



Patologias em Estruturas de Concreto Armado

Pathologies in Reinforced Concrete Structures

SCARI, Pamela¹; SANTOS, Odair.

pamelascari@hotmail.com¹

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

Informações do Artigo

Palavras-chave:

*Patologias
Concreto Armado
Corrosão*

Key word:

*Pathologies
Reinforced Concrete
Corrosion*

Resumo:

O presente trabalho de conclusão de curso desenvolve uma abordagem acerca das Patologias presentes em Concreto armado. Devido ao baixo custo, capacidade de produção, e alta durabilidade, o concreto se tornou um material utilizado em grande escala mundialmente. Contudo, um conjunto de variáveis como projeto, manutenção, execução, entre outros, podem diminuir a eficácia da estrutura de concreto armado. Os gargalos nas estruturas podem ser verificados estudando as causas, os sintomas e as origens dos defeitos das construções cíveis, denomina-se este estudo, patologia. O termo patologia é utilizado, quando acontece queda ou perda de desempenho. Como a execução das obras são em sua maioria realizadas de forma artesanal, são grandes as chances de ocorrer erros das mais diversas esferas (controle, mão-de-obra, matérias), dando origem as patologias. A metodologia utilizada para a criação desse estudo é a pesquisa descritiva de cunho bibliográfico. O presente trabalho faz uma abordagem sobre a história do concreto armado, suas características, as principais patologias, sua origem devido aos erros de execução e apontar soluções. Os objetivos deste trabalho foram alcançados, pois contribuiu para agregar conhecimento sobre a história geral do concreto, estudo na área de patologias estruturais focado na etapa executiva, indicando os principais erros de execução, recomendando métodos preventivos e propondo possíveis soluções de reparos para as estruturas danificadas.

Abstract

This final course project presents an approach to the pathologies present in reinforced concrete. Due to its low cost, production capacity, and high durability, concrete has become a widely used material worldwide. However, a combination of factors such as design, maintenance, and execution can reduce the effectiveness of reinforced concrete structures. The weaknesses in these structures can be identified by studying the causes, symptoms, and origins of defects in civil constructions, which is referred to as pathology. The term 'pathology' is used when there is a decrease or loss of performance. Since construction work is often carried out manually, there is a high likelihood of errors in various aspects (quality control, labor, materials), leading to the development of pathologies. The methodology used for this study is descriptive bibliographic research. The project discusses the history of reinforced concrete, its characteristics, major pathologies, their origin due to

execution errors, and proposes solutions. The objectives of this work were achieved by contributing knowledge about the overall history of concrete and focusing on structural pathology during the execution phase, highlighting key execution errors, recommending preventive methods, and suggesting possible repair solutions for damaged structures.

1. Introdução

Quando uma pessoa decide construir, uma preocupação se torna constante: a resistência, estabilidade e segurança das estruturas. Com o passar dos tempos, o homem veio se capacitando e isto pode ser visto no conhecimento aplicado na área da construção que, além de acompanhar o desenvolvimento de tecnologias aplicadas a materiais e mão de obra está sempre aumentando.

Em toda construção civil, o concreto é o material de mais serventia e mais utilizado no mundo inteiro. É um material de alta resistência, denso, durável e fácil de ser fabricado. Para a junção do concreto com o aço, desenvolveu o conceito de concreto armado. Foi a partir do século XIX, que Monier aprimorou as técnicas de produção deste material, fazendo com que assim, possa maximizar a solidez das estruturas com melhores características de durabilidade e resistência, permitindo a construção de obras, até então limitadas pelo uso de pedra e madeira e permitindo formas arquitetônicas diferenciadas e soluções de engenharia arrojadas.

Se o concreto receber manutenção constante e eficaz, pode-se considerar que ele poderá ter durabilidade eterna, entretanto, ainda são encontradas manifestações patológicas em intensidade. As causas desta deterioração podem ser as mais diversas, tais como: materiais de má qualidade, falta de qualificação da mão-de-obra, erros no projeto, envelhecimento natural, acidentes, etc.

Os erros de execução das estruturas podem ser de todo o tipo, podendo estar ligadas à fabricação, montagem e desmontagem das fôrmas e cimbramentos; corte, dobra e montagem das armaduras,

dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto, todas elas relacionadas, principalmente, ao emprego de mão-de-obra desqualificada ou falta de supervisão técnica.

2. Concreto armado

O concreto armado é um processo construtivo inventado na Europa em meados do século XIX. Ele consiste na combinação do concreto – uma pasta feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, conhecida desde a Antiguidade – com uma armadura de aço. A novidade está justamente na reunião da propriedade de resistência à tração do aço com a resistência à compressão do concreto, que permite vencer grandes vãos e alcançar alturas extraordinárias, além disso, o concreto é um material plástico, moldável, ao qual é possível impor os mais variados formatos. [1]

Inicialmente empregado apenas em embarcações e tubulações hidráulicas, a partir de fins do século XIX o concreto armado passa a ser utilizado também nas edificações. Junto com o aço e o vidro, ele constitui o repertório dos chamados “novos materiais” da arquitetura moderna [2]

O concreto armado é produzido em escala industrial e viabilizam construções de grande porte, como de pontes, arranha-céus e outros, que nos últimos tempos surgiram àqueles novos objetos arquitetônicos característicos do cenário do mundo moderno do século XX. O concreto armado é um material composto pela associação do concreto com o aço de modo que estabeleçam um sólido único. [1]

Desde então, pelas suas vantagens, tem sido utilizado em larga escala, pois essa combinação é eficiente na construção civil

pela alta resistência à tração do aço e também pela boa resistência à compressão do concreto. Entretanto o uso do concreto armado pode ser considerado recente, pois começou a ser usado efetivamente a menos de 100 anos em construções com embasamento técnico e modelos de cálculo racionais. [3]

Sendo assim como todo o material que é utilizado para uma determinada função, e que apresentam pontos negativos e positivos, com o concreto armado não é diferente. Para Carvalho e Figueiredo [4] os principais pontos para estarão descritos a seguir.

- Pontos Negativos

O concreto é um material que conduz bem o calor e o som que, no entanto, em ocasiões específicas, necessita a combinação com outros materiais para erradicar o problema. [4]

Por sua vez, além de seu peso específico elevado, resulta com maiores dimensões o concreto armado, do que uma estrutura feita apenas de aço. Portanto, o peso próprio da peça analisada será muito grande, e também se faz necessário um sistema de fôrmas e escoras, que, geralmente, precisa permanecer no local até que o concreto alcance resistência adequada, limitando o seu uso em determinadas situações ou aumentando bastante o seu custo. [4]

- Pontos positivos

Por ser um material relativamente simples de se executar, as técnicas deste material passam a ser razoavelmente dominada em todo o país, logo, faz com que o método aplicado seja, muitas vezes, mais viável economicamente. E se comparado a outros materiais utilizados como a madeira e o aço, o concreto tem uma resistência maior ao fogo. [4].

A sua trabalhabilidade é boa, sendo um material moldável sem muitas dificuldades ainda fresco, facilitando a execução do serviço previsto em projeto. Tem uma boa resistência para sua finalidade, além de ser um material durável. [4]

2.3 Desenvolvimento Histórico no Brasil

De todos os países deste mundo modernizado, o Brasil foi onde mais predominou a tecnologia do concreto armado. Ele é o material estrutural absolutamente hegemônico nas construções das cidades brasileiras, sejam elas de nível alto ou baixo padrão.

Figura 1- Edifício Copan



Fonte: Cimento Itambé [5]

Em 1904 foram construídos sobrados e casas em Copacabana, no Rio de Janeiro. Em 1908, foi feita a construção de uma ponte com 9m de vão, executada no Rio de Janeiro pelo construtor Echeverria, com projeto e cálculo do francês François Hennebique. Em 1909 foi construída a ponte com vão de 5,4m na Rua Senador Feijó em São Paulo.

Ainda hoje em ótimo estado, no ano de 1910, foi construída uma ponte de concreto armado com 28m de comprimento, na Av. Pereira Rebouças sobre o Ribeirão dos Machados na cidade de São Paulo.

Vasconcelos [6] afirma que, a “vinda da firma alemã Wayss e Freytag constituiu talvez o ponto mais importante para o desenvolvimento do concreto armado no Brasil” em 1913. Mas de acordo com o diário oficial brasileiro decreto N. 131 [7], só teve a autorização para funcionar no dia 17 de abril de 1935. Em 1907/1908 surgiu o primeiro edifício em São Paulo com três pavimentos, sendo um dos mais antigos do Brasil em “cimento armado”.

A maioria dos cálculos estruturais passou a ser feito no Brasil a partir de 1924, com destaque para o engenheiro estrutural Emílio

Baumgart. Em 1969 Museu de Arte de São Paulo, com laje de 30 x 70 m livres, recorde mundial de vão, com projeto estrutural de Figueiredo Ferraz;

Em 1975 Ponte Colombo Salles em Florianópolis, a maior viga contínua protendida do mundo, com 1.227 m de comprimento, projeto estrutural de Figueiredo Ferraz.

2.4 Patologias de Concreto Armado

Helene e Figueiredo [8] diz que: "a patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema".

Segundo Amorim [9] o processo de construção civil pode ser dividido em três etapas básicas: projeto, execução e utilização. Os problemas patológicos, exceto os casos em que a estrutura sofre por ocorrência de catástrofes naturais, têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de alguma dessas fases.

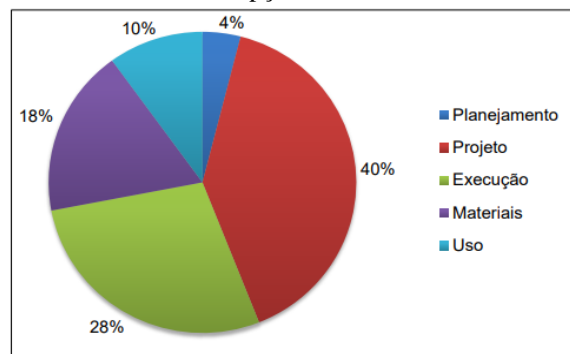
Para que haja um sistema de qualidade de estrutura eficaz, exige-se, para etapa de projeto, a garantia de inteira satisfação do cliente, de facilidade de execução e de possibilidade de adequada manutenção; para etapa de execução, será de garantir a fidelidade do projeto na hora de executar, e para a etapa de utilização, é importante saber as deformações do seu estado limite de utilização para garantir a satisfação do utilizador e a possibilidade de extensão da vida útil da obra [9]

A origem de patologias na estrutura construída indica a existência de falhas no processo da execução ou de alguma outra etapa da construção e também pode apontar falhas no sistema de controle implantado nas atividades da obra. [6]

Os problemas patológicos que aparecem nas edificações durante sua vida útil são originados durante a fase de produção da edificação, com maior percentual na fase de

projeto, no caso da Europa, sendo que, no caso do Brasil, esse percentual se dá na fase da execução, como pode ser analisado no quadro anterior, por isso a grande importância da implementação de um sistema de gestão na qualidade para execução da obra [1]

Figura 2 Origem das patologias relacionadas às etapas de concepção do edifício.



Fonte: Zuchetti [10]

2.5 Principais Patologias no Concreto Armado

Tão velho quanto o próprio concreto armado, são também as fissuras que ele apresenta, e por isso, tem sido motivo de pesquisas por parte de todos os técnicos específico nesta área, e seja talvez por isso que a fissura esteja marcada, atualmente, como um dos sintomas mais marcantes das doenças do concreto armado ou massa. [9]

Figura 3 – Fissura Geométrica



Fonte: Téchne [11]

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, sejam eles residenciais comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das trincas, devido a três aspectos fundamentais:

o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus [12].

2.5.1 Recalque de Fundação

Todos os solos, submetidos à carga apresentam maiores ou menores deformações, dependendo basicamente das características do solo e da presença do lençol freático. O deslocamento vertical de um elemento de fundação é chamado de recalque e pode ocorrer de imediato ou ao longo do tempo por adensamento com a expulsão da água dos vazios do solo [12].

Figura 4 – Recalque por adensamento



Fonte: Natureza [13]

A ocorrência de deslocamentos diferentes entre os elementos de uma mesma fundação é chamado de recalque diferencial. Segundo Thomaz [12], as fissuras ou trincas, causados pelo recalque diferenciados dos pilares são inclinados sendo estas aberturas maiores na parte superior das vigas. Rebello [14] diz também que o recalque progressivo tem como consequência efeitos de flexão na superestrutura não previstos nos projetos originais.

2.5.2 Ataques biológicos naturais

Para Helene [8], são várias as possibilidades desse tipo de patologia, onde os micro-organismos, raízes de vegetações, entre outros, penetrem no concreto e acham um ambiente próprio para seu

desenvolvimento gerando tensões internas danificando o concreto.

Alguns exemplos desses ataques biológicos que causam a deterioração e a desagregação do concreto são o crescimento de vegetação nas estruturas, onde as raízes penetram o concreto (figura 5) através de pequenas falhas, ou pelas fissuras e juntas de dilatação, e o desenvolvimento de organismos e micro-organismos em certas partes da estrutura.

Figura 5 - Patologia biológica com raízes



Fonte: Altejo [15]

2.5.3 Retração do concreto

Outra situação, que não pode ser desprezada do concreto, é a retração. A retração do concreto acontece quando há diminuição do excesso do volume de água devido à evaporação, que não é retida no processo de hidratação do cimento, sendo uma deformação que independe do carregamento, mas está diretamente ligada com os espaços vazios deixados pela água na sua evaporação. [16]

Figura 6 – Retração do Concreto



Fonte: Aoki e Medeiros [17]

Existe uma relação direta entre a água/cimento e a retração. A evaporação de água do concreto, e suas movimentações fazem com que ocorram variações internas de pressão e por isso o concreto retrai. As condições climáticas definem a saída de água. A umidade relativa do meio externo faz com que a umidade relativa do concreto se balanceie, logo, água é pressionada para fora pelos poros capilares do concreto, resultando no tensionamento do concreto. [18]

Com outras palavras, Neville [19] também diz que independente do carregamento, a secagem do concreto se dá apenas pelas condições climáticas. Ela se baseia nos fenômenos capilares que ocorrem nas redes de poros existentes no interior do concreto. Ainda antes da pega é onde as primeiras manifestações de retração acontecem.

A retração plástica é devida à perda de água na superfície do concreto ainda no estado plástico, ou por sucção do concreto ou solo subjacente. [19]

2.5.4 Dilatação térmica

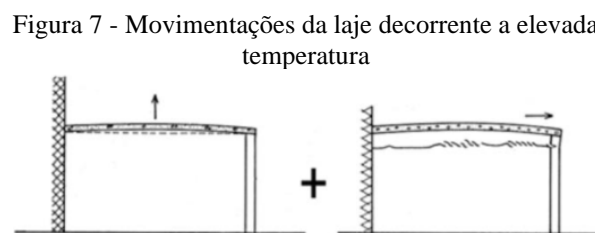
As variações de temperatura diárias nos componentes de um edifício provocam alterações nas suas dimensões, tanto em movimentos de expansão quanto de contração. As junções de vários elementos de um edifício limitam os movimentos, desenvolvendo tensões que provocam as fissuras.

Segundo Ercio Thomaz [12] afirma que em relação à temperatura, podem existir, em componentes de mesmo elemento movimentações diferenciadas, assim surgindo às trincas de origem térmica. As principais movimentações diferenciadas ocorrem em função de:

- Ligamentos de vários materiais e diversos coeficientes de dilatação térmica, expostas as mesmas condições e variações de temperatura. (Por exemplo, tijolo, concreto e argamassa); [12]
- Exposição variada de elementos interligados a diferentes temperaturas

simultaneamente. (Por exemplo, uma fachada em relação a laje de cobertura); [12]

- A dilatação da laje que difere com o da parede, provoca o abaulamento ao longo da sua altura que resulta em tensão de tração e de cisalhamento na parede da edificação. As trincas se desenvolvem principalmente nas paredes, apresentando as seguintes configurações ilustradas na figura 7. [12]



Fonte: Santiago [20]

Um fato muito comum que se dá nas coberturas e lajes, é que elas são muito mais expostas às variações térmicas naturais do que as peças verticais da estrutura, logo, fazem com que ocorram diferentes movimentações entre elementos verticais e horizontais que, conseqüentemente, resultam em fissuração, agravada no caso de diferença de inércia (encontro lajes - vigas) [9]

2.5.5 Corrosão das armaduras

Neste caso há expansão da armadura, causando fissuras por tração simples no concreto. Ao sofrer efeito da corrosão óxido expansivo, o material aumenta de 8 a 10 vezes em relação ao volume original, faz com que haja grandes tensões no concreto e conseqüentemente cause rompimento no concreto por tração apresentando fissuras que seguem as linhas das armaduras principais, e inclusive dos estribos, se a corrosão foi muito intensa. [21]

Cascudo [21] define corrosão de elementos metálicos/ quando há uma reação química de um metal, transformando-o em íon metálico, pela sua interação química ou eletroquímica com o meio em que se encontra.

Para Helene [8] a corrosão é uma interação destrutiva de um material com o

ambiente, seja por reação química, ou reação eletroquímica. Todas as definições são semelhantes e praticamente falam a mesma coisa, e Gentil [22] por sua vez não é diferente, ele só acrescenta que a corrosão, em alguns casos, se assemelha ao inverso do processo metalúrgico. E complementa: o produto da corrosão de um metal é bem semelhante ao minério do qual é originalmente extraído. O óxido de ferro mais comumente encontrado na natureza é a hematita, Fe_2O_3 e a ferrugem é o $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, isto é, o metal tendendo a retornar a sua condição de estabilidade. [22]

Figura 8 - Bicheiras na estrutura de concreto



Fonte: AECweb [23]

Na maioria das vezes, a água é um dos principais agentes necessário para que ocorram os processos de corrosão. Com a sua presença ou se o ambiente estiver uma umidade relativa do ar de 60%, já há possibilidades de causar a formação de óxidos, esse processo é um fenômeno conhecido como eletroquímico. Para que aconteçam todos os processos corrosivos é necessário ter um eletrólito, diferença de potencial, oxigênio e agentes agressivos, chamado de corrosão em meio aquoso. Sempre haverá água o concreto em quantidade ideal para criar o eletrólito perfeito nas estruturas expostas. [22]

Helene [8] diz que, quando ocorrem diferenças, de aeração, umidade, concentração salina, tensões nas barras e no concreto, entre dois pontos produzem diferença de potencial, desenvolvendo a formação de células de corrosão (pilhas), ou uma cadeia de pilhas.

2.5.6 Carbonatação

Em consequência do CO_2 presente no ar atmosférico, tanto em centros urbanos ou em zonas rurais, em reação aos componentes hidratados do cimento, o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), forma-se $CaCO_3 + H_2O$ (carbonato de cálcio e água), o que implica a carbonatação do concreto. [24]

A carbonatação, como já se referiu anteriormente, resulta diretamente da ação dissolvente do anidrido carbônico (CO_2), presente no ar atmosférico, sobre o cimento hidratado, com a formação do carbonato de cálcio e a consequente redução do pH do concreto até valores inferiores a 9. Quanto maior for a concentração de CO_2 presente, menor será o pH, ou, por outro lado, mais espessa será a camada de concreto carbonatada [24]

A figura 8 mostra uma melhor visualização do que de fato acontece nesse processo.

Figura 9 - Carbonatação do concreto



Fonte: TECNOSIL [25]

2.6 Erros de execução que causam patologias

Execução de estruturas de concreto armado é definida pela NBR 14931 [26] como, todas as atividades inseridas no desenvolvimento da execução da estrutura de concreto, ou seja, sistema de fôrmas, armaduras, concretagem, cura e outras, como também as relacionadas à fiscalização, documentação do como construído e análise do controle de resistência do concreto.

Para Amorim [9] se faz necessárias duas observações sobre a execução. A primeira diz respeito à sequência natural do processo

construtivo, ou seja, a exigência de que só seja iniciada a etapa de execução após estar concluída a de concepção do projeto. Isto, embora seja o lógico e o ideal, raramente ocorrem em obras de maior porte, sendo de pratica de uso geral, por exemplo, serem feitas adaptações ou mesmo modificações no projeto já durante a execução obra, sob o pretexto, normalmente não válida, de serem necessárias certas simplificações construtivas, que na maioria dos casos, acabam por contribuir para a ocorrência de erros.

A segunda observação de Amorim [9], diz respeito ao processo industrial denominado de construção civil, mas quando olha pela atividade industrial, ele se difere totalmente, pois nesta, os elementos passam pela linha de montagem e saem como produtos terminados.

Para Bauer [27], uma vez dado início a uma construção, pode ocorrer vários tipos de falhas e erros diferentes, como por exemplo, a falta de boas condições no local de trabalho, a falta ou a não capacitação profissional desejada de mão-de-obra, a não fiscalização do controle de qualidade de execução, a materiais com qualidades inferiores, irresponsabilidade técnica ou até mesmo sabotagem.

Deficiências construtivas durante as fases de execução da obra podem causar repercussões graves ao desempenho da estrutura de concreto. Para Amorim [9], a etapa de execução da estrutura é responsável pela maior parte dos problemas patológicos.

Há também falhas graves em diversas etapas da construção, tais como: qualidade do concreto, fôrmas, escoramento e posicionamento das armaduras, que também pode ser levado em consideração a má liderança e fiscalização da equipe devida. [27]

As principais falhas na etapa de execução de uma obra estão citadas a seguir:

2.6.1 Falhas na armação:

As principais falhas que levam a patologias na armação, segundo Helene [8] estão relacionadas com a correta disposição,

quantidade e diâmetro nominal das barras, todos em conformidade com a especificação apresentada em projeto, a correta execução do cobrimento da armadura com a utilização de espaçadores, que servirá de proteção contra agentes de despassivação (cloretos e CO₂), pois quanto maior o cobrimento e melhor a qualidade do concreto maior será o intervalo de tempo, para que os agentes agressores existentes cheguem à armadura acarretando o processo corrosivo na mesma. Uma camada de superfície que tenha boa qualidade é importante para proteger a estrutura de agentes agressivos. Essa espessura pode variar entre 10 a 40 mm.

2.6.1 Má dosagem de água:

Na fabricação de concreto armado, a utilização da água é muito importante, pois a sua dosagem influencia diretamente a durabilidade da estrutura. Conforme cita Guimarães [28] o consumo de água está totalmente vinculado a trabalhabilidade e quanto maior for consumo de água, o concreto se torna mais fluido, facilitando o manejo, mas se aumentar o volume da água e manter os volumes dos agregados miúdo e graúdo e aditivos diminuem-se a relação água/cimento, com isto perde-se em resistência e durabilidade da estrutura; a grande quantidade de líquido aumenta a porosidade do concreto.

Antigamente as construções eram mais duráveis que as construções atuais, devido às mudanças ocorridas no processo de fabricação dos materiais constituintes do concreto armado, atualmente conseguem-se atingir altas resistências com menor quantidade de cimento. Geralmente as especificações dos concretos são em função da resistência a compressão, não levando em consideração a relação água/cimento, com isso na maioria das vezes utiliza-se concretos com grande quantidade de água ocasionando maior porosidade, alta permeabilidade; facilitando a entrada de umidade e agentes agressivos no interior das peças de concreto. [10]

2.6.3 Falhas na concretagem:

- Transporte: muitas vezes o meio utilizado para carregamento e transporte do concreto não é o ideal, resultando na desagregação dos componentes do concreto, perda considerável de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação. [26]
- Lançamento: o concreto perde muito de sua resistência por conta do lançamento ser feito após o início da pega e contaminado com outros materiais. Quando o lançamento do concreto é realizado longe de sua posição definida ocasiona incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras. Quanto maiores forem à altura de lançamento e densidade da armadura, maior será a possibilidade de causar segregação. [26]
- Adensamento: pode ocasionar a existência de nichos na estrutura pela falha na vibração do concreto logo após o lançamento. A vibração da armadura pode formar espaços vazios ao seu redor prejudicando a aderência. [26]

2.6.4 Falta de cura ou cura mal executada:

A finalidade de realizar a da cura é manter saturado o concreto evitando a retração, fazendo com que os espaços preenchidos pela água no concreto diminuam pelo resultado da reação do cimento com a água. O tempo de cura depende do traço e temperatura do concreto, das condições ambientais, do clima que incide sobre a estrutura. Entende-se que a cura inadequada pode resultar numa camada superficial fraca, porosa, permeável, facilitando a entrada de água, gases, retenção de fuligem e difusão de agentes agressivos para interior do concreto. [15]

Outros erros comuns na fase da execução:

- Erro de interpretação dos projetos
- Uso de concreto vencido
- Falta de limpeza ou estanqueidade das formas
- Falta de saturação das formas

- Falta de cuidado com os ferros superiores das lajes, permitindo o seu rebaixamento.
- Falta de cura ou cura mal executada
- Cimbramentos mal executados e desformas antes do tempo
- Juntas de concretagem mal posicionadas ou mal executadas
- Falta de fiscalização
- Erro de dimensionamento ou no posicionamento das formas

3. Considerações Finais

Neste trabalho foram identificados alguns erros de execução nas obras acompanhadas pelos autores e sugeridas possíveis reparos para as estruturas danificadas. Vale salientar que cada tipo de patologia pode haver mais de um tipo de solução ou procedimento a ser adotado para sua correção, por isso faz-se necessário elaborar um projeto bem elaborado, uma execução de qualidade e uma manutenção criteriosa.

Verificou-se que os problemas patológicos na construção civil vêm aumentando com intensidade nos últimos anos em função de fatores técnicos e principalmente econômicos. Isto se deve ao fato de que até pouco tempo atrás, pensava-se que as estruturas de concreto armado tinham durabilidade infinita, mas que hoje esta afirmação foi provada que não é verdade.

As patologias oriundas dos erros cometidos na execução podem ser prevenidas e evitadas se tomarmos alguns cuidados essenciais para uma obra de qualidade. Podemos citar o controle tecnológico e a mão-de-obra qualificada.

É de suma importância a garantia de ter um controle de qualidade e técnico eficaz em todas as etapas. A qualidade final da estrutura construída depende do nível de qualidade do processo, da interação entre as etapas de concepção-execução. Por conta dos altos índices de problemas patológicos encontrados

nas estruturas, busca-se cada vez mais, garantir e controlar o sistema de qualidade em todas as fases da construção, especialmente a da execução, só assim será proporcionado uma melhoria contínua.

A maior parte da mão de obra utilizada na construção civil é semianalfabeta, sendo despreparada e desqualificada. Esta condição atrapalha a aplicação de inovações e aprimoramentos em níveis básicos, entretanto, mesmo nos setores de administração, ainda é praticado métodos de gestão antiquados.

Apesar das evoluções ocorridas nas últimas décadas, o setor da construção civil não conseguiu se equiparar ao nível de eficiência, produtividade e qualidade da mão de obra como o de outros setores da indústria.

Os objetivos deste trabalho foram alcançados, pois contribuiu para agregar conhecimento sobre a história geral do concreto, estudo na área de patologias estruturais focado na etapa executiva, indicando os principais erros de execução, recomendando métodos preventivos e propondo possíveis soluções de reparos para as estruturas danificadas.

4. Referências

- [1] SILVA, Amanda Fernandes Pereira da. *Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso*. 2018. Disponível em <http://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80613.pdf>. Acesso em 04 nov 2020.
- [2] BENEVOLO, L. *História da Arquitetura Moderna*. São Paulo. Perspectiva, 1976
- [3] CLIMACO, J. C. T. S. *Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação*. Editora Universidade de Brasília: Finatec, Brasília, 2012
- [4] CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J.R. *Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118 e a proposta de 1999 (NBR/99)*. São Paulo, 2011.
- [5] ITAMBÉ, *Cimento* (2018). Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinza/burocracia-paralisa-reformado-edificio-copan/> Acesso em 25 nov 2020.
- [6] VASCONCELOS, A. C. *O Concreto no Brasil: Recordes - Realizações - História*. São Paulo, Copiare, 2005.
- [7] BRASIL, Diário Oficial da União *DOU de 13/05/1935*. Disponível em: <https://www.in.gov.br/leiturajornal> Acesso em 04 nov 2020.
- [8] HELENE, P. R. L. *Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto*. Pini, 4. ed. São Paulo, 2012.
- [9] AMORIM, A. A. *Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado aparentes*. Belo Horizonte, 2010. 74 monografias, Universidade federal de Minas Gerais.
- [10] ZUCHETTI (2015). Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/939/1/2015PedroAugustoBastianiZuchetti.pdf>. Acesso em 03/11/2020.
- [11] TÉCHNE. Revista, Pini, Editora. (2016). Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/trinca-ou-fissura-kj-avaliac%C3%B5es-e-per%C3%ADcias-de-engenharia-ltda>
- [12] THOMAS, E. *Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: Editora Pini, 2000.
- [13] NATUREZA (2013). *Cultura Mix*. Disponível em: <https://meioambiente.culturamix.com/natureza/adensamento-do-solo-definicao-e-causas> Acesso em 25 nov 2020.
- [14] REBELLO, Y. C. P. *1949 – Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento* São Paulo: Zigurate Editora, 2008.

- [15] ALTEJO (2012). Disponível em: <http://alandroal.blogspot.com/2012/10/comunicado-da-cma.html> Acesso em 04 nov 2020.
- [16] BRASIL ESCOLA. *Principais Manifestações Patológicas Encontradas Em Edificação*. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/principais-manifees-patologicas-encontradas-emstaco-uma-edificacao.htm#sdfootnote2sym> Acesso em 04 nov 2020.
- [17] AOKI, Jorge; MEDEIROS, Giovana. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzena/retracao-reducao-de-efeito-e-compensacao/> Acesso em 04 nov 2020.
- [18] CRUZ FILHO, G. R. S. *Retração do concreto: avaliação do estado da arte*. Belo Horizonte: Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.
- [19] NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*. 2. ed. São Paulo: Editora. Pini, 1997.
- [20] SANTIAGO, Leonardo Rodrigues. Núcleo do Conhecimento. *Patologias estrutural em blocos de concreto*. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/patologias-na-alvenaria> Acesso em 25 nov 2020.
- [21] CASCUDO, O. *O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas*. São Paulo: Editora Pini, 1997.
- [22] GENTIL, V. *Corrosão*. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003. 341p.
- [23] AECWEB. *Arquitetura, engenharia e construções*. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-de-estruturas-de-concreto-identificacao-e-tratamento_14342_10_0 Acesso em 04 nov 2020.
- [24] MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; RAISDORFER, Janderson William; HOPPE FILHO, Juarez. *Influência da sílica ativa e do metacaulim na velocidade de carbonatação do concreto: relação com resistência, absorção e relação a/c*. Ambiente Construído, v. 17, n. 4, p. 125-139, 2017.
- [25] TECNOSIL, *O que é e como ocorre a carbonatação do Concreto?* Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-e-como-ocorre-a-carbonatacao-do-concreto/> Acesso em: 03 nov 2020.
- [26] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 14931:2004: Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2004.
- [27] BAUER L.A.F. *Materiais de construção*, 5º edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2004.
- [28] GUIMARÃES, A. T. C. *Propriedades do Concreto Fresco*. In: ISAIA, Geraldo Cechella. *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: Editora Ibracon, 2005. V1. Cap. 16, p. 473-476.