

PATOLOGIAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO: CAUSAS, PREVENÇÃO E TRATAMENTOS

PATHOLOGIES IN CONCRETE STRUCTURES: CAUSES, PREVENTION AND TREATMENTS

Data de aceite: 21/12/2024 | Data de submissão: 27/03/2024

SAMPAIO, Ana Lúcia de Matos, Esp.

Pós-Graduação em Estrutura de Concreto, Fundação e Contenções, Instituto de Ensino Superior Brasileiro, Manaus-AM, Brasil,

E-mail: ana_lucia_ms@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4702-2023>

RESUMO:

Este trabalho mostra os tipos de patologias em estruturas de concreto, apresentando suas causas, medidas de prevenção e tratamentos para o prolongamento da vida útil da edificação. O objetivo da pesquisa foi analisar os fatores que originam as patologias em suas fases de concepção da estrutura, desde a elaboração do projeto, erros de execução, falta de qualidade dos materiais empregados, que são apontados como as principais causas das patologias nas estruturas levando assim a diminuição da vida útil da edificação. A avaliação das causas que levam a estrutura à deterioração, pode evitar problemas futuros com relação e perda de desempenho. As soluções utilizadas para reparar as patologias de estruturas de concreto, deve considerar medidas para evitar o colapso.

Palavras-chave: Patologia; Estrutura; Concreto; Concreto Armado.

ABSTRACT:

This work shows the types of pathologies in concrete structures, presenting their causes, prevention measures and treatments to extend the useful life of the building. The objective of the research was to analyze the factors that give rise to pathologies in the structure's design phases, from project elaboration, execution errors, lack of quality of materials used, which are identified as the main causes of pathologies in structures, thus leading to reducing the useful life of the building. Assessing the causes that lead the structure to deteriorate can avoid future problems with relationships and loss of performance. The solutions used to repair pathologies in concrete structures must consider measures to prevent collapse.

Keywords: Pathology; Structure; Concrete; Reinforced Concrete.

1. INTRODUÇÃO

Para Collins (2001), as obras desde a antiguidade podem ser consideradas como um processo essencial para o desenvolvimento de novas técnicas construtivas existente até hoje. Esse avanço tecnológico na área construtiva permitiu o atendimento de demandas e necessidades de se criar estruturas cada vez mais complexas, que deu origem ao concreto armado. Nessa nova técnica construtiva foi aprimorada o uso para evitar ou minimizar prejuízos, e que funcionasse conforme sua especificação de ser empregado. No entanto, vários problemas

surgiram no decorrer de seu uso, entre eles à falta de conhecimento no uso dos materiais empregados, erro de projeto, cálculo e dimensionamento das estruturas, entre outros, ocasionando as patologias nas estruturas.

As ocorrências de patologias em estruturas de concreto podem ocasionar grande incidência de casos de corrosão das armações. Segundo Andrade (2016), o processo acelerado de desenvolvimento do Brasil, na década de 1990, possibilitou algumas obras que foram realizadas em ritmo intenso, ficando a desejar a questão da qualidade e da durabilidade das estruturas de concreto armado. Além disso, outro fator que contribuiu para esse cenário foi a má qualificação da mão-de-obra de várias obras dessa época, hoje em estado de degradação acentuada.

O uso do concreto sem o adequado controle de qualidade, na sua utilização, pode acarretar o aparecimento das mais diversas manifestações patológicas estruturais. Segundo Collins (2001), o concreto armado é uma associação do concreto com o aço, sendo que, o concreto resiste as tensões de compressão e aço as de tração. No entanto, as patologias afetam ambos os materiais, gerando problemas que comprometem a segurança e funcionalidade da estrutura, ou até mesmo estéticos.

Para Souza e Ripper (2009), a patologia nas estruturas é o campo tecnológico das construções que comporta estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas. Dessa maneira, as patologias são os principais problemas que comprometem a vida útil e durabilidade das construções.

O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento bibliográfico sobre a patologia em estrutura de concreto, desde suas causas até medidas de prevenção, assim como os quesitos para recuperação. Os objetivos específicos foram diagnosticar as origens das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado; verificar as principais e mais comuns manifestações patológicas em estruturas de concreto armado encontradas, mostrando quais são as características de cada uma para que possam ser reconhecidas, reforçadas e recuperadas.

No canteiro de obras, quando se tem o projeto, por vezes esses são mal elaborados ou com poucas especificações técnicas. Esse começo improvisado da construção e com poucas formalidades podem causar na edificação futura patologias da baixa a alta complexidade. A má execução de um projeto com falhas devido à falta de experiência da mão de obra empregada pode gerar um ciclo problemático para a ocorrência de patologias na construção. Desse modo, pode-se afirmar que muitos são os motivos para uma estrutura apresentar problemas de desempenho. Assim, busca-se conhecer as causas das patologias nas estruturas de concreto armado, a fim de evita-las, bem como, identificar medidas mais adequadas para sua recuperação.

2. PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Para Sanchs (2015), em várias situações que a patologia estrutural já consta alojada, a recuperação do elemento é mais difícil, que construir uma nova

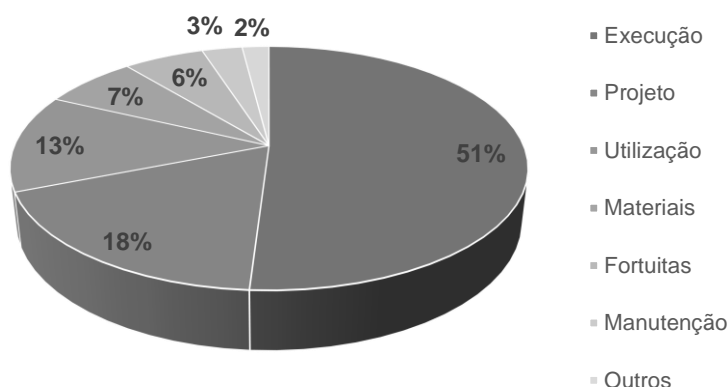
estrutura. Isso ocorre devido ao fato que muitas vezes a edificação pode estar em uso, o que vai dificultar os trabalhos de recuperação.

A corrosão da armadura ocorre quando o aço começa o seu processo de perda de seção. O processo de dilatação desse material pode causar fissuras e possíveis deslocamento do concreto, ocasionadas pelas tensões de tração no seu cobrimento.

A vida útil de uma edificação está diretamente ligada à causa da patologia, pois vai depender do uso, da manutenção, seu intervalo periódico e ações corretivas para recuperação, quando necessário. Ou seja, as causas da origem de patologias nas estruturas de concreto, pode ser as seguintes: falhas de projeto, problemas de execução, má qualidade dos materiais, uso inadequado da estrutura, manutenção inadequada, dentre outras, incluindo origens desconhecidas.

Segundo a ABNT NBR 15575:2013, as obras tem que ter uma vida útil de no mínimo 50 anos. No entanto, cada vez mais é recorrente o aparecimento de problemas nos primeiros anos de vida. A Figura 1 mostra as principais origens de incidências de patologia no Brasil.

Figura 1: Principais origens de patologias no Brasil.



Fonte: Adaptado de Silva e Jonov (2011).

Essas principais causas de patologias podem estar relacionadas com as fases de projeto e de execução da edificação. Sendo que, a segunda maior causa está vinculada a etapa de projetos, na má avaliação de cargas, em erros de determinação do modelo estrutural adotado, assim como, erros na definição da rigidez dos elementos estruturais, dentre outros erros usuais na construção brasileira, como por exemplo, a falta de drenagem, a ausência de impermeabilização e a falta do detalhamento das armaduras.

2.1. Patologia motivada por falta de projeto executivo ou incompatibilidade nos projetos (Defeitos de Projeto)

Para Souza e Ripper (2009), podem ocorrer várias falhas durante a etapa de concepção de projeto da estrutura, desde o estudo preliminar (lançamento da

estrutura), na execução do anteprojeto, até mesmo durante a elaboração do projeto de execução, também denominado de projeto final.

A má elaboração de projetos executivos para a construção de uma edificação está cada vez mais recorrente, ocasionando dúvidas no momento da execução. Esse tipo de problema pode ser evitado mediante a elaboração de um bom projeto executivo, com especificações e detalhamentos da estrutura. Por vezes, o início da obra ocorre sem ao menos se ter os projetos executivos. O reenvio de projetos para correção é uma constância, que coloca em risco o escopo da obra.

Os problemas causados por falhas nos projetos referentes à incompatibilização entre as diferentes disciplinas são muito comuns, geralmente existem falta de compatibilização entre os projetos complementares de instalações (elétrica, hidráulica, hidrossanitário) com os projetos estruturais, assim como, entre os projetos de arquitetura e de drenagem.

Outro erro recorrente está relacionado à incorreta localização dos furos de passagens das lajes e a mudança no sentido dos pilares da edificação, ou ainda, a falta dessas especificações em projeto. Essas constantes ocorrências no canteiro de obras fizeram com que houvesse a necessidade de se ter um gestor de projetos, profissional responsável por gerir os trabalhos entre os construtores e os projetistas na fase de desenvolvimento de empreendimentos, seja residencial, comercial, industrial, de saúde ou institucional.

Esse profissional também tem por função garantir a compatibilização dos projetos, organizando as demandas e frentes de trabalho, com diversos profissionais e empresas prestadoras de serviço. Dessa maneira, busca-se evitar riscos na rotina da obra com projetos executivos duvidosos, bem como minimizar ou sanar patologias.

2.2. Patologia motivada por falha na execução do projeto (Defeitos de Execução)

Após a fase de elaboração dos projetos inicia-se a execução da obra, observando muitos cuidados nas tomadas de decisão, para que tudo esteja conforme planejado nos projetos executivos aprovados. Como por exemplo, correta distribuição do canteiro de obras, com locais corretos de armazenamento dos materiais para que os mesmos não tenham suas propriedades constituintes alteradas, cronograma de atividades, entre outros necessários para o bom andamento dos serviços.

Segundo Brik, Moreira e Kruger (2013), as patologias que ocorrem na fase de execução da estrutura estão relacionadas a vários fatores, tais como a falta de mão de obra qualificada, pois geralmente os operários não têm cursos de capacitação profissional, que por vezes aprendem a profissão ao longo da sua vida com outros trabalhadores, podendo causar erros grosseiros nas construções, como por exemplo, a falta de prumo, de esquadro, de alinhamento dos elementos estruturais e da locação das estruturas.

Outra questão que implica a patologias de execução é a falta de acompanhamento do responsável técnico, habilitado, pois a sua ausência pode acarretar no aumento de chance dos trabalhadores da construção cometerem algum erro nas diferentes etapas da obra. O início da execução dos serviços pode ser determinante para a ocorrência de diversas falhas, tais como: falta de mão de

obra técnica e qualificada, materiais de baixa qualidade, com defeitos de fabricação, má qualidade de controle de qualidade, ou falta do mesmo, condições inadequadas de trabalho.

Para Souza e Ripper (2009), a ocorrência de problemas patológicos, com origem na etapa de execução, pode acontecer devido ao processo de produção. Esse processo tem sido prejudicado por refletir os problemas socioeconômicos da sociedade brasileira. A baixa qualidade técnica dos trabalhadores do mercado construtivo, como por exemplo, os serventes e os meio-oficiais, por vezes não possuem qualificação profissional. Outras falhas de execução podem ter origem nos serviços de escoramentos, fôrmas, posicionamento e qualidade das armaduras, assim como a qualidade do concreto.

2.3. Patologia motivada por uso de materiais de baixa qualidade (Falta de Qualidade dos Materiais)

As patologias geradas pelo o uso de materiais fora da especificação do projeto são muito comuns, pois muitas vezes as construtoras querem economizar comprando materiais de baixa qualidade, levando assim a execução de uma obra que futuramente vai apresentar vários problemas, causando a necessidade de retrabalho para correção dos danos, o que acaba encarecendo o valor da edificação.

Para Souza e Ripper (2009), poucos são os fabricantes de materiais e componentes que investem, ou que tem condições econômicas de investir, em pesquisas para compatibilizar a concepção do produto às exigências técnicas e funcionais de uso. No mercado da construção é comum a comercialização de componentes e materiais deficientes, ou com falha de controle de qualidade de produção, ou até inexistente, gerando problemas de desempenho da estrutura da edificação.

O uso de materiais inadequados, ou de baixa qualidade, pode ser considerado um outro fator que influencia na causa de problemas nas edificações. Sendo assim, é importante ter um local adequado para o armazenamento dos insumos, pois a falha nesse processo resulta em produtos com suas propriedades alteradas.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O problema de pesquisa abordou quais são os tipos e o que causam as principais patologias nas estruturas de concreto armado. De modo que, este trabalho permitiu a delimitação e a identificação de como as patologias podem ser resolvidas, embora se aborde de forma suplementar para explicar todo o seu contexto.

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica sobre as mais recorrentes patologias na construção, no Brasil. Também foram realizadas pesquisas sobre diagnóstico e causa, para apontar soluções viáveis para recuperação da estrutura comprometida com o desempenho e segurança. Essa base de dados pode viabilizar o diagnóstico da patologia da estrutura em concreto armado, com a determinação de sua origem e a gravidade do problema, para o direcionamento da abordagem possível diante de ações corretivas.

4. PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As causas das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado podem ter várias origens, desde a falha humana, tanto na execução como na elaboração do projeto, até problemas químicos dos componentes dos materiais, ataques de agentes agressivos ao concreto e as armaduras. O Quadro 1 apresenta os diversos tipos de causas, seja causas intrínsecas ou causas extrínsecas, nesse processo físico de deterioração do concreto armado.

Quadro 1: Classificações das causas dos processos de deterioração das estruturas de concreto.

Causas dos Processos de Deterioração das Estruturas de Concreto	
Causas Intrínsecas (inerentes às estruturas)	Causas Extrínsecas (externas ao corpo da estrutura)
Falhas humanas	Falhas humanas
Causas naturais próprias ao material concreto	Ciclo de vida
Acidentes	Ações externas

Fonte: Adaptado de Souza e Ripper (2009).

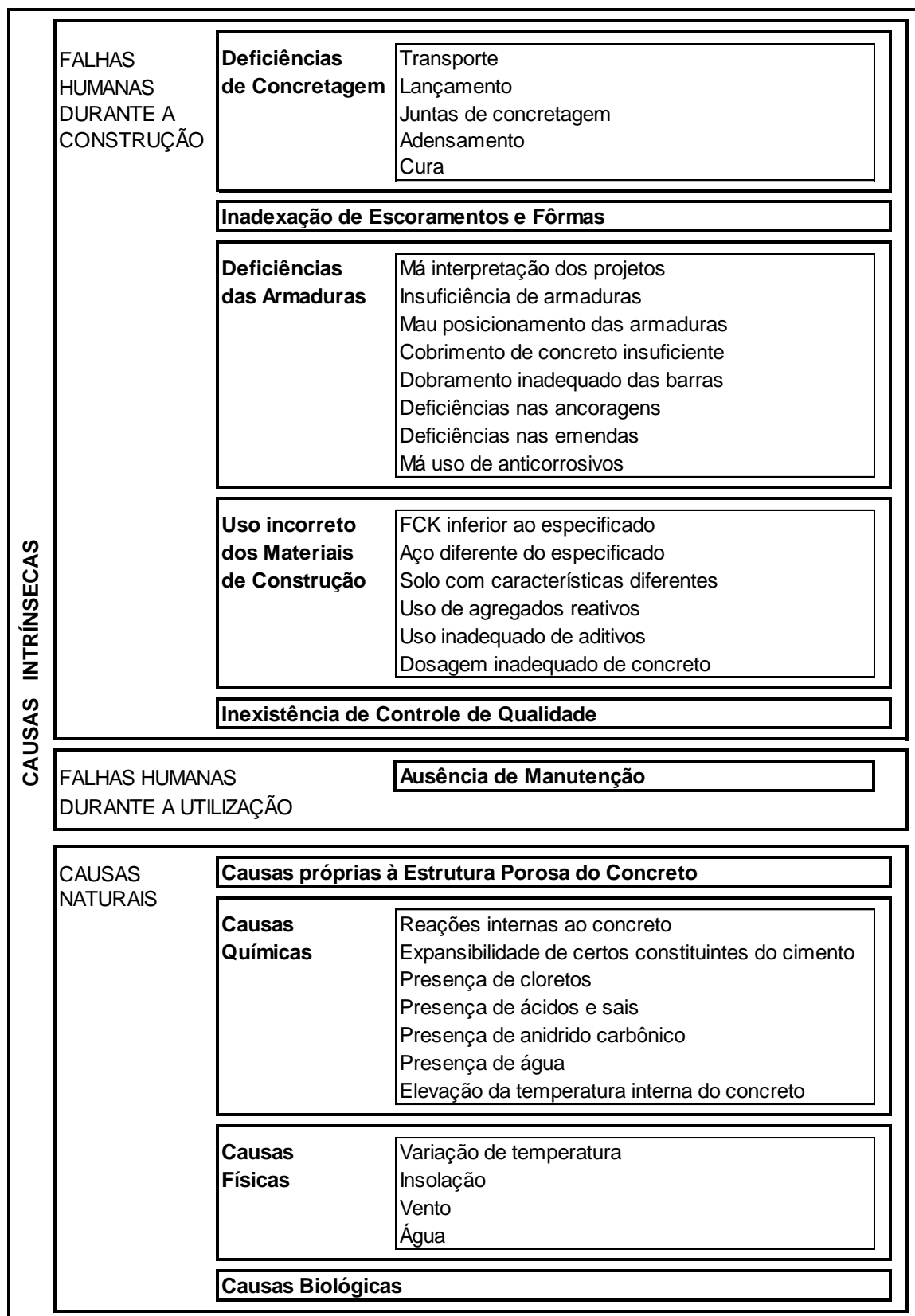
4.1. Causas Intrínsecas

As causas intrínsecas podem ocorrer de três maneiras, a falha humana, que se subdivide em duas, sendo uma durante a construção e outra durante o uso da edificação (por falta de manutenção). Sendo a terceira por causas naturais, próprias da constituição física do material.

A falha humana na construção pode ocorrer na execução dos serviços, sendo um problema bastante frequente no Brasil. Essa patologia quando causada pela baixa qualidade da mão de obra, pode ocasionar os seguintes problemas: deficiências de concretagem, inadequação de escoramentos das fôrmas, deficiência nas armaduras, utilização incorreta dos materiais de construção e inexistência de controle de qualidade, o que pode ocasionar manifestações patológicas. No entanto, a falha humana também pode ocorrer durante o uso, por falta de manutenção, que caracteriza um tipo de patologia bastante comum no mercado construtivo brasileiro, pois muitas estruturas chegam a se deteriorar, após passar algum tempo de sua execução sem a devida manutenção, esse descaso pode acarretar patologias graves. Vale ressaltar que, para manter a qualidade e o desempenho do elemento estrutural, ao longo de sua vida útil, deve-se buscar a proposição periódica da manutenção preventiva, observando o custo maior da manutenção corretiva, com o uso de técnicas de recuperação.

Para Souza e Ripper (2009), a classificação das causas intrínsecas, do processo de deterioração das estruturas de concreto, pode ser inerente às próprias estruturas, enquanto elementos físicos. Ou seja, são todas as que têm sua origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou de utilização das obras, por falhas humanas, por questões próprias ao material concreto e por ações externas, acidentes inclusive. Na Figura 2 constam as principais causas dos processos de deterioração por meio intrínseco.

Figura 2: Classificação de causas intrínsecas da deterioração de estruturas de concreto.



Fonte: Adaptado de Souza e Ripper (2009).

A deficiência de concretagem é um problema que pode estar relacionado as falhas de transporte, lançamento, adensamento e a cura do concreto. Todos esses fatores podem ocasionar problemas na estrutura, em caso, de mal execução. O fator transporte do concreto deve ser monitorado desde a saída da betoneira até o momento da sua aplicação, para observação dos cuidados para que o concreto não seque e nem perca a sua trabalhabilidade. O tempo de transporte entre os intervalos de concretagem também não devem ser grandes, pois podem provocar juntas de concretagem não previstas e perda de aderência.

O lançamento do concreto nas fôrmas deve ser realizado com uniformidade, pois se for mal feito, pode acarretar o deslocamento das armaduras, assim como dos chumbadores, embutidos nas peças da estrutura. O efeito ricochete pode ocorrer quando uma nova camada de concreto é lançada em cima de uma que terminou seu processo de endurecimento, ocorrendo a segregação de seus componentes. O plano inclinado do lançamento pode ocasionar o acúmulo de água exsudada, que provoca a segregação entre o agregado graúdo e a nata do cimento, criando pontos frágeis na estrutura, facilitando a ocorrência de focos de corrosão.

A fase de vibração e de adensamento do concreto precisa de alguns cuidados, como por exemplo, evitar a segregação do concreto, tratando-se da separação dos materiais, ocasionado pelo aparecimento de ninhos ou bicheiras, ou seja, vazios provenientes da concretagem, segundo Figuerola (2006). A grande porosidade é o problema que pode causar a baixa qualidade da estrutura, tornando-se um ponto de vulnerabilidade e de penetração de agentes agressores.

A execução dos serviços em conformidade com a ABNT NBR 6118:2014 requer o seguinte: evitar que o concreto seja arrastado; o lançamento da concretagem deve ocorrer de maneira uniforme, sempre com camadas regulares, evitando camadas muito grandes; as camadas devem ser lançadas com espessura compatível com o equipamento, que será utilizado para o adensamento; e o concreto deve ser adensado antes de receber a próxima camada, para que o ar da massa seja completamente expulso.

Souza e Ripper (2009) afirmam que a concretagem deve ter intervalos para adequação das juntas, uma vez que elas são inevitáveis. Entre cada etapa deve-se avaliar a localização mais adequada da junta, levando em consideração a durabilidade, resistência e estética. A cada retomada da concretagem a região da junta deve ser limpa, retirando-se o pó residual, gorduras e óleos, pois caso o contrário, essas impurezas, diminuíram o atrito entre as camadas, reduzindo assim a aderência entre elas.

A patologia provocada por causas naturais tem relação direta ao material do concreto, ao meio a que ele se encontra e aos esforços solicitantes de carga a que é submetido. Nesse caso, não tem ligação nenhuma com falhas humanas ou de equipamento adotado para sua execução.

As causas físicas tornam o concreto sujeito a um conjunto de agentes agressivos que dependem de condições climáticas e ambientais nas quais tenha sido submetido. Esse tipo de causa patológica no concreto armado inicia um processo de deterioração na estrutura, considerando as seguintes variáveis: a ação da variação da temperatura externa, da insolação, do vento e da água, sendo essa última sob a forma de chuva, gelo e umidade. Salientando que, pode-se se incluir também as solicitações mecânicas ou acidentes ocorridos durante a fase de execução da estrutura.

Segundo Ferreira (2000), as causas biológicas de patologias em estruturas de concreto armado podem ocorrer a partir de algumas condições químicas e físicas que contribuem para o ataque bacteriológico. Sendo elas: temperatura adequada dos esgotos para atividade bacteriológica (35 a 39° C); presença de enxofre no esgoto e resíduos industriais; sistema onde as águas residuais ficam retidas em condições estagnantes de escoamento; e falta de ventilação.

Dessa maneira, os ataques biológicos podem ser resultados de ataques químicos de ácidos, onde pode ocorrer o crescimento de raízes de plantas ou de algas que se incorporam em fissuras ou poros do concreto. Ou seja, as causas químicas de patologias no concreto são ocasionadas pelo contato com ácidos em altas concentrações, que não é habitual. Tendo em vista, as chuvas ácidas nos grandes centros e nas áreas industriais cada vez mais frequente.

Para Andrade (2016), os ácidos sobre o concreto atuam destruindo seu sistema poroso e produzindo uma transformação completa na pasta de cimento endurecida. O resultado dessas ações é a perda de massa e uma redução da seção do concreto. A perda acontece em camadas sucessivas, a partir da superfície exposta, sendo a velocidade da degradação proporcional à quantidade e concentração do ácido em contato com o concreto.

4.2. Causas Extrínsecas

A estrutura de concreto armado pode sofrer também danos por causas extrínsecas, que são os danos gerados na estrutura de fora para dentro, podendo ser ocasionados durante as fases de concepção e cálculo do projeto estrutural, ou ao longo da sua vida útil. Na Figura 3 pode-se observar alguns casos de causas extrínsecas a partir do estudo de Souza e Ripper (2009), que considera falhas humanas, ações mecânicas, ações físicas, ações químicas e ações biológicas.

Figura 3: Classificação de causas extrínsecas da deterioração de estruturas de concreto.

CAUSAS EXTRÍNSECAS	FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO	Má avaliação de cargas Inadequação ao ambiente Incorreção na relação Solo-Estrutura Incorreção na consideração de juntas de dilatação
	FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	Sobrecargas exageradas Alteração das condições do Terreno de Fundação
	AÇÕES MECÂNICAS	Choques de veículos Recalques de Fundações Acidentes (ações imprevisíveis)
	AÇÕES FÍSICAS	Variação de Temperatura Insolação Atuação da água
	AÇÕES QUÍMICAS	
	AÇÕES BIOLÓGICAS	

Fonte: Souza e Ripper (2009).

Essa classificação das causas extrínsecas pode auxiliar no diagnóstico e na determinação de medidas de recuperação da estrutura avaliada. As falhas humanas durante a concepção do projeto estrutural de concreto armado podem ser ocasionadas por diversos fatores, pois vários pontos devem ser observados para que a construção, no futuro, não apresente problemas graves. Dentre os fatores que podem gerar um problema de projeto, observam-se os seguintes: má avaliação das cargas, inadequação ao meio ambiente, incorreção não relação solo-estrutura e incorreção de consideração de juntas de dilatação.

A má avaliação das cargas, segundo Andrade (2016), diz respeito ao erro no cálculo estrutural e na sua especificação de sobrecargas, que podem produzir fissuração de seus componentes, tais como pilares, vigas e lajes. Essas sobrecargas atuantes precisam ser consideradas no projeto estrutural, caso a falha seja decorrente da execução da peça, ou do próprio cálculo estrutural. Vale ressaltar que, também pode ocorrer a solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista.

Para Souza e Ripper (2009), a inadequação ao meio ambiente trata-se de uma falha humana causada por projetos estruturais inadequados às especificidades do local, considerando o tipo de solo, bem como, atendendo às exigências de economia e de durabilidade. A estabilidade da obra deve ser garantida pelo respeito aos fatores de segurança inerentes a cada tipo de estrutura. A durabilidade dependerá da resistência dos materiais quanto à agressividade química e biológica das águas, observando o fator de poluição.

A incorreção não relação solo-estrutura é considerada outra falha humana que pode acarretar patologias na estrutura de concreto armado. Segundo Antoniazzi (2011), o fator interação solo-estrutura compreende num vasto campo de estudo, podendo incluir todos os tipos de estruturas e de solos. Os tipos de tratamento de estruturas comportam, por exemplo, prédios, pontes, silos e muros de arrimos.

Souza e Ripper (2009) afirmam que o terreno de fundação, em termos de sua capacidade deve resistir aos esforços que lhe são transmitidos pela estrutura, deformando-se, em consequência e na medida de suas características próprias, sendo sempre elemento integrante do conjunto responsável pela estabilidade da obra. Assim, em qualquer construção será fundamental conhecer, a priori, as características do solo, o que, nas situações mais frequentes, pode-se conseguir a partir da execução de furos de sondagem.

A incorreção na consideração de juntas de dilatação também é considerada um tipo de falha humana. As juntas de dilatação tratam-se de elementos constituintes, que garantem a movimentação das estruturas, considerando os efeitos de variação da temperatura, que podem provocar diferenças dimensionais nas fundações e na estrutura como um todo. Essas juntas de dilatação também são responsáveis por absorver acomodações diferenciais das fundações.

Para Marcelli (2007), seja por qualquer motivo, a liberdade de movimentação é fundamental para garantir a integridade física da estrutura, do contrário podem

surgir tensões elevadas que, se não forem corretamente consideradas no projeto, podem causar trincas na edificação, cuja evolução pode levar a um sinistro de graves proporções.

5. RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As técnicas de recuperação de estruturas de concreto armado devem ser avaliadas após o diagnóstico do problema, assim como a determinação de fatores agravantes. Ou seja, ao detectar que uma estrutura de concreto armado está com um problema patológico, deve-se, imediatamente, iniciar um estudo para analisar essa estrutura para a identificação da origem dessa patologia.

Para Souza e Ripper (2009), na primeira etapa um engenheiro civil perito em patologias deve realizar um levantamento de dados para que possa identificar com máxima precisão as técnicas e medidas mais apropriadas para sanar o problema. A segunda etapa consiste em entender o comportamento da estrutura afetada, e identificar a origem da patologia, podendo ser mais de uma origem. A terceira e última etapa trata-se do diagnóstico fechado pelo engenheiro responsável pelo estudo, que dependendo do grau de comprometimento da estrutura ou do custo de recuperação, pode determinar a demolição do elemento estrutural afetado.

Dessa maneira, percebe-se ser de extrema importância que um profissional qualificado e experiente realize esse estudo aprofundado e detalhado sobre o caso, para que a origem do problema seja identificada corretamente e posteriormente se estude as possíveis medidas a serem adotadas para a recuperação e o reforço da estrutura comprometida. A seguir constam técnicas para recuperação de estruturas de concreto armado.

- a) Recuperação superficial do concreto: todos os reparos que forem feitos em estruturas de concreto armado devem antes ter um preparo correto da superfície para que não se ocorra imprevistos, caso não seja respeitado está medida preventiva a estrutura pode ter o reparo comprometido. O primeiro passo para realizar a limpeza superficial do concreto é a realização do preparo do substrato de acordo com as condições locais e a proporção do trabalho que será realizado. Após o preparo do substrato deverá ser realizada a limpeza da superfície do concreto. Esse processo pode ser através de jatos de água fria, jatos de água quente, vapor, soluções ácidas, soluções alcalinas, entre outros métodos utilizados.
- b) Lavagens através de soluções (ácidas e alcalinas): o uso de soluções ácidas deve ser empregado em estrutura onde apenas a lavagem com água não consegue realizar a remoção das impurezas e imperfeições da estrutura, como tintas, graxas, ferrugem, manchas de cimento, etc. As soluções ácidas não devem ser utilizadas em estruturas com um cobrimento da armadura muito pequeno e nem próximo às juntas de dilatação. No caso de uso incorreto, as soluções ácidas podem se infiltrar em locais que impossibilitam sua remoção

causando efeito indesejados na estrutura. Nesse caso, muitas vezes se utiliza soluções alcalinas que tem um processo semelhante as soluções ácidas, mas que não são agressivas as armaduras, porém esse tipo de solução também requer cuidados na sua aplicação, pois podem vir a reagir com alguns tipos de agregados reativos.

- c) Jatos de água: são os mais utilizados na limpeza do substrato para que possa, posteriormente, realizar a aplicação do reparo, segundo Souza e Ripper (2009). Esse tipo de jato de alta pressão é muitas vezes empregado junto a jatos de areia.
- d) Apicoamento: trata-se de uma técnica utilizada para retirada de camadas externas de estruturas de concreto. Esse processo é realizado com a intenção de preparar a superfície para receber uma nova camada de concreto, aumentando assim o revestimento da estrutura, podendo ser realizado de maneira manual ou mecânica. A manual pode ser realizada por meio de ponteiro, talhadeira ou marreta leve de até 1kg, sendo que a mecânica mediante uso de martelos pneumáticos elétricos de até 5kg. Essa técnica deve ser realizada com atenção e respeitando a profundidade de perfuração para que não comprometa a integridade da estrutura.
- e) Tratamento de fissuras por flexão: as fissuras por flexão têm duas soluções para medidas corretivas, são elas: a retirada de sobrecarga ou a realização de um reforço estrutural. No caso da retirada de sobrecarga, em meios internos e não agressivos, em fissuras menores que 0,3mm não é necessário o tratamento, porém caso sejam maiores que 0,3mm e ativas, deve-se tratar com selantes, e se forem passivas, injetar resina epóxi. No entanto, em ambiente agressivos e úmidos, essas especificações e esses procedimentos devem ser adotados respeitando a abertura de 0,1mm. O caso de recomendação pelo reforço estrutural deve ser indispensável que se faça a análise cuidadosa da estrutura e dos esforços a que está submetida para que possa realizar corretamente os cálculos, assim como dimensionar e escolher adequadamente o reforço necessário. O reforço bastante utilizado é a aplicação de uma armadura auxiliar na face inferior da viga, evitando sua flexão. Esse processo implica no corte de uma pequena parte na face inferior da viga para que seja colocada a armadura auxiliar, sendo fixada com adesivo estrutural no pilar de apoio, para posteriormente receber o enchimento.
- f) Tratamento de fissuras por compressão: as fissuras por compressão são fissuras que ocorrem seja por falha no dimensionamento, seja na execução das estruturas, segundo Corsini (2010). Essas falhas podem ser corrigidas na fase de projeto evitando assim esse tipo de fissura na estrutura. No entanto, caso ocorra esse tipo de fissura pode-se adotar diversas medidas para a realização do reforço estrutural, uma delas é a colocação de armaduras suplementares na estrutura ou a colagem de chapas de aço que estabilizam a estrutura. Também se pode realizar o preenchimento dessas fissuras com a aplicação de microconcreto ou de graute.

- g) Tratamento de fissuras por retração: as fissuras por retração ocorrem devido a reação da água com o cimento durante a fase de secagem da estrutura, conforme Corsini (2010). Essa reação gera tensões internas no elemento estrutural que estimula a retração do concreto submetendo a peça a uma tração alta. O concreto por não possuir uma resistência alta a tração acaba gerando fissuras na peça. Esse tipo de fissura pode ser prevenido na fase de execução da estrutura, pois existem alguns materiais que podem ser adicionados no concreto para que se torne mais flexível visando evitar o surgimento de fissuras. Entre esses materiais estão a fibra de aço e a fibra de polipropileno, ambas as fibras tem a função de inibir o surgimento de fissuras no concreto.
- h) Injeção das fissuras: trata-se de uma técnica que permite o preenchimento perfeito de vãos e fissuras da estrutura. No caso de fissuras passivas, utiliza-se materiais rígido como epóxi ou grautes, sendo que, no caso de fissuras ativas é necessário a utilização de materiais flexíveis para o preenchimento dos vãos como resinas acrílicas ou poliuretânicas. Para Souza e Ripper (2009), o sucesso desse procedimento depende da experiência do aplicador, a escolha adequada da bomba de injeção e a escolha do material correto para o tipo de fissura detectada.
- i) Tratamento das armaduras: no caso de armaduras afetadas pelo contato com o ambiente, as barras devem ser lavadas com jatos de alta pressão de areia ou realizada a limpeza manual ou mecânica de escovação. Esse processo deve garantir que não fiquem materiais nocivos após a limpeza, somente após a realização dessa limpeza deve-se analisar e constatar se houve perda na seção da barra e se a estrutura necessita de um reforço estrutural a partir da implantação de novas barras de aço. A prevenção desse tipo de patologia na execução é fundamental, respeitando o cobrimento mínimo exigido, a utilização de agregados adequados e até realizar a aplicação de materiais impermeabilizantes nas barras antes da concretagem. Na fase de projeto o mais importante é analisar e classificar a agressividade do ambiente em que a estrutura ficará exposta.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou a composição de uma base de dados sobre as causas de patologias em estruturas de concreto armado, observando os tipos de patologias mais recorrentes no mercado construtivo brasileiro. Salientando que, a diversidade de fatores que causam essas patologias vai desde ataques de agentes químicos até a própria sobrecarga imprevista numa estrutura, assim como a falta de planejamento dos projetos para a concepção de uma obra, observando a análise de requisitos mínimos necessários em atendimento das normas vigentes.

O estudo das patologias em estruturas de concreto armado possibilitou a realização do levantamento de várias manifestações e agressões patológicas,

considerando a sua origem, bem como seus diversos sintomas sobre a estrutura comprometida, observando que dependendo das causas, origens e danos estruturais pode-se reduzir a sua vida útil. Dessa maneira, diversas são as patologias geradas em uma edificação em decorrência de diferentes fatores, tais como: fissuras e trincas, desagregação, erosão e desgaste, segregação, manchas, eflorescência, calcinação, perda de aderência entre concretos (nas juntas de concretagem), porosidade e permeabilidade.

As patologias geradas durante a vida útil da estrutura podem ter suas origens por diversas causas, podendo surgir na fase de projeto, quando não são adotados os devidos cuidados com o estudo do solo no qual a estrutura será inserida, ou até mesmo por incompatibilidade de projetos. As ocorrências também podem ser provenientes da má utilização da estrutura pelos usuários, que por vezes não sabem que a falta de manutenção ou a mudança de finalidade de uso da estrutura, para a qual foi projetada, pode acarretar problemas patológicos graves e levar a estrutura ao colapso.

A falta de manutenção preventiva nas obras construídas podem ser um fator de agravamento das degradações apresentadas nas estruturas de concreto armado. Salientando que, o uso de materiais de baixa qualidade ou a falta de planejamento adequado nos canteiros de obras tendem ser determinantes para que as construções adquiram algum tipo de patologia. Essas patologias originadas por uso de materiais de baixa qualidade e de execução dos serviços são consequentes da falta de qualidade da mão de obra e de fiscalização adequada no decorrer da construção.

As técnicas de recuperação da estrutura danificada podem ser diversas, como por exemplo: polimento, apicoamento, lavagem com soluções ácidas, alcalinas, areia e água, técnica de injeção de fissuras, costura de fissuras ou grampeamento, reforço mediante chapas de aço coladas, reforço mediante fibras de carbono, reforço mediante aumento da seção transversal. No entanto, a recuperação da estrutura danificada nem sempre é viável, tendo em vista o alto custo e também a pouca durabilidade de alguns materiais utilizados para a sua recuperação.

A investigação criteriosa mediante um estudo com análise e diagnóstico da estrutura de concreto armado permite a determinação da melhor ou possível uso do procedimento mais adequado para se fazer a sua recuperação, sem colocar em risco vidas ou o seu entorno imediato. Sendo assim, sempre que possível deve-se buscar a recuperação da estrutura, observando os danos causados por agressões patológicas. Em outras circunstâncias, o melhor a fazer trata-se de medidas preventivas de tais danos, como por exemplo, a elaboração e compatibilização de projetos, a qualificação da mão de obra, a fiscalização constante da execução dos serviços, a utilização de materiais de boa qualidade e as orientações para o usuário final, com o fornecimento do manual de uso e de manutenções.

Portanto, é necessário entender que para uma estrutura alcançar um nível satisfatório de durabilidade sem manifestações patológicas, todas as áreas envolvidas no processo de construção devem estar em harmonia, tais como: projetistas, mão de obra de execução e usuários. No caso dos projetistas requer o

domínio de conhecimentos necessários para a realização do projeto estrutural executivo, a especificação dos materiais utilizados, assim como considerar a análise do solo e do ambiente no qual se deseja construir. De nada adianta um bom quadro de colaboradores na área da execução da obra se os materiais utilizados forem de baixa qualidade ou de procedência duvidosa. Ou seja, para se evitar manifestações patológicas, todos os aspectos necessários para a execução de um projeto devem andar juntos e possuir um padrão mínimo de aceitação, de acordo com as especificidades das normas vigentes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. B. B. **Principais Manifestações Patológicas Encontradas em Edificação**. p. 1–23, 2016.

ANTONIAZZI, J. P. **Interação Solo**: Estrutura de Edifícios com Fundações Superficiais. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Santa Maria: UFSM, PPGE, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7763/ANTONIAZZI%2c%20JULIANA%20PIPI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 10 nov. 2022.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRUK, Eveline Manosso Janik; MOREIRA, Luciana dos Passos; KRUGER, José Adelino. Estudo das patologias em estruturas de concreto provenientes de erros em ensaios e em procedimentos executivos. *In.*: 8º ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 27 a 30/08/2013. **Anais** [...]. Lages: SENAC, 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/30249551/Estudo_das_patologias_em_estruturas_de_concreto_provenientes_de_erros_em_ensaios_e_em_procedimentos_executivos. Acesso em: 11 nov 2022.

COLLINS, M.P. **Evaluation of shear design procedures for concrete structures**. A Report prepared for the CSA technical committee on reinforced concrete design. 2001.

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** São Paulo: Técnica. 160, p., jul. de 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-origina-quais-os-tipos-285488-1.aspx>. Acesso em 10 nov. 2022.

FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão**. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Braga: Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2000.

FIGUEROLA, V. **Vazios de concretagem**. São Paulo: Técne. 109, abr. de 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-1.aspx>>. Acesso em: 06 abr. 2022.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na Construção Civil**: causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2007.

SANCHS, A. **Tratamento intensivo**. São Paulo: Técne, 2015.

SILVA, A.P.; JONOV, C.M.P. **Patologia das Construções**. Belo Horizonte: UFMG, Especialização em Construção Civil, 2011.

SOUZA, V.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 2009.