



Patologias em Estruturas de Concreto Armado

Pathologies in Reinforced Concrete Structures

NOVAES, Isabella M. M¹; POZNYAKOV, Karolina².

¹Especialista em Planejamento, Gestão e Controle De Obras Civis, Rio de Janeiro – RJ.

²Professora Convidada – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Patologia

Estruturas de concreto

Manifestações patológicas

Key word:

Pathology Concrete

Structures Pathological

Manifestations

Resumo:

O objetivo deste trabalho é descrever sobre as patologias que ocorrem nas estruturas de concreto armado. O estudo será baseado em uma revisão bibliográfica, onde será abordado as principais origens e tipos de manifestações patológicas, suas causas e efeitos, bem como soluções cabíveis aos problemas apresentados, além de medidas de profilaxia para evitar o seu aparecimento, ocorrência e sua propagação. O estudo das patologias em estruturas foi o tema escolhido devido às suas diversas ocorrências nas construções com o emprego do concreto armado, devido à diversos fatores como mão-de-obra desqualificada, falha no projeto e/ou na execução, entre outros. As patologias nas construções afetam diretamente a vida útil da estrutura e os parâmetros de segurança, além de recursos financeiros para seu devido tratamento. Um diagnóstico adequado da patologia apresentada deve indicar em que etapa do processo construtivo se deu início ao fenômeno e qual será o processo para sua correção e recuperação. Portanto, é necessário o controle de execução em cada etapa da construção para evitar o surgimento das manifestações patológicas nas estruturas e assim atender de forma satisfatória a qualidade e desempenho do empreendimento.

Abstract

The objective of this work is to describe the pathologies that occur in reinforced concrete structures. The study will be based on a literature review, addressing the main origins and types of pathological manifestations, their causes and effects, as well as suitable solutions to the presented problems, in addition to prophylactic measures to prevent their appearance, occurrence, and propagation. The study of pathologies in structures was chosen as the theme due to their various occurrences in constructions using reinforced concrete, due to factors such as unqualified labor, project and/or execution failures, among others. Pathologies in constructions directly affect the lifespan of the structure and safety parameters, as well as financial resources for their proper treatment. An adequate diagnosis of the presented pathology should indicate at which stage of the construction process the phenomenon began and what the process for its correction and recovery will be. Therefore, it is necessary to control execution at each stage of construction to avoid the emergence

of pathological manifestations in structures and thus satisfactorily meet the quality and performance of the project.

1. Introdução

A construção civil segue em um ritmo de constante crescimento e avanço tecnológico no país, apesar disso, as manifestações patológicas sempre poderão estar ocorrendo nas construções. Resumidamente, manifestação patológica pode ser entendida como o processo de degradação e deterioração da estrutura.

Dessa forma, diversos são os problemas patológicos na construção civil, sua ocorrência se dá por diversos fatores, como projetos mal elaborados, falha nas etapas de execução da obra, baixa qualidade dos materiais empregados, mão-de-obra desqualificada, ausência de fiscalização por parte dos responsáveis, ou até mesmo seu uso inadequado e a falta de manutenções periódicas no local.

Direcionando-se para as estruturas de concreto armado, que são conhecidas pelos excelentes resultados de resistência, trabalhabilidade e qualidade, estas requerem cuidados em sua elaboração, para assim garantir seu melhor desempenho e otimização da vida útil. A execução adequada do concreto armado engloba o estudo do traço, dosagem e manuseio adequados, tempo de cura respeitado, além de manutenção preventiva e proteção contra os agentes externos. A falta destes, podem desencadear uma série de consequências não desejadas à estrutura.

A partir do aparecimento das manifestações patológicas, é necessário um correto diagnóstico onde indique a origem da anomalia apresentada, bem como as medidas de correção e profilaxia que deverão ser tomadas, para que os problemas sejam contidos, além de evitar seu reaparecimento.

Portanto, o estudo das patologias das estruturas é de suma importância para o setor, visto que leva em consideração as causas e formas das manifestações, os efeitos que são gerados e as consequências que podem trazer, assim como reverter os problemas encontrados, além de estipular em quanto tempo se deve fazer a manutenção da estrutura para prolongar sua vida útil.

Os conceitos de qualidade da construção estão diretamente ligados ao não surgimento de manifestações patológicas nas estruturas no decorrer de sua vida útil, manutenções preventivas realizadas no tempo correto garantem essa qualidade ao longo do tempo.

A falta de um controle adequado da patologia pode trazer enormes prejuízos financeiros, risco à segurança dos usuários e até mesmo o colapso estrutural. Com isso, é necessário sempre inspecionar, reabilitar e sustentar as estruturas existentes, visando os âmbitos econômico, social, patrimonial ou histórico. Além de que, desde a concepção do projeto e execução da construção, é necessário visionar seu desempenho futuro em termos de segurança, qualidade e vida útil, para que não ocorram problemas patológicos graves que comprometam a estrutura.

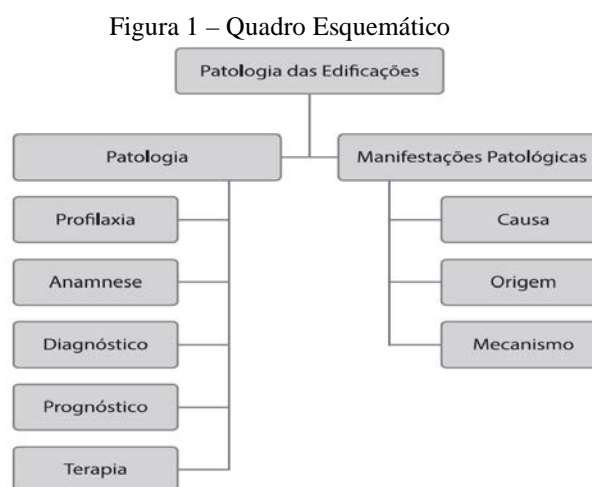
Neste trabalho, serão abordados os conceitos de patologia nas construções, os principais tipos de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, a origem dos problemas, suas causas e consequências, como é feito o diagnóstico e terapia, assim como medidas de prevenção e correção.

2. Patologia das Construções: Considerações Iniciais

Apesar do grande avanço da construção civil ao longo dos anos, ainda existem ocorrem diversas falhas no desenvolvimento produtivo e

tecnológico no setor, ocasionando em danos ao desempenho das edificações e estruturas, gerando assim as patologias da construção civil. A patologia das construções é um campo da Engenharia em que estuda as origens, sintomas, efeitos e causas das degradações das estruturas, analisando seu desempenho insatisfatório, realizando o diagnóstico adequado e intervindo para sua correção [1].

Esse estudo se tornou um grande aliado na busca pela qualidade dos processos construtivos e melhoria nos quesitos de segurança e durabilidade das construções. Para remediar o aparecimento das manifestações patológicas é preciso uma investigação detalhada das origens das ocorrências, assim entendendo seu episódio e auxiliando nas tomadas de decisões para medidas de correção e prevenção aos problemas [2]. Na figura 1, verifica-se de forma esquemática a ramificação no estudo das patologias.



Fonte: SENA [3]

Nesse contexto, para impedir o surgimento dos problemas patológicos, é necessário investir em mão de obra qualificada, materiais de boa qualidade, profissionais atualizados dos sistemas construtivos, adoção de novas tecnologias, realização de manutenções preventivas recorrentes, a fim de garantir a vida útil da estrutura e diminuindo ao máximo a necessidade de obras de recuperação [4].

Entretanto, após a aprovação da NBR 15575, se tornou obrigatório o comprometimento com a qualidade dos materiais e sistemas construtivos adequados, adotando requisitos de conforto, segurança, funcionalidade e durabilidade. Dessa forma, o setor vem se adequando para garantir a melhoria na escolha dos recursos que serão empregados, no detalhamento dos projetos e no processo de execução das obras. Com isso, a propensão é que esse controle nos procedimentos da construção civil reduza as anomalias frequentemente encontradas.

2.1. Definições e Conceitos

Dentro do estudo das patologias na construção civil, são abordados diversos conceitos que estão relacionados ao tema, sendo necessário o discernimento acerca de cada um deles para a correta compreensão sobre o assunto, conforme a seguir.

2.1.1. Manifestações Patológicas

Vale ressaltar a diferença entre os termos patologia e manifestações patológicas, visto que há uma confusão no entendimento destes, portanto a patologia das construções é a ciência que estuda as origens e os mecanismos dos problemas que surgem nas estruturas, já as manifestações patológicas são os próprios problemas identificados nas estruturas, sendo as degradações encontradas, que ocorrem tanto durante a execução da obra ou ao longo da vida útil da construção [5].

2.1.2. Vida Útil

Vida útil é o tempo em que a estrutura mantém suas principais características de funcionalidade, resistibilidade e aspectos superficiais determinados [6]. A NBR 15575 classifica como vida útil uma “medida temporal de durabilidade” e nos indica a Tabela 1, como referência desse tempo de duração conforme indicado.

Tabela 1 – Vida Útil de Projeto (VUP)

| Sistema | VUP mínima | VUP intermediária | VUP superior |
|--------------------------|------------|-------------------|--------------|
| Estrutura | ≥ 50 anos | ≥ 63 | ≥ 75 |
| Pisos internos | ≥ 13 anos | ≥ 17 | ≥ 20 |
| Vedação vertical externa | ≥ 40 anos | ≥ 50 | ≥ 60 |
| Vedação vertical interna | ≥ 20 anos | ≥ 25 | ≥ 30 |
| Cobertura | ≥ 20 anos | ≥ 25 | ≥ 30 |
| Hidrossanitário | ≥ 20 anos | ≥ 25 | ≥ 30 |

Fonte: Adaptado de ABNT 15575-1 [7]

Para alcançar o período de vida útil pré-estabelecido, as estruturas devem ser compostas de materiais duráveis, bem como devem ser projetadas para o atendimento às normas de qualidade e segurança, preservando assim sua funcionalidade e estética. Porém, ao decorrer do tempo, é natural os desgastes ocorrerem nas estruturas, sendo por inúmeros fatores como ações de agentes químicos, físicos, mecânicos e biológicos, com isso a necessidade de manutenções periódicas para a conservação da estrutura e garantir que sua vida útil seja atendida de forma satisfatória.

Diante disso, informar-se da durabilidade e vida útil dos materiais e processos é indispensável para a compreensão do desempenho das estruturas ao longo do tempo, assim como para prevenir o surgimento de manifestações patológicas precoces [8].

2.1.3. Durabilidade

A durabilidade das estruturas está relacionada à capacidade das mesmas em conservar suas propriedades de resistência e funcionalidade no período de vida útil previsto, dentro das circunstâncias na qual foram projetadas, diante da relação entre a estrutura, o meio, e às condições de utilização, manipulação e preservação [6].

2.1.4. Desempenho

Entende-se por desempenho, o comportamento da estrutura conforme sua utilização, diante das condições de exposição dos componentes que a compõem, referindo-se assim ao grupo de ações que atuam sobre a estrutura, como as cargas e sobrecargas, ações externas e ações internas [9].

Comumente as manifestações patológicas têm relação com a queda no desempenho das estruturas, visto que tem ligação direta com os danos e falhas construtivas que surgem na estrutura ao longo do tempo [10].

2.1.5. Origem

Onde originou a manifestação patológica, dentro das etapas do processo construtivo da estrutura, seja na fase de planejamento, execução, materiais usados ou utilização [11].

2.1.6. Causa

O agente no qual desencadeou o problema patológico [12].

2.1.7. Mecanismo

É como a manifestação patológica se instala e progride. Portanto, é fundamental entender esse mecanismo para a intervenção correta [11].

2.1.8. Sintomas

São como as manifestações patológicas se revelam visualmente [12].

2.1.9. Diagnóstico

É a fase onde se identifica e descreve o problema existente, explicando os sintomas, a origem e causas, mecanismo dos fenômenos, e suas consequências [12].

2.1.10. Terapia

Entende-se como a medida corretiva para solucionar as anomalias identificadas na estrutura. Pode ser feita através de reforço, reparo, restauração, reconstrução, entre outros [12].

2.1.11. Manutenção

É o conjunto de ações que tem por objetivo garantir o desempenho adequado da estrutura no decorrer de sua vida útil, a fim de manter sua integridade ao longo do tempo [13].

2.1.12. Profilaxia

É a ciência que dita as medidas preventivas necessárias a serem tomadas, a fim de evitar o aparecimento dos problemas patológicos nas construções [12].

3. Patologias nas Estruturas de Concreto Armado

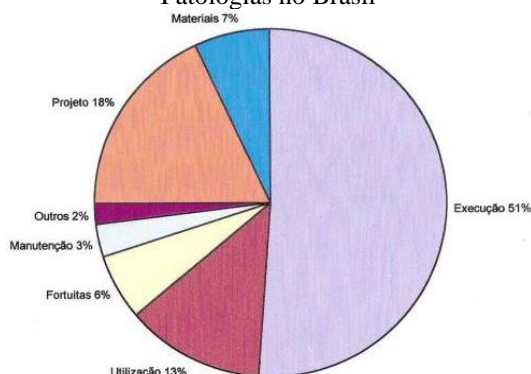
Em uma estrutura de concreto armado, para que um problema seja considerado como patológico deve afetar alguns dos requisitos da construção, seja a funcionalidade, a resistência ou a estética. As manifestações patológicas no concreto armado comprometem diretamente o desempenho da estrutura, estas também causam impactos estéticos desagradáveis, além de incômodo e sensação de insegurança aos usuários [14].

A origem dos problemas patológicos no concreto armado raramente é em função de uma única causa, há um conjunto de causas que podem atuar de forma simultânea nas estruturas, levando ao processo de deterioração. Com isso, o correto diagnóstico é um fator determinante para que seja feita intervenção adequada.

3.1. Origem dos mecanismos de deterioração

A origem de uma manifestação patológica pode ser indicada por diversos fatores, desde a falha na concepção da estrutura, problemas com os materiais empregados ou até mesmo a utilização inadequada da construção. Vale ressaltar a diferença entre os conceitos de causa e origem das manifestações. A origem está relacionada em que fase da estrutura surgiu o problema, já a causa é o fator que contribuiu no surgimento da patologia [15]. A figura 2 indica quais são as principais origens das patologias no Brasil.

Figura 2 – Gráfico com as Principais Origens de Patologias no Brasil



Fonte: Silva e Jonov [12]

Para um melhor entendimento, estas origens estão divididas e relacionadas abaixo.

3.1.1. Falha no Projeto

As manifestações patológicas originadas de erros nos projetos estruturais podem surgir devido à um mau planejamento ou a falhas técnicas dos responsáveis. Os problemas causados decorrentes de falhas na concepção do projeto são proporcionais ao tempo em que ocorreu, isto é, erros no início do projeto e transferidos para as próximas etapas, tendem a causar maiores danos e soluções de correção mais complexas [4].

Os principais erros em projetos de estruturas estão relacionados a: falhas no dimensionamento da estrutura; má avaliação das cargas; sobrecargas não previstas; ausência de detalhes construtivos ou impossibilidade de executá-los; ausência de sondagem ou de conhecimento da resistência do solo; incorreção na interação solo-estrutura; divergências entre os projetos e falta de compatibilização dos mesmos; falha nas especificações dos materiais; ausência ou negligência às juntas de dilatação e efeitos térmicos; cobrimento incorreto.

3.1.2. Falha na Execução

Grande parte dos problemas patológicos são originados na fase de execução da obra, são erros que ocorrem durante o processo de produção, que, por muitas vezes, é prejudicado pela falta de planejamento ou controle inadequado das etapas construtivas [4].

A ocorrência de falhas pode se dá desde a etapa inicial da construção, os principais fatores

são: mão de obra desqualificada; falta ou baixo de controle de qualidade; condições de trabalho precárias; irresponsabilidade técnica; ausência de programas de qualificação dos trabalhadores; erro na interpretação do projeto; uso de concreto inadequado; armadura mal posicionada ou deficiente; erro de lançamento do concreto; mau escoramento de formas; tecnologias defasadas; não atendimento ao cobrimento indicado; processo de cura não respeitado; desformas antes do tempo; utilização incorreta dos materiais; execução inadequada dos procedimentos; falta de fiscalização.

3.1.3. Materiais Empregados

Os materiais a serem utilizados devem ser especificados na fase de projeto, contudo deve-se ter um controle na aquisição destes para a confecção do concreto, para que seja atingida a qualidade esperada. As especificações dos materiais para o concreto devem estar de acordo com o recomendado na NBR 12655.[27]

O controle e fiscalização na compra e uso dos materiais nas estruturas de concreto armado é determinante para a ocorrência das patologias. Os principais insumos empregados são o aço e concreto, estes são responsáveis pela durabilidade e resistência da estrutura, portanto devem atender a um controle rígido de qualidade na fase de execução, garantindo que o Fck do concreto e a bitola da armadura estejam conforme recomendado em projeto. Outros materiais importantes são a água, os agregados e os aditivos que são utilizados para a confecção do concreto, estes devem estar livres de contaminação e na quantidade adequada para garantir o desempenho do concreto ao longo do tempo [13].

O controle da qualidade dos materiais utilizados na construção diminui a incidência de deterioração precoce da estrutura, preserva sua vida útil e evita problemas futuros.

3.1.4. Utilização Inadequada

As manifestações patológicas podem ser originadas a partir do momento em que obra é liberada para o usuário, devido uso da estrutura de forma errônea, seja por desleixo ou até mesmo ingenuidade. Os principais motivos das patologias originadas na fase de utilização são: excesso de carga na estrutura; danos aos elementos estruturas devido à impactos; utilização de agentes químicos e agressivos que degradem a estrutura; erosão por abrasão; modificação de layout das instalações podendo atingir o elemento estrutural [15].

3.1.5. Manutenção ausente ou inadequada

As anomalias originadas pela manutenção feita de forma inadequada ou pela própria falta de manutenção podem ocorrer devido a negligência dos usuários e/ou construtores em assumir essa necessidade, ou até mesmo por ignorância ou problemas econômicos. A manutenção deve ser feita periodicamente para que se mantenha a qualidade da construção e prolongue a vida útil da estrutura. A falta de investimento em manutenções é um fator preponderante para o surgimento de problemas patológicos [4].

3.1.6. Outros fatores

Ações que podem ocorrer de maneira imprevisível como inundações, sismos, incêndios, choques de veículos inesperados, e outros acidentes.

Alteração das condições do terreno de fundação, onde não há uma cautela com as construções já existentes, alterando a estabilidade da estrutura e do terreno, como exemplo podemos citar a execução de obras vizinhas ou rebaixamento do lençol freático [4].

Ações físicas que podem causar problemas patológicos nas estruturas como as variações de temperatura e a ação da água recorrente na estrutura [9].

Ações químicas que podem ser originadas através de agressores como águas contaminadas, reações com ácidos, sais, sulfatos e o gás carbônico.

Ações biológicas podem originar problemas patológicos como, por exemplo, através de uma vegetação que penetre na estrutura de concreto, seja nas falhas de concretagem ou em juntas de dilatação [16].

3.2. Principais Tipos de Manifestações Patológicas, com Sintomas, Efeitos e Causas.

3.2.1. Fissuras

As fissuras são aberturas que atingem a estrutura do concreto armado, que podem ser classificadas com seu grau de abertura e nível de profundidade, conforme exemplificado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Caracterização das Fissuras

| TIPO | ABERTURA |
|-------------------|---------------|
| • Fissura capilar | ≤ de 0,2 mm |
| • Fissura | 0,2 a 0,5 mm |
| • Trinca | 0,5 a 1,5 mm |
| • Rachadura | 1,5 a 5,0 mm |
| • Fenda | 5,0 a 10,0 mm |
| • Brecha | + de 10,0 mm |

Fonte: Ibape Nacional [17]

As fissuras, conforme a Figura 3, são o nível mais superficial desta patologia e não indicam nenhum problema sério à estrutura, desde que não haja um avanço em sua abertura ao longo do tempo. As trincas podem reduzir a segurança de componentes estruturais do local, já as rachaduras são o tipo mais grave de fissura e podem desabilitar a utilização da estrutura atingida.

Figura 3 – Exemplo de Fissura



Fonte: Corsini [18]

São diversas causas que podem gerar essa patologia nas estruturas, as principais são devido a variações de temperatura, recalques das fundações, sobrecarga nas estruturas, insuficiência de armadura, vibrações, cura inadequada do concreto, esmagamento do concreto por excesso de armadura, adensamento do concreto e junta de concretagem inapropriados, resistência inadequada ou baixa qualidade do concreto, baixa aderência entre concreto e armadura, retração hidráulica [9, 19].

3.2.2. Corrosão

A corrosão pode ser caracterizada como a deterioração da película passivante existente na superfície das barras de aço, sendo esta a responsável por impedir a desintegração do ferro na conjuntura com o concreto, devido a alcalinidade da solução aquosa presente [4]. Essa danificação causada na armadura gera uma perda de seção, resultando em uma contínua deformação do aço, até a transformação dos aços em ferrugens.

A ferrugem provoca uma expansão da armadura, causando fissuração no concreto, perda de aderência na ligação estrutural, deslocamento do concreto, dessa forma deixando a estrutura cada vez mais exposta aos agentes agressivos e acelerando o processo de corrosão, e como consequência gerando a perda da resistência mecânica da estrutura e diminuição do seu fator de segurança [20]. Na figura 4, é observado um exemplo de corrosão nas armaduras de uma laje.

Figura 4 - Corrosão em estruturas de concreto



Fonte: Silva [21]

A corrosão pode ser dividida dois tipos: química, quando é formada pelo processo de oxidação e originada através da reação entre o ar e o aço; e eletroquímica ou eletrolítica, quando é provocada devido no meio aquoso, sendo o tipo mais grave da patologia nas estruturas.

As principais causas desta patologia em estruturas de concreto armado são:

- Baixo cobrimento da armadura, dessa forma facilitando a entrada e saída de água e agentes agressivos;
- Tensões na estrutura, como esforços de tração e cisalhamento;
- Agentes agressivos externos e internos, podendo ser pelo ambiente em que a estrutura está inserida ou mesmo compostos que foram adicionados ao concreto;
- Concreto de baixa qualidade; ação de cloretos; entre outros [16].

3.2.3. Desagregação do concreto

A desagregação do concreto ocorre a partir da fragmentação das placas de concreto, desfazendo o conjunto rígido existente e perdendo a função aglomerante entre os agregados e a pasta de cimento [4], conforme é visto na Figura 5.

Essa perda da capacidade aderente do concreto pode trazer diversas consequências à estrutura, como o aumento da porosidade e permeabilidade da camada

de concreto, redução da resistência aos esforços solicitantes, surgimento de fissuras na estrutura, decomposição química dos elementos estruturais e exposição da armadura podendo levar à corrosão, entre outros [22].

Figura 5 – Concreto desagregado



Fonte: Revista Construa [23]

Variadas são as causas desta manifestação patológica, podemos citar as principais como sendo variações térmicas, ação de cargas dinâmicas, concreto com resistência inadequada, erro de lançamento ou vibração do concreto, baixa qualidade de execução, ausência ou pouca manutenção, agentes químicos em contato com a superfície, agentes biológicos como o crescimento de vegetações que penetram nas estruturas, água de mar e ações de meios salinos, relação água/cimento inadequada, calcinação e cobrimento insuficiente [11].

3.2.4. Eflorescência

A eflorescência é a formação de bancos salinos ou crostas brancas de carbonato de cálcio que se depositam na superfície da estrutura, conforme é observado na Figura 6. Esta é o resultado da presença de água ou intempéries no local, os sais que podem ocasionar o fenômeno são os sulfatos de sódio, de potássio, de magnésio e hidróxido de cálcio [24].

Essa ocorrência provoca um aspecto estético desagradável na estrutura, além de poder causar desagregação e perda da resistência do concreto.

Figura 6 – Eflorescência no concreto



Fonte: Mapa da Obra [25]

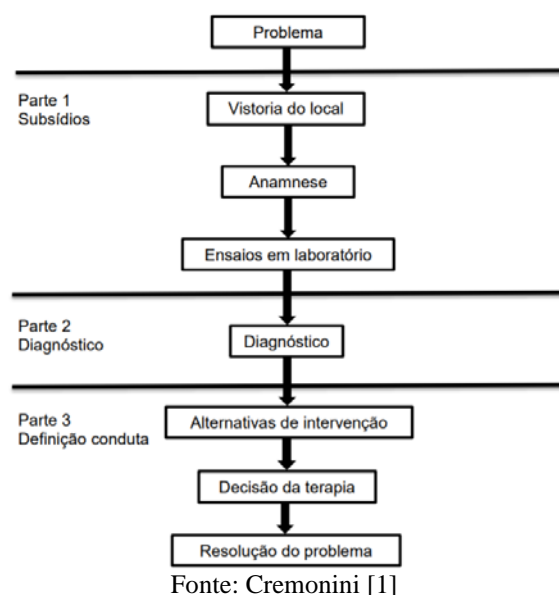
As principais causas para esse fenômeno são o contato da estrutura com águas contaminadas (subterrâneas, lagos, rios, chuvas) por cloretos, sulfatos e bicarbonatos dos compostos relacionados acima.

3.3. Intervenção

Para a correta intervenção nos problemas patológicos apresentados nas estruturas de concreto armado, é necessário que se tenha o conhecimento de todo o processo que desencadeou o problema para então chegar à sua solução. A Figura 7 abaixo, mostra o passo a passo que deverá ser implantado para a correção das patologias que forem apresentadas nas construções.

Após os dados coletados e realizado o diagnóstico do problema, o próximo passo é definir a medida de intervenção que será aplicada para a correção ou inibição da patologia. De início é realizado uma análise detalhada da situação, com o levantamento do que levou ao surgimento de tal patologia bem como da hipótese de recidiva do problema, para então definir qual conduta terapêutica que será adotada, definindo a mais adequada e com a melhor relação de custo/benefício [10].

Figura 7 – Fluxograma para resolução de patologias na construção civil



Visto isso, a seleção dos recursos e técnicas que serão empregados dependerá do diagnóstico, das características da região e do nível de exigência de desempenho da estrutura. As principais técnicas envolvidas na intervenção são divididas de acordo com o tipo de problema encontrado e, portanto, com diferentes formas de atuação, conforme relacionadas abaixo [6].

- *Intervenção emergencial*: Ação que deve ser executada de forma rápida para corrigir danos que causem insegurança na estrutura e que prejudica seu desempenho e utilização.
- *Intervenção de prevenção e proteção*: Ações que visam principalmente retardar o processo de deterioração da estrutura.
- *Reparos*: São realizadas com o intuito de recuperar o desempenho inicial da estrutura, estes podem ser divididos em reparos superficiais (onde não excede espessura da camada de cobertura da armadura) ou reparos médios e profundos (onde a profundidade do dano ultrapassa ao cobertura da armadura).
- *Reforços*: Indicado para reestruturar a resistência da estrutura para que esta suporte os novos esforços, aumentando sua capacidade de sustentação e desempenho.
- *Substituição da estrutura*: Ocorre quando

não há mais alternativa de correção da estrutura existente, visto que o dano causado atingiu o limite da capacidade indicada, sendo indicada a troca da estrutura ou até mesmo sua remoção definitiva.

Em relação às técnicas de intervenção aplicadas em estruturas de concreto armado, as principais são citadas a seguir [4, 11, 26].

- *Polimento*: consiste em diminuir a aspereza da superfície do concreto para impedir que a estrutura se desagregue no decorrer do tempo.
- *Apicoamento*: é um processo que precede a maioria dos métodos utilizados na recuperação estrutural, onde é deixada a superfície da estrutura rugosa para aumentar a aderência para um futuro tratamento em que vise o aumento da espessura do revestimento da armadura.
- *Lavagem com soluções ácidas*: as estruturas são lavadas a fim de retirar tintas, graxas, ferrugens e outros resíduos que mancham o local, geralmente são feitas com ácido muriático.
- *Lavagem com soluções alcalinas*: ocorre de forma semelhante à lavagem com soluções ácidas, porém esta pode ser realizada em áreas mais próximas às armaduras.
- *Lavagem com jato de areia e de água*: é realizada para remover as camadas superficiais mais deterioradas da estrutura, feita com jatos de água, ou areia, os mesmo os dois misturados.
- *Reforço mediante chapas de aço coladas*: são chapas de aço fixadas por meio de resina epóxi e uso de parafusos auto fixantes, onde servem de apoio para a estrutura reforçada.
- *Reforço mediante fibras de carbono*: as fibras de carbono são as mais indicadas para reforço de estruturas de concreto armado devido ao seu alto desempenho de resistência aos esforços solicitantes além

da esbeltes do elemento, reduzindo as dimensões dos reforços estruturais.

- *Reforço mediante aumento da seção transversal*: onde o elemento estrutural ganha um reforço mediante a aplicação de mais concreto e armadura no local.
- *Reforço mediante uso de perfis metálicos*: consiste em uma transferência da capacidade estrutural do concreto para o aço, em um sistema de “encamisamento”.
- *Reforço mediante Protensão Externa*: consiste na aplicação de forças externa anexadas à estrutura por meio do uso de cabos e tirantes a fim de colaborar com a capacidade de resistência da estrutura.
- *Recuperação de estruturas corroídas*: pode ser feito através de remoção eletroquímica dos cloretos, controle do processo catódico e proteção catódica.

A escolha da terapia deve ter como critérios a determinação do desempenho almejado e nível de qualidade satisfatório, onde a melhor opção será a que apresentar o menor custo que atenda à solução do problema. É interessante aplicar um plano de ação onde se identifique os recursos financeiros e tecnológicos que serão empregados, as técnicas que serão aplicadas, o nível de exigência de intervenção, o desempenho pretendido da estrutura ao decorrer de sua vida útil e cuidados de manutenção posteriores [12].

3.4. Medidas de Profilaxia

As medidas de profilaxia são fundamentais para evitar problemas patológicos nas estruturas, a prevenção deve ser pensada desde a concepção do projeto até à utilização da construção. A ausência ou retardo nas ações preventivas e reparadoras podem trazer grandes consequências para as estruturas, conforme já relatado anteriormente, comprometendo significativamente a qualidade da construção, levando à prejuízos financeiros, possibilidade de colapso e acidentes estruturais, e até mesmo a ocorrência de vítimas fatais. Portanto, é importante se atentar às principais medidas de

profilaxia que devem ser adotadas, como: [12]

- Projetos bem elaborados, onde se deve considerar todas as cargas que irão atuar sobre a estrutura, estar de acordo com as normas vigentes, conter detalhamentos suficientes para a correta execução, deve ser elaborado de forma criteriosa para atender aos requisitos de desempenho da estrutura;
- Controle tecnológico dos materiais, escolha adequada dos materiais empregados para garantir sua funcionalidade ao longo do tempo;
- Fiscalização e equipe competente na etapa de execução da obra;
- Manutenções preventivas, deve ser realizada periodicamente conforme o tempo que for recomendado em norma ou pelo manual do usuário, dessa forma é possível manter um desempenho satisfatório da estrutura no decorrer de sua vida útil;
- Utilização adequada da estrutura, não exceder as cargas para qual a estrutura foi projetada, evitar realizar intervenções nas estruturas ou utilizá-las para outros fins diferentes de sua finalidade.

4. Considerações finais

O presente artigo abordou os diversos aspectos acerca das patologias de estruturas de concreto armado, onde foram identificados os conceitos, origens, tipos de manifestações patológicas, causas, efeitos, além de medidas de correção e prevenção.

Conforme foi visto, são inúmeros os fatores que levam ao aparecimento de problemas patológicos nas estruturas, podendo ser originados desde a fase de projeto, como em sua execução ou utilização, assim como as causas podem ser externas, como agentes agressivos do meio em que está inserida, ou internas, como erros humanos. Portanto, é necessário um estudo criterioso para que

seja feito o correto diagnóstico de como e porque surgiram as anomalias nas estruturas e definir qual será o tratamento mais adequado.

Dessa forma, conclui-se que é necessário se atentar cada vez mais para a qualidade de cada etapa de vida da estrutura, afim de garantir que sejam aplicadas as melhores técnicas de elaboração dos projetos e execução da construção, investir em profissionais qualificados e materiais de qualidade, assim como cuidados periódicos após a entrega da obra. Com isso, haverá uma redução significativa no surgimento de patologias e por consequência a estrutura atingirá níveis de qualidade e segurança satisfatórios, atingindo o desempenho esperado ao longo de sua vida útil.

5. Referências

- [1] CREMONINI, Ruy Alberto. Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/>. Acesso em: 08 ago. 2020.
- [2] NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde. Santa Catarina, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/151/Daniel%20Nazario.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 ago. 2020.
- [3] SENA, G. O., et al, Patologia das Construções. Salvador: 2B, 2020.
- [4] SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.
- [5] FRANÇA, A. A. V. et al. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. Técnica, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002248898>. Acesso em: 16 ago. 2020.

- [6] HELENE, P.R.L. (2004). Vida útil das estruturas de concreto. Boletim Técnico, p. 1-30. Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/185.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2020.
- [7] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.
- [8] HELENE, Paulo; ANDRADE, J. J. O.; MEDEIROS, M. H. F., Concreto: Ciência e Tecnologia - Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, IBRACON, Cap. 22, 2011. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc55.pdf>. Acesso em: 05 set. 2020.
- [9] THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1989.
- [10] CARMO, Paulo Obregon do. Patologia das construções. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.
- [11] HELENE, P. Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. Pini, 2ª ed. São Paulo, 1992.
- [12] SILVA, P. A.; JONOV, P. M. C. Patologia nas Edificações. Curso de Aperfeiçoamento e Gestão na Construção Civil Pública. UFMG, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/adriano/Patologia%20das%20Construcoes.pdf>. Acesso em: 05 set. 2020.
- [13] SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1ª.ed. São Paulo: Pini Ltda, 2009. 257 p.
- [14] HELENE, P. R. L. Corrosão de armaduras para concreto armado. In: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo. Tecnologia das Edificações. São Paulo: PINI, 1988.
- [15] ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. Patologia das Estruturas. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.1, Cap. 32.
- [16] MARCELLI, M. Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2007.
- [17] MAIA, E. A. XIX COBREAP Inovações Científicas e Tecnológicas - especiais de perícias vícios construtivos x falta (falhas) de manutenção. Foz do Iguaçu: Ibape Nacional, 2017. Disponível: <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/09/PALESTRA-XIX-COBREAP-V%C3%8DCIOS-X-MANUTEN%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em 12 set. 2020.
- [18] CORSINI, R. Trinca ou fissura? 2010. Artigo - Revista Técnica. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-seoriginam-quais-os-tipos-179241-1.asp>. Acesso em 06 set. 2020.
- [19] IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações. In: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo. Tecnologia das Edificações. São Paulo: PINI, 1988.
- [20] ARAÚJO, A. et al., Monitoramento da corrosão em estruturas de concreto: sensor de umidade, de taxa de corrosão e de fibra óptica. São Paulo: Técnica 195, p.62-72 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273885695_Techne_2013_195_Monitoramento_da_corrosao_Sensor_umidade_taxa_e_fibra. Acesso em 12 set. 2020.
- [21] SILVA, F. A. S. Avaliação do teor de íons cloreto no ar atmosférico da praia de futuro em Fortaleza/CE. Monografia. Universidade Federal do Ceará, 2011. Disponível em: http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2011/Felipe_Alisson_Aval

- [iacao%20do%20Teor%20de%20Ions%20Cloreto%20no%20Ar%20Atmosferico%20da%20Praia%20do%20Futuro%20em%20Fortaleza%20Ce.pdf](#). Acesso em 12 set. 2020.
- [22] SANTOS, M. R G dos. Deterioração das estruturas de concreto armado – Estudo de caso. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte / MG, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9AHGJT>. Acesso em: 12 set. 2020.
- [23] CONSTRUA, Revista. As 5 patologias mais comuns na construção civil. 2020. Disponível em: <https://www.revistaconstrua.com.br/noticias/engenharia/as-5-patologias-mais-comuns-da-construcao-civil/>. Acesso em 26 set. 2020.
- [24] UEMOTO, Loh Kai. Patologia: danos causados por eflorescência. In: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo. Tecnologia das Edificações. São Paulo: PINI, 1988.
- [25] MAPA DA OBRA. Eflorescência: como resolver esse problema na casa do seu cliente. 2019. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/eflorescencia/>. Acesso em: 19 set. 2020.
- [26] REIS, L. Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <http://pos.dees.ufmg.br/defesas/82M.PDF>. Acesso em: 12 set. 2020.
- [27] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655: Concreto de cimento Portland: Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.