



PRINCIPAIS TIPOS DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES: COMPARAÇÃO ENTRE ESTUDOS DE CASO

MAIN TYPES OF PATHOLOGIES IN BUILDINGS: COMPARISON BETWEEN CASE STUDIES

Leandro Martins da SILVA

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: leandromartins.lm29@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-3751-9910>

Maycon Vinício Herculano BATISTA1

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: mayconkoold28@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-1028-6472>

Indira Queiroz Macambira BEZERRA

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: indiraqmb@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2492-8909>

RESUMO

O presente estudo enfoca Patologia na Engenharia Civil com ênfase nas causas, manifestações e procedimentos de correção aos problemas de fundação. A fundação de uma obra é crucial para a estabilidade e segurança desta e falhas conduzem a consequências sérias. Os problemas normalmente apresentados são falhas de projeto, execução inadequada e utilização de materiais de baixa qualidade. A gestão de risco na Engenharia desenvolveu-se na direção de análises mais contemporâneas para evitar patologias nas estruturas fundacionais. A proposta do artigo é a identificação das causas de patologias nas fundações e estratégias para evitar, diagnosticar e remediar as falhas, focando na segurança e durabilidade estrutural. Foram estudados dois casos de estudo em patologias em fundações de estruturas em concreto armado: Estudo de Arivabene (2015) - Encontrou fissuras, trincas e corrosão como principais problemas. Sugere reparo estrutural com chapas metálicas e limpeza de armaduras para a restauração da integridade; Estudo de Bezerra (2021) - Aponta a corrosão das armaduras devido à presença de cloretos. Sugere métodos eletroquímicos e revestimentos adequados, para evitar próxima manifestação da patologia. Ambos os estudos demonstram a necessidade do emprego de boas práticas e do monitoramento

a longo prazo, para evitar patologias severas, aduzindo que a manutenção e o diagnóstico precoce para a superveniente longevidade das construções são primordiais.

Palavras-chave: Concreto. Edificação. Patologias.

ABSTRACT

This study focuses on Pathology in Civil Engineering with an emphasis on the causes, manifestations and correction procedures for foundation problems. The foundation of a work is crucial to its stability and safety, and failures lead to serious consequences. The problems typically presented are design flaws, inadequate execution and use of low-quality materials. Risk management in Engineering has developed towards more contemporary analyses to avoid pathologies in foundation structures. The proposal of the article is to identify the causes of pathologies in foundations and strategies to avoid, diagnose and remedy failures, focusing on structural safety and durability. Two case studies of pathologies in foundations of reinforced concrete structures were studied: Study by Arivabene (2015) - Found cracks, fissures and corrosion as the main problems. Suggests structural repair with metal plates and cleaning of reinforcements to restore integrity; Study by Bezerra (2021) - Points out corrosion of reinforcements due to the presence of chlorides. It suggests electrochemical methods and appropriate coatings to prevent future manifestations of the pathology. Both studies demonstrate the need to employ good practices and long-term monitoring to avoid severe pathologies, arguing that maintenance and early diagnosis are essential for the subsequent longevity of buildings.

Keywords: Concrete. Building. Pathologies.

INTRODUÇÃO

O termo Patologia é o campo da Engenharia que se atém ao estudo das origens, formas das manifestações, consequências e motivos das ocorrências, falhas e degradação das estruturas (Souza; Ripper, 1998). As fundações constituem o alicerce fundamental de qualquer edificação, sustentando toda sua estrutura. Qualquer irregularidade pode comprometer seriamente a estabilidade da construção, patologia é uma área de estudo,

PRINCIPAIS TIPOS DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES: COMPARAÇÃO ENTRE ESTUDOS DE CASO. Leandro Martins da SILVA; Maycon Vinício Herculano BATISTA. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2024 - MÊS DE NOVEMBRO - Ed. 56. VOL. 02. Págs. 300-323. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

uma ciência, é importante ressaltar que patologia é diferente de manifestação patológica, na construção civil, uma fissura em uma estaca é uma manifestação patológica, já o estudo da patologia se refere a buscar a explicação, a origem ou os fatores que estão atingindo determinado sistema construtivo e assim encontrar a forma mais correta de corrigi-lo (Bolina; Tutikian; Helene, 2019). Todo o processo de construção, atravessa diversas etapas essenciais, como planejamento, elaboração e aprovação de projetos, análises quantitativas e qualitativas, seleção de materiais, contratação de mão-de-obra e adoção de tecnologias. No entanto, ao longo desse processo, é comum ocorrerem falhas na execução devido à falta de informação e à ausência de estudos preliminares na área. As fundações desempenham um papel crucial na estabilidade e segurança da obra, portanto, deve-se tratar de uma estrutura sólida e segura, a evolução dos conhecimentos técnicos e as experiências adquiridas sobre durabilidade das estruturas de concreto conduziram às reformulações de normas e procedimentos, passando essas novas normas a apresentar importantes diretrizes e exigências de qualidade de projeto e construção, assim como novas condutas de manutenção necessárias, sendo assim a missão essencial dos profissionais que executam uma obra é mitigar os riscos.

As patologias representam um desafio constante, pois podem surgir por uma série de razões. As falhas ou equivocções do estudo preliminar e do anteprojeto são responsáveis principalmente pelo aumento do custo da construção, e por transtornos a utilização da obra, enquanto as falhas nos projetos executivos podem levar a problemas patológicos mais graves, erros de dimensionamento e de falta de compatibilização entre estrutura e arquitetura, detalhamento inadequado ou inexecutável, deficiências nos cálculos estruturais ou de resistência do solo, uso incorreto de materiais e falta de padronização nas representações do projeto.

Na engenharia civil, a identificação e gestão desses riscos têm evoluído constantemente, passando da abordagem tradicional baseada em fatores de segurança para uma análise mais atualizada que leva em conta a probabilidade e os riscos associados. Muitos fatores podem atingir diretamente uma estrutura, as patologias podem afetar elementos fundamentais da construção, comprometendo não apenas a integridade das fundações, mas também a segurança e durabilidade de toda a estrutura.

A avaliação deste risco depende da variabilidade dos eventos que podem levar a ruína mesmo que os fatores de segurança prescritos nas normas tenham sido obedecidos.

Estes eventos podem ser classificados em previsíveis e imprevisíveis, os cenários de eventos adversos imprevisíveis encontram-se codificados no CODAR - Codificação de desastres, ameaças e riscos, publicados pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (2018) e, os eventos considerados previsíveis pela sociedade encontram-se prescritos nas Normas Brasileiras da ABNT, e.g. NBR 8681 e NBR 6122. O cenário de análise limita-se à determinação do risco da fundação de uma obra a partir de uma abordagem estatística simples baseada na hipótese fundamental de distribuição normal gaussiana das variáveis envolvidas.

OBJETIVO

Identificar as causas e mecanismos das patologias em fundações.

Objetivos Específicos

Este trabalho tem como objetivo elaborar uma revisão bibliográfica sobre patologias em edificações. Além disso, tentou-se identificar as patologias mais recorrentes, suas causas e estratégias eficientes para prevenir, diagnosticar e reabilitar as edificações, comparando dois estudos publicados anteriormente.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fundações são elementos estruturais responsáveis por transmitir as cargas das edificações para o solo. (Azeredo, 1988 apud Melhado, 2002). É de suma importância entender que as fundações representam em média de 3 a 6% do valor total da obra, esse valor pode chegar a 15% em certos casos, ocorre devido às características do solo, nesse contexto a escolha da fundação adequada torna-se crucial, determinando-se a profundidade e o tipo de infraestrutura de sustentação, assim (Milititsky et al, 2015).

Existem dois grupos de fundações com variados tipos, fundações rasas e profundas, elas projetam-se de acordo com a carga solicitada e o tipo do solo onde será executada. Alguns edifícios estão sujeitos a deslocamentos verticais ou assentamentos irregulares durante um determinado período após a conclusão ou mesmo durante a construção até que seja alcançado o equilíbrio entre as suas cargas e o solo.

Na maioria das vezes, os problemas se manifestam na construção da edificação e não necessariamente após a conclusão da obra, decorrentes da fase de elaboração do

projeto, onde há divergências entre projetos, falta de medições e estudos do solo, dimensões inadequadas Cálculos estruturais inadequados e especificações de materiais, bem como durante a execução, por vezes associada à utilização de materiais de baixa qualidade e/ou aceleração das etapas de execução da obra para reduzir tempos de obra, mão de obra não qualificada e falta de acompanhamento técnico para controle contínuo de qualidade.

As fundações rasas são usadas quando o solo superficial tem capacidade suficiente para suportar as cargas da estrutura. (Melhado, et al. 2002 apud Fabiani, s.d.), sendo empregadas em casos de cargas leves.

Por outro lado, a fundação é considerada profunda e é mais utilizada em edifícios e nos casos em que o solo não atinge a resistência desejada em grandes profundidades e suas dimensões ultrapassam todos os limites acima mencionados. (Melhado, et al, 2002).

Tipos de Fundação

Fundação Rasa

Ainda seguindo o que diz a NBR 6122 (ABNT, 2019), fundações rasas tem sua base assentada a uma profundidade inferior a 2 vezes a menor dimensão de projeto, recebendo as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada e, para tanto, considera-se a menor profundidade, caso não seja constante em todo o perímetro da fundação.

A ABNT NBR (6122:2010) divide as fundações superficiais em quatro tipos:

- Sapata isolada: elemento de fundação de concreto armado dimensionado de maneira que as tensões de tração existentes sejam resistidas pela armadura empregada neste elemento;
- Sapata associada: elemento de fundação dimensionado da mesma forma que a sapata isolada, porém este tipo de fundação é comum a mais de um pilar, por isso sendo designada como sapata associada;
- Sapata corrida: elemento de fundação sujeito a ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares que seguem um mesmo alinhamento;
- Radier: elemento de fundação que recebe todos, ou parte, das cargas da edificação e as transmite sobre uma grande área de solo.

Fundação Profunda

Conforme classificação da NBR 6122 (ABNT, 2019), fundações profundas são aquelas que transmitem cargas ao terreno pela base (ponta) ou superfície lateral (fuste) ou ainda, pela combinação das duas, sendo a ponta ou base apoiada a uma profundidade maior que 8 vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 metros. Caso não atingido o limite de 8 vezes, justifica-se a denominação. Neste tipo de fundação estão incluídas estacas e tubulões.

A ABNT NBR (6122:2010), classifica as fundações profundas em dois tipos:

- Estaca: Elemento de fundação executado por equipamentos e ferramentas, sem a necessidade da descida de um operário. Nesse tipo de fundação, a resistência lateral é superior à resistência de ponta. Dentre os vários materiais possíveis a serem utilizados nas estacas, pode-se citar: concreto moldado no local, concreto pré-moldado, aço, madeira ou através da combinação dos materiais anteriores. Além disso, as estacas podem ser agrupadas em três subgrupos como escavada, cravadas e as injetadas;
- Tubulão: Elemento de fundação que requer a escavação do terreno para permitir a descida de uma pessoa, a fim de realizar o alargamento da base do tubulão. Para isso, o tubulão deve ter um fuste com, no mínimo, 70 cm de diâmetro. Neste tipo de fundação profunda a transferência de cargas para o solo se dá predominantemente pela base do tubulão.

Patologias

Segundo Schwirck (2005) as patologias são decorrentes das inúmeras incertezas e riscos que podem acontecer na construção e vida útil das fundações.

De acordo com Milititsky et. al. (2015), as principais manifestações patológicas oriundas de problemas nas fundações são: fissuras, trincas, rachaduras e desaprumos da edificação.

É necessário planejamento e investimento no ato de evitar patologias, bem como riscos e gastos associados. Toda a equipe responsável deve decidir quais problemas devem ser colocados em primeiro plano, adiados ou até mesmo ignorados, analisando a finalidade da construção e situações sujeitas cotidianamente de acordo com o tipo de negócio, no entanto, sem desleixo com as necessidades e interesses do usuário final.

A figura a seguir exemplifica os principais causadores de patologias na construção:

Figura 1: Principais causas de patologias.



Fonte: www.forumdaconstrucao.com.br

De acordo com o gráfico, é notável que 93% das patologias são causadas por erros humanos, sendo 45% falhas de projeto e 22% falha na execução, algo que exemplifica a falta de adequação profissional dentro e fora dos canteiros de obras. Deste modo, é preciso estar atento a cada um dos problemas e como evitá-los.

Principais Patologias

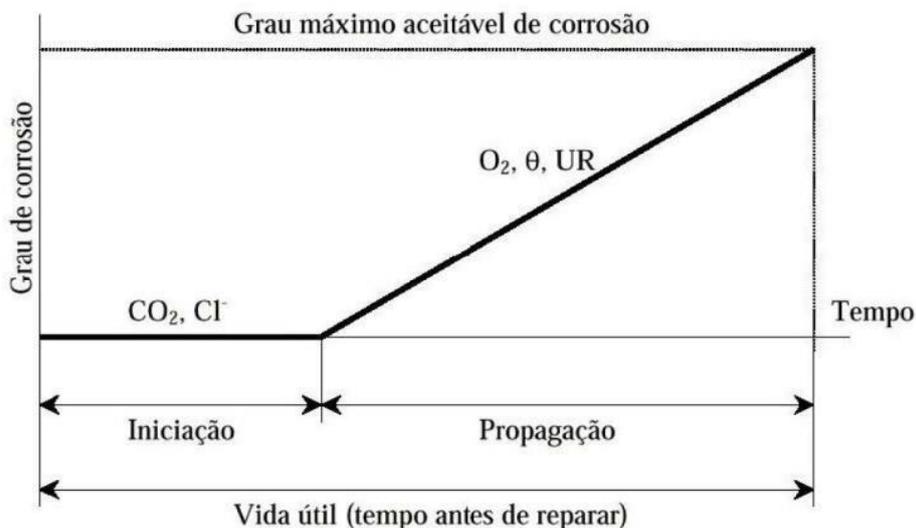
Corrosão de Armaduras

A corrosão das armaduras de concreto é de natureza eletroquímica, podendo ser apressado a depender de agentes químicos internos ou externos ao concreto, segundo Helene (2002). Cascudo (1997) diz que o aço se encontra no centro de uma reação altamente alcalina no concreto armado, a qual está protegido da corrosão devido a uma película de caráter passivo. Tal alcalinidade deriva da liquidez ocorrida nos seus poros onde há hidroxilas das ionizações de cálcio, sódio e potássio. Independentemente da idade, o concreto continua a proteger o aço da corrosão.

De acordo com Tuutti (1982) (Figura 2), a corrosão se apresenta em dois períodos. O primeiro é o inicial, ocorrendo desde a entrada do agente agressivo até o

momento de despassivação da armadura. Na etapa final ocorre a propagação, onde a corrosão aumenta gradualmente, ocasionando danos severos à armadura.

Figura 2: Grau máximo de corrosão.



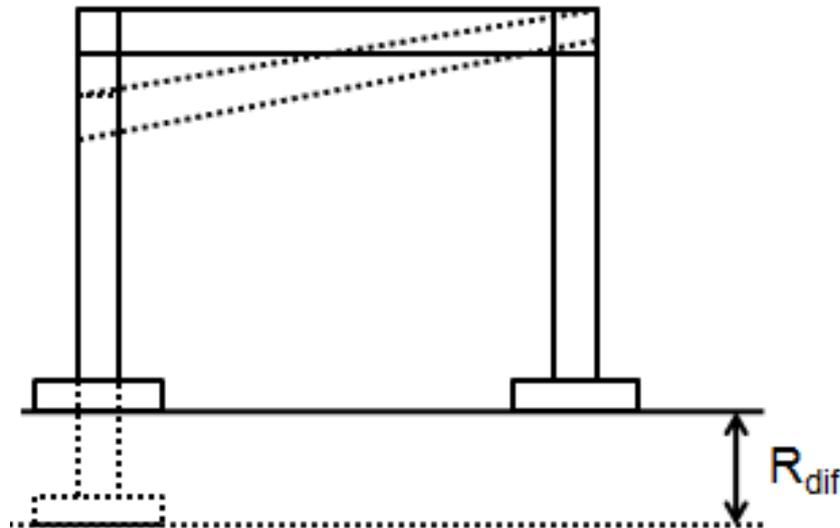
Fonte: Tuutti, 1982.

Recalque Diferencial de Fundações

De acordo com a ABNT NBR (6122:2010), o recalque é a deformação que ocorre no solo quando o mesmo está submetido a determinados carregamentos, resultando em um movimento vertical descendente, conforme apresentado na figura 3. Tais movimentações geram danos à estrutura da edificação e, em certos casos, podem ser danos irreversíveis. Nesse contexto, dentre todas as causas das manifestações patológicas, a que ocasiona os problemas mais difíceis e complexos de serem solucionados é o recalque diferencial.

Esse fenômeno pode ser visto como o afundamento de uma edificação devido ao adensamento do solo abaixo da fundação. Quando o recalque se apresenta apenas de uma parte da estrutura da edificação, não ocorrendo na outra, ocasionará o recalque diferencial (Figura 3).

Figura 3: Representação de recalque diferencial



Fonte: www.researchgate.net.

Fissuras, Trincas e Rachaduras

Conforme a norma ABNT NBR 6118, sobre fissuração, o concreto tem baixa resistência à tração, fissuras nas estruturas são inevitáveis devido à instabilidade exercida nos elementos. PATOLOGIA – RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÃO REVISTA CIENTÍFICA SEMANA ACADÊMICA. FORTALEZA-CE. EDIÇÃO 202. V.8. ANO 2020. A norma aborda as fissuras com largura entre 0,2 mm e 0,5 mm, onde não há impacto significativo na corrosão das armaduras. Existem várias formas de controlar fissuras, especialmente quando se identifica algum padrão de movimento no elemento estrutural, caracterizando assim o tipo de fissura presente. As fissuras podem ser classificadas como ativas ou passivas. Para determinar se há movimento contínuo, pode-se fixar um elemento de gesso ou vidro sobre a fissura. Se ocorrer movimento, isso será evidenciado pela violação do gesso ou do vidro. No recalque da fundação, existem fissuras óbvias nos componentes da alvenaria em pilares ou vigas de concreto fechado ou armado. Estas deformações podem ocorrer devido à distorção excessiva desses elementos.

Quadro 1: Classificação de fissuras.

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura capilar	Menos de 0,2mm
Fissura	0,2mm a 0,5mm
Trinca	0,5mm a 1,5mm
Rachadura	1,5mm a 5,0mm
Fenda	5,0mm a 10,0mm
Brecha	Mais de 10,0mm

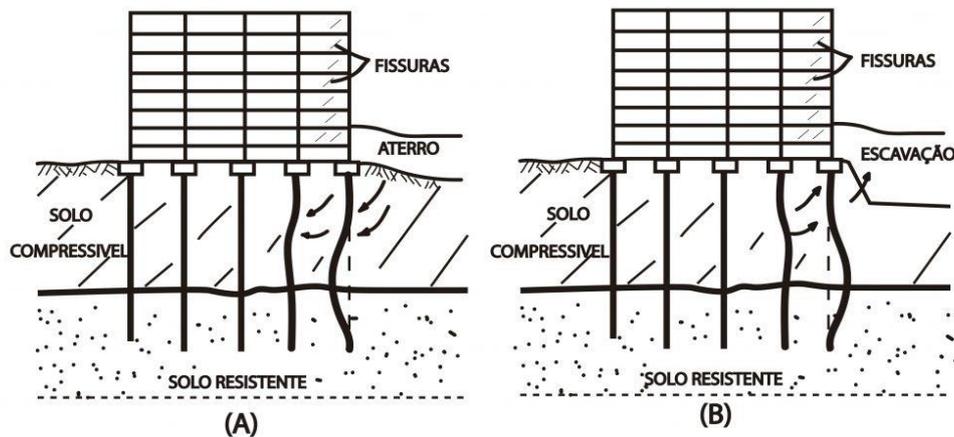
Fonte: Retirada da página do site do professor Adriano de Paula e Silva, UFMG.

Desaprumo da Edificação

Para construções de pequeno porte, algumas propriedades do solo podem ser desconsideradas, pois não é necessário conhecê-las todas em detalhes. No entanto, em casos de patologias na construção, é essencial conhecer especificamente os tipos de solo em que a obra está apoiada, o que requer a realização de ensaios laboratoriais. A expressão "recalque" é nada mais que um desaprumo na edificação, pode ser interpretada de diferentes maneiras, é o assentamento ou afundamento de uma fundação estrutural devido a problemas no solo ou na construção. Esse tipo de recalque pode causar danos significativos à estrutura.

Quando há uma camada compressível de solo, o movimento dessa camada, provocado por cargas verticais assimétricas, afeta o comportamento das estacas que a atravessam. Segundo Alonso (1991), se os esforços transversais resultantes desse efeito não forem equilibrados pelas estacas ou por um escoramento da estrutura, esta poderá se deslocar transversalmente, resultando em fissuras (Figura 4).

Figura 4: A Importância do Acompanhamento de Recalques.



Fonte: <https://condomeeting.com.br/recalques/>

METODOLOGIA

Perante a enorme quantidade de patologias, as construções com problemas relacionados a um desempenho insatisfatório, surge a necessidade de analisar parte desses problemas individualmente e a busca por implantação de métodos não destrutivos para tais análises. Conforme evidenciado, inúmeras são as causas e as origens responsáveis pelos problemas patológicos, estas poderiam ser desencadeadas em diversas ocasiões, como nas fases de projeto, execução e utilização de qualquer um dos elementos envolvidos.

O presente artigo tem como propósito coletar dados sobre manifestações patológicas e elencar as soluções para saná-las. Assim, foi utilizada a metodologia qualitativa e comparativa, afim de comparar diferentes métodos e soluções em diferentes casos de manifestações patológicas.

Os trabalhos considerados para o presente artigo foram: “Patologias em estruturas de concreto armado. Estudo de caso” (Arivabene et. al, 2015), publicado na revista Especialize IPOG, e “Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso” (Bezerra, 2021), sendo seu trabalho de conclusão de curso e publicado no Brazilian Journal of Development. Portanto, foi analisado o trabalho de cada um dos autores e realizada comparações nas metodologias utilizadas, patologias encontradas e métodos de solução.

Características do Local

Arivabene et al. (2015) realizou o seu estudo em um edifício comercial (hotel) com 8 (oito) pavimentos, localizado no município de Linhares, no estado do Espírito Santo, mas que teve sua identificação e demais descrições vetadas para não prejudicar o proprietário e imóvel em questão.

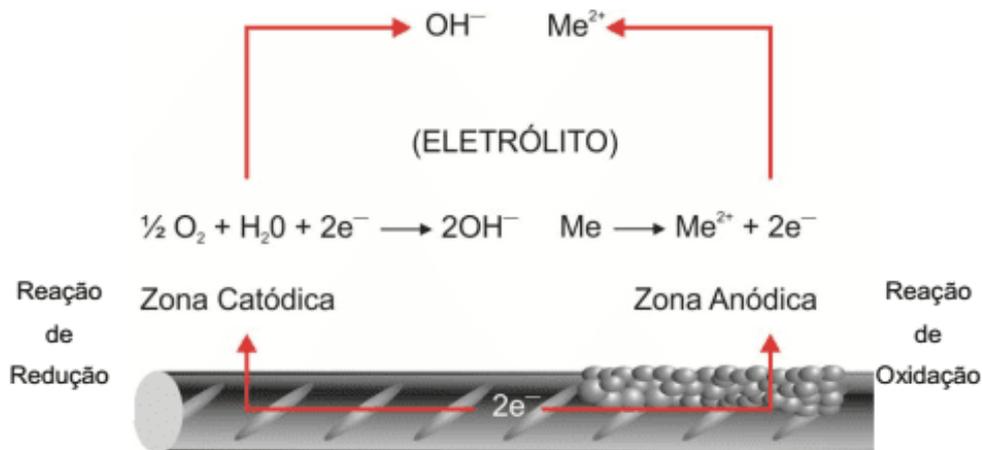
Sabe-se que o município de Linhares está localizado na zona litorânea do estado e, portanto, as edificações tendem a ser prejudicadas pela salinidade e maresia, possuindo risco de deterioração estrutural elevado por conta da classe de agressividade ambiental muito forte.

Sua pesquisa foi realizada “in loco”, sendo obtidas diversas imagens de patologias encontradas no edifício. Juntamente da classificação, prováveis causas, mecanismos de ocorrência e possível solução ou diagnóstico de tais patologias.

O estudo de Bezerra (2021) ocorreu na cidade de Teresina, no estado do Piauí, sendo realizada vistoria no local, análise e julgamento das condições de serviço em estruturas corroídas de um edifício residencial.

O artigo trata das causas e soluções para a corrosão das armaduras, enfatizando a corrosão por cloretos (eletroquímica, figura 5), que ocorre devido à penetração de íons de cloro no concreto, provocando deterioração nas armaduras de aço. O objetivo do estudo foi identificar as principais causas dessas patologias, discutir os fatores que contribuem para sua ocorrência e propor soluções práticas para prevenir e corrigir esses problemas.

Figura 5: Representação de uma pilha de corrosão em um mesmo metal.



Fonte: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/corrosão>

O edifício com 2 pavimentos foi construído em concreto armado, assentado em fundação direta tipo sapata, localizado em ambiente urbano. As estruturas analisadas, pilares e vigas, tiveram as suas armaduras corroídas e expostas. O autor averiguou as possíveis causas que propuseram o surgimento da patologia através de uma análise pela inspeção visual e julgamento das condições de serviço.

Durante a referida análise também foi feito um recolhimento de algumas informações que foram obtidas através de conversas informais com o responsável da execução das estruturas citadas. Dentre algumas destas informações, os pilares em estudo caracterizam-se por possuírem dimensões de 40x15 cm e vigas com dimensões de 35x14 cm.

Metodologias Utilizadas

Arivabene et al. (2015) baseou-se na obra de Lichtenstein (1985) para realização dos seus estudos. Conforme Lichtenstein (1985 apud Arivabene et al. 2015), a atuação profissional na análise desses problemas tem frequentemente sido marcada pela ausência de uma metodologia com ampla aceitação. São as intuições de cada indivíduo com base em experiências vividas que predominam e não podem ser repassadas. Muitas vezes é a “competência” que se destaca, em vez do método. A competência na patologia das construções não pode ser articulada, mas apenas, no máximo, passada para indivíduos receptivos na prática.

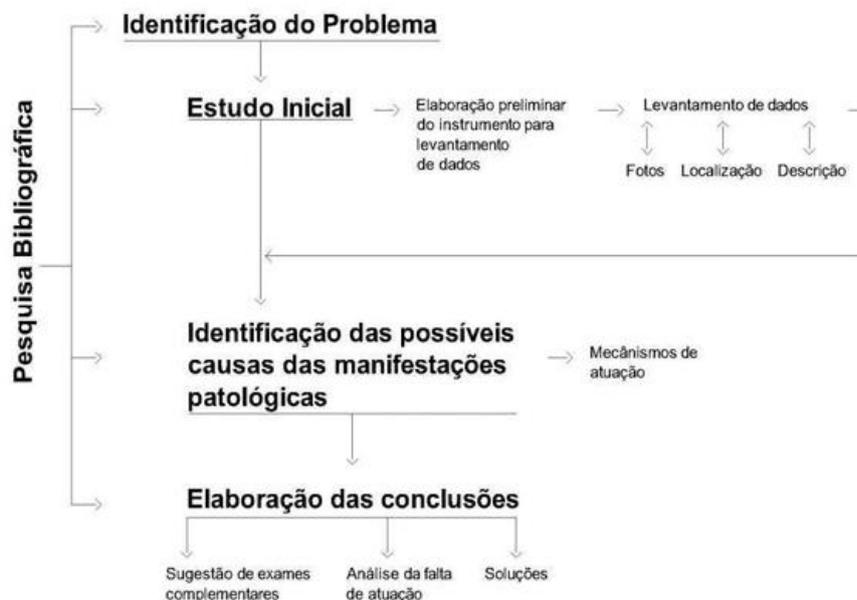
Embora a patologia não deva se apoiar apenas nas intuições pessoais, a eficácia na resolução dos problemas é uma função da vivência do profissional envolvido. O êxito na resolução dos problemas depende da amplitude, da abertura e da plenitude da capacidade desse profissional de perceber e experimentar sua própria vivência.

Desse modo, quem quer que seja o responsável pela resolução do problema deverá ter um bom conhecimento do método a ser aplicado e de cada uma das suas fases. A técnica e a metodologia de registro e organização dos dados coletados são de extrema relevância para sua utilização na formulação do diagnóstico.

Arivabene et al. (2015), no entanto, utilizou-se de uma câmera fotográfica para coletar as imagens, pesquisa verbal com usuários, construtor e proprietário para levantar informações acerca das patologias. Além disso, teve como auxílio o fluxograma

apresentado na figura 6, que foi adaptado do trabalho de conclusão de curso realizado na Universidade Regional do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, “Manifestações patológicas em edificação construída na década de 30 – Um estudo de caso”, de Lucas Fernando Krug, no ano de 2006.

Figura 6: Fluxograma do procedimento.



Fonte: Adaptado de Krug (2006).

Bezerra (2021) fez a utilização de métodos semelhantes para a obtenção dos seus resultados. Antonio Cesar Arivabene Com a ajuda de uma câmera fotográfica registrou as patologias encontradas na edificação em que realizou seu estudo e as catalogou de acordo com o tipo e local de surgimento, elencando as possíveis causas para o surgimento das mesmas.

Associadamente às imagens e possíveis causas, organizou um planejamento de intervenções que poderiam ser realizadas a fim de sanar os problemas encontrados e retardar o surgimento de novos aparecimentos.

Para tal, Bezerra (2021) elaborou um guia com alguns passos para realizar as intervenções necessárias nas estruturas.

A metodologia empregada no artigo segue os seguintes passos:

1. Inspeção visual: Foi realizada uma vistoria nas estruturas corroídas do edifício residencial. Durante a inspeção, foram identificados pilares e vigas com

armaduras expostas e corroídas, observando suas condições visuais e o contexto das patologias.

2. Coleta de informações: Informações adicionais foram obtidas por meio de entrevistas informais com o responsável pela execução da obra, o que permitiu levantar hipóteses sobre as causas das patologias encontradas, como o uso de materiais de baixa qualidade, má execução das fôrmas e falta de manutenção.

3. Análise das causas: Através da análise dos dados coletados e de uma revisão bibliográfica, foram identificadas as principais causas da corrosão, como a falta de revestimento adequado, segregação do concreto e cura inadequada.

4. Proposta de soluções: Após identificar as causas, o estudo sugere intervenções para corrigir as patologias, como reparos eletroquímicos e recomposição estrutural das partes danificadas.

RESULTADOS E DISCURSÕES

4.1: "Patologias em Estruturas de Concreto Armado - Estudo de Caso" - Arivabene et al. (2015).

As estruturas de concreto armado são amplamente utilizadas na construção civil devido à sua resistência e durabilidade. Porém, mesmo com a utilização de tecnologia moderna e materiais de qualidade, essas estruturas podem desenvolver patologias que comprometem sua integridade e segurança. O artigo "Patologia de Estruturas de Concreto Armado - Estudos de Casos" Arivabene (2015) discute diversas patologias comuns como fissuras, fissuras, corrosão do aço e segregação do concreto e analisa suas causas e soluções.

Das patologias encontradas, as fissuras e trincas (figuras 7 e 8) são as mais comuns e podem ser causadas por uma série de fatores, incluindo uso inadequado de materiais e execução incorreta. A queda do concreto de alturas e a baixa vibração durante a cura são exemplos de práticas que podem causar a segregação do concreto, resultando em menor resistência estrutural. Além disso, falhas no projeto e a falta de fiscalização durante a execução das obras também contribuem para o surgimento dessas patologias, indicando a importância de um planejamento minucioso e de uma supervisão rigorosa.

Figura 7: Fissura na vertical.



Fonte: www.ibratex.com.br/qual-a-diferenca-entre-trinca-fissura-e-rachadura/

Figura 8: Trinca em viga de sustentação.



Fonte: cesar@rcaengenharia.com.br.

As consequências dos danos às estruturas de concreto armado podem ser graves. Por exemplo, a corrosão de barras de aço pode comprometer a resistência de uma estrutura, porque a corrosão faz com que o material se expanda, levando a fissuras que podem evoluir para danos mais graves se não forem tratadas prontamente. Portanto, a identificação precoce destas condições é crucial para garantir a segurança e longevidade do edifício.

Arivabene (2015) propõe uma gama de soluções para mitigar o impacto das condições identificadas, a limpeza de barras de aço corroídas com spray de sílica e a substituição do concreto danificado por materiais adequados são medidas essenciais para restaurar a integridade estrutural. Adicionalmente, caso a patologia comprometa significativamente a capacidade de carga do edifício, poderá ser necessária a adição de painéis metálicos para reforço estrutural. É igualmente importante reparar fissuras e trincas imediatamente, pois estes pequenos danos, se ignorados, podem transformar-se em problemas estruturais maiores, resultando em custos elevados e riscos de segurança.

A pesquisa de Arivabene (2015) revela a complexidade das patologias nas estruturas de concreto armado e a necessidade de uma abordagem proativa na identificação e reparo. O sucesso na construção e manutenção de edifícios depende não só da qualidade e execução dos materiais, mas também da diligência no acompanhamento e resolução de problemas que possam surgir ao longo da vida útil do edifício. A aplicação das soluções propostas neste artigo não só ajudará a melhorar a durabilidade dos edifícios, como também contribuirá para a segurança e o bem-estar dos utilizadores. Portanto, os profissionais da engenharia civil devem manter-se atualizados e comprometidos com as melhores práticas para prevenir e resolver esses problemas.

4.2: "Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso" – Bezerra et al. (2021)

A corrosão de barras de aço em estruturas de concreto armado é um problema importante na engenharia civil, principalmente quando ocorre devido à presença de cloretos. A pesquisa conduzida Bezerra (2021) investiga as causas, consequências e soluções desse tipo de patologia.

Foram encontradas durante suas visitas algumas irregularidades que ocasionaram patologias ligadas as reações de cloreto e, posteriormente à corrosão das estruturas de concreto armado sendo estas as seguintes: armaduras expostas e falta de cobertura mínimo das armaduras (figura 9), segregação de concreto (figura 10), corrosão por cloretos ocasionada por má execução (figura 11).

Bezerra (2021) destacou em sua pesquisa que grande parte das patologias encontradas se devem por erros no processo executivo, tais quais as citadas no parágrafo anterior.

Figura 9: Armaduras expostas e falta de cobertura mínima das armaduras.



Fonte: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22539/18046>.

Figura 10: Segregação de concreto.



Fonte: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22539/18046>.

Figura 11: Corrosão por cloretos ocasionada por má execução.



Fonte: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22539/18046>.

A corrosão das armaduras é uma questão crítica porque compromete a durabilidade e a segurança das estruturas de concreto. Os motivos citados pelos autores incluem má execução das obras, cobertura insuficiente das armaduras, utilização de materiais de baixa qualidade, falhas de projeto estrutural e falta de manutenção. Esses fatores contribuem para a exposição das armaduras ao ambiente agressivo, favorecendo o processo de corrosão, que se intensifica em ambientes com alta umidade e presença de cloretos, como os encontrados em áreas costeiras ou devido à utilização de desincrustantes e sais em estradas.

A ausência de um revestimento apropriado é um dos maiores erros que resultam na corrosão das armaduras. O revestimento de concreto que resguarda as armaduras contra a umidade e os agentes corrosivos quando este é inadequado, as armaduras ficam à mostra, permitindo a entrada de cloretos e, por consequência, a

corrosão. Ademais, a execução inadequada e a negligência no processo de cura do concreto podem levar a estruturas com fissuras e defeitos que facilitam a penetração de água e sais, acelerando o processo de deterioração.

Os autores sugerem uma variedade de soluções eficientes para combater as doenças identificadas. É essencial aplicar um revestimento mínimo conforme as especificações para proteger as armaduras. Ademais, é crucial aprimorar a execução das construções, empregando fôrmas apropriadas e cumprindo estritamente o processo de cura do concreto, para assegurar a integridade da estrutura. A contratação de profissionais especializados é outra sugestão relevante, já que profissionais qualificados têm a capacidade de reduzir falhas na execução que podem levar a patologias futuras.

Outra estratégia sugerida é a recuperação das estruturas danificadas através de processos eletroquímicos para eliminação de cloretos. Estes procedimentos são revolucionários e eficientes na restauração de armaduras corroídas, possibilitando uma higienização aprofundada e a utilização de produtos que previnem a corrosão. É fundamental reconstruir a estrutura com concreto para recuperar a resistência e a longevidade do edifício.

Em suma, a pesquisa conduzida pelos autores ressalta a relevância de um planejamento meticuloso e da realização apropriada das construções de concreto armado. A corrosão das armaduras, particularmente a provocada por cloretos, pode ser evitada e tratada através de práticas de engenharia adequadas e do uso de métodos de reparação sofisticados. É essencial investir na manutenção e supervisão constante das estruturas para garantir a segurança e a durabilidade das construções, salvaguardando tanto o patrimônio quanto a vida dos usuários.

A tabela abaixo apresenta resumidamente os tipos de patologia identificadas pelos autores em análise, bem como as suas prováveis causas e as soluções sugeridas.

Tabela 1: Resumo dos tipos de patologia identificadas, as prováveis causas e as soluções sugeridas.

Autor	Tipo de Patologia	Causas identificadas	Soluções propostas
Antonio Cesar Arivabene	Fissuras, trincas, corrosão das armaduras, segregação do concreto	Falhas de projeto e execução, excesso de carregamento em vigas, lançamento do concreto de altura inadequada, incompatibilidade de projetos.	Reforço estrutural com chapas metálicas, limpeza das armaduras, reparo imediato de trincas, uso de materiais de qualidade
Lucas de Oliveira Bezerra	Corrosão por cloretos nas armaduras	Falhas de projeto e execução, mão de obra desqualificada, baixa qualidade dos materiais, desrespeito ao tempo de cura do concreto, falta de manutenções.	Aplicação de revestimento mínimo, reparos localizados, métodos eletroquímicos, mão de obra especializada, manutenção preventiva

Fonte: Próprio autor.

Comparação

A comparação entre os dois artigos sobre patologias em estruturas de concreto armado, intitulados “Patologias em Estruturas de Concreto Armado - Estudo de Caso” de Antônio Cesar Arivabene e “Patologias em Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso” de Lucas de Oliveira Bezerra revela diferentes enfoques sobre as questões que afetam a durabilidade e a segurança dessas estruturas. Enquanto o primeiro artigo adota uma abordagem ampla, discutindo diversas patologias e suas causas, o segundo concentra-se especificamente na corrosão das armaduras de aço, destacando suas implicações e soluções.

O artigo de Arivabene (2015) apresenta uma visão geral das patologias que podem afetar estruturas de concreto armado, como fissuras, trincas, corrosão e segregação do concreto. O autor enfatiza que, apesar dos avanços tecnológicos e do uso de materiais de qualidade, falhas na execução, uso inadequado de materiais e falta de

fiscalização podem comprometer a integridade estrutural. Esse enfoque abrangente destaca a complexidade do problema, ressaltando a necessidade de planejamento e supervisão rigorosa na construção.

Por outro lado, o artigo de Bezerra (2021) foca especificamente na corrosão das armaduras de aço, principalmente em contextos onde a presença de cloretos é um fator crítico. Os autores analisam as causas específicas da corrosão, incluindo a má execução das obras e a insuficiência de revestimento protetor, e discutem como esses fatores contribuem para a degradação das estruturas, especialmente em ambientes agressivos, como áreas costeiras. Essa abordagem detalhada permite uma análise mais profunda de uma patologia específica, oferecendo um exame minucioso das suas consequências e soluções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois artigos oferecem soluções para mitigar as patologias discutidas, mas as abordagens variam. Arivabene (2015) propõe uma gama de soluções para restaurar a integridade estrutural, incluindo a limpeza de barras de aço corroídas e a substituição do concreto danificado. Além disso, sugere a adição de painéis metálicos em casos críticos, enfatizando a necessidade de reparos imediatos para evitar problemas maiores no futuro.

Por sua vez, o artigo de Bezerra (2021) propõe soluções específicas para a corrosão, como a aplicação de revestimentos adequados, a melhoria na execução das obras e a recuperação das estruturas danificadas através de processos eletroquímicos. Essas soluções são inovadoras e focadas na prevenção, indicando uma abordagem proativa que busca não apenas restaurar, mas também prevenir a recorrência do problema.

Contudo, percebe-se que a falta de acompanhamento e profissionais qualificados são os maiores geradores de patologias no âmbito dos dois trabalhos analisados. Todas as manifestações poderiam ser evitadas se fossem seguidos os parâmetros corretos previstos por normas no momento de execução das estruturas.

REFERÊNCIAS

PRINCIPAIS TIPOS DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES: COMPARAÇÃO ENTRE ESTUDOS DE CASO. Leandro Martins da SILVA; Maycon Vinício Herculano BATISTA. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2024 - MÊS DE NOVEMBRO - Ed. 56. VOL. 02. Págs. 300-323. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 6122: 2019: Fundação – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2019.

ALONSO, Ubirajara Rocha. **Patologia, Reparo e Reforço de Fundações**. São Paulo: Editora Pini, 1991.

ARIVABENE, Antonio Cesar. **Patologias em estruturas de concreto armado**: estudo de caso. Vitória, ES: Instituto de Pós-Graduação – IPOG, dez. 2015. Disponível em: cesar@rcaengenharia.com.br.

AZEREDO, Helio Alves de. **Planejamento e Controle de Obras**. Rio de Janeiro: Zigurate, 1988.

BEZERRA, Lucas de Oliveira. **Patologias em estruturas de concreto armado**: estudo de caso. 2021. Brazilian Journal of Development. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22539/18046>.

BOLINA, Fernanda Lopes; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo. **Patologia das Construções**: Identificação, Diagnóstico e Tratamento. São Paulo: PINI, 2019.

CASCUDO, Marcelo Rossi. **Durabilidade do Concreto**. São Paulo: PINI, 1997.

HELENE, Paulo. **Manual de Patologia e Recuperação de Estruturas de Concreto**. São Paulo: PINI, 2002.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. São Paulo: USP, 2002. (Tese de Livre-docência).

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHANAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. São Paulo: Oficina de Texto, 2015.

TÉCNICAS SOLUÇÕES EM ENGENHARIA. **Recalques em fundações**: o que são e como resolver. 2020. Disponível em: <https://techniques.com.br/reforco-estruturaltrincas-nas-paredes-rebaixo-de-piso-reforco-estacas-reforco-alicerce>. Acesso em: [17/08/2024].

TUUTTI, Kyösti. **Corrosão do Aço no Concreto**. Estocolmo: Instituto Sueco de Pesquisa em Cimento e Concreto, 1982.

SCHWIRCK, Daniel. **Patologias em Fundações**: Causas, Prevenções e Recuperações. São Paulo: O Nome da Editora, 2005.

SILVA, Amanda Fernandes Pereira da; BARROS, Hildegard Elias Barbosa; FERREIRA, Diego Silva; NASCIMENTO, Laécio Guedes do; LIMA, Francisco Éric Guimarães;

PRINCIPAIS TIPOS DE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES: COMPARAÇÃO ENTRE ESTUDOS DE CASO. Leandro Martins da SILVA; Maycon Vinício Herculano BATISTA. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2024 – MÊS DE NOVEMBRO - Ed. 56. VOL. 02. Págs. 300-323. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

BEZERRA, Lucas de Oliveira. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**: Estudo de Caso. Teresina: Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), 2023.

SOUZA, Wanderley da Silva; RIPPER, Walfredo Schwedersky. **Patologia das Construções**. São Paulo: PINI, 1998.