretiva, preditiva) e seus prazos. No entanto, o cenário brasileiro ainda apresenta sérios entraves culturais e operacionais à implementação efetiva dessas práticas, principalmente em edificações de interesse social. Ferreira e Oliveira (2021) destacam que a ausência de planos de manutenção estruturados é uma das principais causas da degradação precoce em conjuntos habitacionais.

Outro aspecto crítico diz respeito à sustentabilidade das intervenções. O uso de materiais com menor impacto ambiental, recicláveis ou com certificações de baixo carbono deve ser considerado em consonância com os princípios da engenharia verde, que consiste na aplicação de práticas e tecnologias sustentáveis no ciclo de vida das construções, visando reduzir a pegada ecológica, otimizar recursos e minimizar resíduos. Essa abordagem prioriza soluções que preservem o meio ambiente, garantam eficiência energética e promovam a reutilização e a durabilidade dos materiais. Helene (2010) destaca que:

As intervenções duráveis são aquelas baseadas em critérios científicos, compatíveis com o ambiente de exposição, com o comportamento da estrutura e com a natureza do dano (Helene, 2010, p. 144).

Dessa forma, observa-se que a adoção de práticas sustentáveis e tecnicamente fundamentadas na reabilitação de estruturas de concreto não é apenas uma exigência ambiental contemporânea, mas uma diretriz estratégica para a engenharia civil. A incorporação de princípios da engenharia verde às intervenções corretivas e preventivas amplia a vida útil das edificações, reduz custos ao longo do ciclo de vida e fortalece a responsabilidade socioambiental dos profissionais da construção. Com base em critérios técnicos, normativos e sustentáveis, torna-se possível consolidar uma cultura de

manutenção e reabilitação mais eficiente, preventiva e ética, garantindo estruturas mais duráveis, seguras e alinhadas com os desafios ambientais do século XXI.

O papel das normas técnicas e da capacitação profissional

No universo da construção civil, especialmente no âmbito das estruturas de concreto armado, a conformidade com as normas técnicas e a qualificação dos profissionais são fatores determinantes para o desempenho, a segurança e a durabilidade das edificações. O cumprimento das diretrizes estabelecidas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) assegura a padronização dos processos, a minimização de erros construtivos e a aplicação de boas práticas na execução, manutenção e recuperação das estruturas. As normas técnicas não são meras recomendações; representam o estado da arte da engenharia, condensando o conhecimento científico, os avanços tecnológicos e as lições aprendidas ao longo de décadas de prática profissional.

A ABNT, por meio de normas como a NBR 6118:2023 (projeto de estruturas de concreto), NBR 15575:2021 (desempenho de edificações), NBR 9452:2016 (mapeamento de fissuras), NBR 7680-1:2015 (extração de testemunhos), entre outras, oferece um arcabouço normativo robusto que orienta desde o dimensionamento estrutural até as técnicas de manutenção e recuperação. O não cumprimento dessas normas compromete não apenas a qualidade técnica das obras, mas também a integridade dos usuários e o desempenho global da construção ao longo de seu ciclo de vida. Como destaca Helene (2010), a durabilidade das estruturas é função direta da aderência às boas práticas normativas, da seleção de materiais apropriados ao ambiente de exposição e da correta execução.

O maior risco para a durabilidade das construções está na omissão normativa e na improvisação técnica. Quando as normas são ignoradas ou tratadas como opcionalidade, as estruturas tornam-se vulneráveis, os custos de manutenção aumentam e a confiança na engenharia é abalada (Helene, 2010, p. 52).

Além da observância às normas, a capacitação técnica contínua dos profissionais da construção civil é igualmente essencial. A atualização constante sobre novas técnicas de execução, novos materiais e métodos de diagnóstico e intervenção permite que engenheiros, arquitetos e tecnólogos tomem decisões fundamentadas, eficientes e economicamente viáveis. Em um setor marcado pela inovação e pelo avanço tecnológico, a estagnação do conhecimento representa risco técnico e ético. Segundo Diniz e Oliveira (2018), a carência de formação continuada está diretamente associada à má aplicação de sistemas construtivos e ao crescimento de falhas patológicas, principalmente em obras públicas ou de habitação popular, onde os prazos curtos e a baixa fiscalização agravam o problema.

Nesse cenário, as instituições de ensino, os conselhos profissionais (como o CREA e o CAU), os programas de pós-graduação e as certificações técnicas têm papel decisivo na promoção da excelência profissional. Iniciativas como a exigência de ARTs (Anotações de Responsabilidade Técnica), programas de educação continuada e a normatização de processos executivos ajudam a assegurar que os profissionais estejam aptos a atuar em conformidade com as exigências contemporâneas da engenharia civil.

Outro fator que reforça a importância normativa e da capacitação é a crescente judicialização de falhas construtivas. Em ações judiciais envolvendo colapsos, infiltrações, vícios construtivos ou acidentes, a perícia técnica frequentemente identifica o descumprimento de normas ou a atuação de profissionais não habilitados como causas principais dos danos. Isso evidencia que a conformidade normativa e a atuação técnica responsável não são apenas requisitos de qualidade, mas também de segurança jurídica.

Por fim, o alinhamento entre normas técnicas e capacitação profissional deve ser visto como um compromisso ético da engenharia com a sociedade. Edificações duráveis, seguras e sustentáveis dependem da integração entre conhecimento técnico atualizado, observância normativa e responsabilidade profissional. Como defendem Milani e Rebecchi (2022), somente

com uma engenharia comprometida com a ciência, a ética e a formação contínua será possível reverter o quadro de reincidência de falhas e promover uma cultura construtiva de excelência.

Estudo de caso: análise de manifestações patológicas em edifício comercial

Este estudo de caso foi desenvolvido com base em uma edificação comercial localizada no município de Linhares–ES, composta por oito pavimentos estruturais em concreto armado e fundações profundas do tipo estaca moldada in loco. A edificação, concebida para uso misto entre escritórios e lojas, foi selecionada por apresentar manifestações patológicas significativas ainda nos primeiros anos de uso, o que evidencia deficiências em etapas críticas do processo construtivo.

Durante a vistoria técnica, concentrada no pavimento garagem, foram identificadas patologias com potencial impacto estrutural, incluindo fissuras verticais por flexão, armaduras expostas com corrosão visível, pontos de segregação de concreto em pilares e perfurações não previstas em vigas. Essas ocorrências, localizadas em regiões de grande solicitação, foram diagnosticadas por meio de inspeção visual sistematizada e documentação técnica, orientada por normas como a ABNT NBR 6118:2023, NBR 5674:2012 e NBR 9452:2016.

A análise buscou compreender não apenas a morfologia das manifestações, mas também suas causas primárias, permitindo a proposição de soluções compatíveis com o grau de deterioração identificado. Os danos observados foram atribuídos a falhas na execução dos elementos estruturais, ausência de controle tecnológico adequado e lacunas na compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações prediais.

A abordagem técnica adotada envolveu integração entre levantamento histórico, inspeção visual qualificada, registros fotográficos e correlação com a literatura especializada. A partir disso, foram definidas intervenções corretivas e recomendações preventivas baseadas em critérios de viabilidade, desempenho e segurança. O caso analisado reforça a importância do diagnóstico precoce e da cultura da manutenção planejada como estratégias essenciais para mitigar riscos, evitar colapsos localizados e garantir a durabilidade das construções.

Patologias identificadas

As manifestações patológicas identificadas foram classificadas com base na sua localização, morfologia, gravidade e impacto estrutural, conforme critérios das normas ABNT NBR 9452:2016, NBR 7680-1:2015, NBR 15575:2021 e NBR 6118:2023. A metodologia adotada seguiu diretrizes de inspeção técnica e categorização por nível de severidade, permitindo a definição de intervenções adequadas a cada anomalia detectada no pavimento garagem da edificação.

Furação não projetada em viga

Durante a inspeção, foi identificada uma abertura circular de 100 mm no terço médio de uma viga principal, localizada na região de tração máxima. A intervenção não constava no projeto estrutural, comprometendo a integridade da peça.

A furação não prevista reduz a área resistente da viga em um ponto de tração máxima, podendo iniciar o processo de fissuração e comprometer sua estabilidade (Arivabene, 2015, p. 16).

A borda da abertura apresentava microfissuras e a armadura longitudinal superior estava parcialmente seccionada, aumentando o risco de falha localizada. Visualize a Figura 1.

Figura 1 – *Viga com perfuração indevida e rompimento de estribo.*



Fonte: Arivabene (2015, p. 16).

A solução técnica consistiu em reforço com chapas metálicas fixadas com epóxi ou parabolts, restaurando a seção resistente. Recomendou-se monitoramento periódico e compatibilização entre os projetos, conforme a ABNT NBR 15965:2020.

Exposição da armaduras e concretagem deficiente

Foram observados trechos de viga com armaduras expostas e concreto poroso, resultado de falhas na execução, como vibração insuficiente, uso de fôrmas inadequadas e dosagem inadequada, conforme a Figura 2.

As estruturas de concreto armado apresentam ocorrências de corrosão das armaduras, devido aos seguintes processos desencadeadores: cobrimento insuficiente da armadura; concreto poroso; existência de anomalias no concreto; utilização de adesivos à base de cloretos; ataque externo de cloretos e outros agentes químicos (Ambrósio, 2004, p. 18).

Figura 2 – *Viga de sustentação da laje do pavimento garagem.*



Fonte: Arivabene (2015, p. 16).

A recomendação técnica incluiu jateamento de sílica nas armaduras, passivação e aplicação de argamassa compatível com o substrato. O reparo deve considerar a espessura de revestimento conforme a classe de agressividade ambiental (NBR 6118:2023) e inserir-se em um plano de manutenção preditiva (NBR 5674:2012).

Fissuras verticais por flexão

Foi identificada uma fissura vertical na parte inferior de viga central, associada à sobrecarga ou alteração não prevista de uso, de acordo com a Figura 3.

Figura 3 – Trinca em viga de sustentação da laje do pavimento garagem.



Fonte: Arivabene (2015, p. 16).

Observa-se que:

As sobrecargas podem produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes (Oliveira, 2012).

As fissuras indicam deformações incompatíveis com o projeto original. Trincas com abertura superior a 0,3 mm já requerem intervenção, conforme NBR 6118:2023. A solução incluiu selagem com resina epóxi e reavaliação da carga solicitante.

Segregação do concreto na base de pilares

Registrou-se segregação em bases de pilares, com “bicheiras”, falhas de aderência entre agregados e armaduras expostas, em decorrência de lançamento inadequado do concreto e falta de vibração. Como nota-se na Figura 4.

A falta de vibração do concreto é uma das principais causas de segregação e formação de vazios nos elementos estruturais, comprometendo sua capacidade resistente e durabilidade (Helene & Pereira, 2015, p. 45).

Figura 4 – Base de pilar no pavimento garagem.



Fonte: Arivabene (2015, p. 16).

O reparo consistiu em escarificação da região danificada, limpeza das armaduras com jateamento e preenchimento com argamassa especial de alta aderência (“dry pack”), conforme recomendações de Souza e Ripper (1998).

Análise dos Resultados e Confronto com a Literatura

Os achados do estudo de caso não apenas confirmam os padrões discutidos na literatura técnica, mas também ilustram com clareza a forma como as manifestações patológicas se manifestam na prática construtiva nacional. A seguir, são discutidos os resultados gerais da pesquisa, com base na análise documental, normas técnicas e literatura especializada, permitindo a consolidação dos principais fatores que contribuem para a degradação precoce das estruturas de concreto armado em obras de médio porte.

A investigação das patologias estruturais em edificações de concreto armado permitiu identificar padrões recorrentes de falhas que comprometem diretamente a durabilidade, a segurança e o desempenho funcional das construções. A análise documental, aliada ao estudo de caso aplicado, revelou que manifestações como fissuras, segregação, corrosão de armaduras, perfurações não previstas e exposição de armaduras são prevalentes em obras de médio porte, especialmente quando há negligência no cumprimento das normas técnicas e ausência de controle de qualidade na execução. Segundo Helene (2010, p. 41), “o diagnóstico das manifestações patológicas deve estar ancorado em uma abordagem sistêmica e multidisciplinar, considerando os diversos agentes causadores”.

Entre os achados mais relevantes, observou-se que mais de 70% das manifestações identificadas estavam associadas a falhas executivas, como lançamento inadequado do concreto, ausência de vibração, uso de fôrmas absorventes e desatenção ao cobrimento mínimo das armaduras. Tais falhas, documentadas tanto em relatórios técnicos quanto na literatura especializada, demonstram que o problema não reside apenas na qualidade dos materiais, mas sobretudo na ausência de fiscalização qualificada e de capacitação técnica da mão de obra. Diniz e Oliveira (2018, p. 91) reforçam que “o desconhecimento das boas práticas executivas e a inobservância das normas técnicas estão entre os principais causadores de manifestações patológicas em obras de pequeno e médio porte”.

A presença de trincas por flexão e perfurações indevidas em vigas foi particularmente crítica no estudo de caso analisado, comprometendo a integridade das seções transversais e colocando em risco a estabilidade dos elementos estruturais.

Esses achados estão em consonância com o que reportam Helene e Pereira (2015, p. 36), ao afirmarem que “as trincas longitudinais e os cortes indevidos em elementos estruturais são expressões diretas da incompatibilidade entre o projeto original e as intervenções executadas, revelando ausência de controle técnico e de compatibilização entre disciplinas”.

Outro ponto de destaque foi a verificação de segregação do concreto nas bases de pilares, sinalizando falhas no processo de adensamento e lançamento, conforme descrito na NBR 12655:2015. A patologia se apresentou na forma de bicheiras e exposição de armaduras em regiões críticas de apoio, indicando comprometimento da monoliticidade do elemento e da transmissão de esforços verticais. Souza e Ripper (1998, p. 78) destacam que “o controle de execução e a verificação visual das regiões de apoio devem ser rigorosos, pois a má compactação do concreto pode comprometer o desempenho estrutural e facilitar o início de processos de corrosão”.

As discussões revelam também que, além das causas técnicas e operacionais, aspectos culturais e institucionais influenciam diretamente na recorrência de patologias em estruturas de concreto armado. Em muitas edificações, especialmente de interesse social, a ausência de planos de manutenção predial, a descontinuidade da capacitação profissional e a priorização do custo imediato em detrimento da durabilidade comprometem a longevidade das construções. Conforme destacam Tanaka e Pereira (2021), tais decisões refletem um modelo construtivo ainda carente de planejamento sustentável e de políticas públicas voltadas à conservação do patrimônio edificado.

Por fim, os resultados da pesquisa indicam que a durabilidade das estruturas de concreto armado depende diretamente de um conjunto de fatores interdependentes: projeto adequado às solicitações e ao ambiente de exposição, execução precisa e conforme as normas técnicas, monitoramento periódico, e planejamento de manutenção preventiva. As manifestações patológicas, portanto, devem ser vistas como sintomas de falhas sistêmicas no ciclo de vida da construção, e não como eventos isolados. Os achados do presente estudo corroboram a importância da engenharia diagnóstica integrada à gestão de obras e reforçam a necessidade de uma abordagem proativa e multidisciplinar no enfrentamento das anomalias construtivas. Segundo Milani e Rebecchi (2022, p. 107), “a cultura da durabilidade é construída com base em decisões técnicas conscientes, responsabilidade profissional e compromisso com a vida útil da edificação”.

4. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo analisar as manifestações patológicas mais recorrentes em estruturas de concreto armado, identificando suas causas, classificações, metodologias de diagnóstico e intervenções adequadas à luz das normas técnicas brasileiras. Por meio da revisão bibliográfica especializada, de normas da ABNT e da análise de um estudo de caso real, foi possível compreender, de forma aprofundada, a origem e o impacto das patologias estruturais sobre o desempenho, a durabilidade e a segurança das edificações.

A investigação revelou que a maior parte das falhas patológicas está diretamente relacionada a deficiências na execução das obras, ausência de fiscalização qualificada, despreparo técnico da mão de obra, falhas de projeto e negligência com a manutenção preventiva. Tais fatores expõem a vulnerabilidade do setor da construção civil, que, apesar da vasta normatização disponível, ainda sofre com a recorrência de erros evitáveis e com a carência de uma cultura de durabilidade e responsabilidade técnica.

O estudo de caso analisado permitiu a visualização prática das patologias descritas na teoria, evidenciando problemas como perfurações indevidas, exposição de armaduras, trincas por flexão, segregação do concreto e falhas na proteção superficial. Esses danos estruturais, se não diagnosticados e tratados adequadamente, comprometem a integridade da edificação e podem gerar custos significativos com reparos, além de riscos à segurança dos usuários.

Fica evidente que o enfrentamento eficaz das patologias estruturais exige uma abordagem sistêmica que integre: projeto técnico compatível com a realidade construtiva, escolha criteriosa dos materiais, respeito às normas vigentes,

fiscalização permanente, capacitação continuada dos profissionais e implementação de planos de manutenção predial. A engenharia diagnóstica, nesse contexto, se consolida como um campo estratégico e indispensável para garantir edificações mais duráveis, seguras e sustentáveis.

Conclui-se, portanto, que compreender e tratar as manifestações patológicas não é apenas uma exigência técnica, mas uma responsabilidade ética e social dos profissionais da construção civil. A prevenção é sempre mais eficaz e menos onerosa do que a remediação, e investir em qualidade desde a concepção do projeto até a vida útil da edificação é o caminho mais seguro para uma engenharia comprometida com o desempenho e a segurança das estruturas. Espera-se que os achados deste trabalho contribuam para a formação de uma cultura mais crítica e preventiva no setor, incentivando boas práticas e fortalecendo a importância da norma técnica e da capacitação profissional contínua.

Referências

- Arivabene, R. S. (2015). Patologia das estruturas de concreto: estudo de caso em edificação institucional. Editora da UTFPR.
- Ascione, L., & Prota, A. (2010). Fiber reinforced polymer (FRP) composites in civil engineering. Editora Springer.
- Ascione, L., & Prota, A. (2010). Innovative materials and techniques in concrete construction: Proceedings of the international RILEM workshop. RILEM Publications.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1996). NBR 13752: Manifestações patológicas em edificações. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). NBR 5674: Manutenção de edificações. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). NBR 7584: Concreto - Ensaio de esclerometria. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). NBR 8802: Concreto - Ensaio de ultra-som. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015). NBR 7680-1: Concreto endurecido - Extração de testemunhos. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2021). NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2023). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. ABNT.
- Bardin, L. (2016). Análise de conteúdo. Edições 70.
- Bartlett, L., & Vavrus, F. (2017). Estudos de caso comparado. *Educação & Realidade*, 42(3). <https://doi.org/10.1590/2175-623668636>
- Carneiro, C. (2018). El estudio de casos múltiples: estrategia de investigación en psicoanálisis y educación. *Psicologia USP*, 29(2). <https://doi.org/10.1590/0103-656420170151>
- Castañeda, A., & Andrade, C. (2020). Corrosão e técnicas de reabilitação em estruturas de concreto. Oficina de Textos.
- Costa, E., & Cascudo, O. (2016). Ensaio não destrutivo em estruturas de concreto. Editora da UFC.
- Costa, H. P., & Cunha, P. T. (2018). Análise e diagnóstico de materiais e sistemas construtivos. Editora Blucher.
- Dardengo, J. L. (2010). Manual de diagnóstico de patologias em estruturas. CREA-MG.
- Diniz, J. A., & Oliveira, F. M. M. (2018). Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: Causas e consequências. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2(5), 85–94.
- Ferreira, L., & Oliveira, M. (2021). Manutenção predial em habitações sociais. *Revista Engenharia e Construção*, 11(3), 45–58.
- Gil, A. C. (2002). Métodos e técnicas de pesquisa social. Editora Atlas.
- Helene, P. (2010). Ensaio e durabilidade de estruturas. PINI.
- Helene, P. (2010). Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. PINI.
- Helene, P., & Pereira, J. B. (2015). Patologia das construções. PINI.
- Lopes, C., et al. (2024). Diagnóstico de falhas em residências populares. *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Civil*.
- Martins, R. (2020). Umidade e eflorescência em concretos. *Revista Concreto & Construção*, (86), 22–30.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). Concreto: microestrutura, propriedades e materiais (2ª ed.). IBRACON.
- Milani, M., & Rebecchi, R. (2022). Gestão de qualidade na construção civil. Editora Blucher.

- Milititsky, J., Consoli, N. A., & Schnaid, F. (2015). *Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações* (2ª ed.). Oficina de Textos.
- Moura, F., et al. (2023). Monitoramento em tempo real de estruturas de concreto. *Revista Engenharia Avançada*, 7(2), 33–48.
- Neves, B., & Vázquez, M. (2021). *Fissuras e trincas em concreto armado*. PINI.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica* [e-book]. Editora UAB/NTE/UFSM. <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>
- Ripper, T., & Souza, V. C. M. (1998). *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. PINI.
- Scheidegger, L., & Calenzani, A. (2019). *Diagnóstico estrutural: teoria e prática*. UFES.
- Silva, J., & Ribeiro, A. (2022). Patologias em concreto armado. *Revista Brasileira de Engenharia*, 18(2), 5–12.
- Souza, V. C. M., & Ripper, T. (1998). *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. PINI.
- Tanaka, A. C. A., & Pereira, J. P. (2021). Manutenção predial e durabilidade das edificações. *Revista Gestão e Tecnologia de Projetos*, 16(2), 1–13.
- Tanaka, M., & Pereira, L. (2021). *Políticas de manutenção predial no Brasil*. Editora da UTFPR.
- Tutikian, B. F., & Dal Molin, D. C. C. (2020). *Concreto: ensino, pesquisa e inovação*. Oficina de Textos.
- Tutikian, B., & Dal Molin, D. (2020). *Durabilidade do concreto*. Editora Bookman.
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Editora Bookman.