

CENTRO UNIVERTÁRIO ATENAS

IGOR HENRIQUE DE SOUZA OLIVEIRA

**ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO SUJEITAS A
PATOLOGIAS:** métodos de prevenção e programação de
manutenções.

Paracatu

2019

IGOR HENRIQUE DE SOUZA OLIVEIRA

ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO SUJEITAS A PATOLOGIAS: métodos de prevenção e programação de manutenções.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Manutenções Prediais

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula.

Paracatu

2019

IGOR HENRIQUE DE SOUZA OLIVEIRA

ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO SUJEITAS A PATOLOGIAS: métodos de prevenção e programação de manutenções.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia civil.

Área de Concentração: Manutenções Prediais

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula.

Banca Examinadora:

Paracatu- MG, 06 de novembro de 2019.

Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
Centro Universitário Atenas

Prof^a. Msc. Hellen Conceição Cardoso Soares
Centro Universitário Atenas

Prof. Msc. Pedro Henrique Pedrosa de Melo
Centro Universitário Atenas

Dedico a todos que durante esses quase cinco anos de graduação dedicaram um pouco de tempo e esforço a me fazer compreender e superar todas as dificuldades encontradas durante o caminho, aos preciosos amigos e família que sempre me apoiaram e em especial a minha mãe que nunca mediu esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida e pelo livre arbítrio para tomar minhas próprias decisões sendo uma delas a de cursar engenharia civil.

Agradeço em especial ao professor Carlos Eduardo Ribeiro Chula que desde a primeira aula se tornou um exemplo de vida e dedicação, transmitindo todos seus conhecimentos e experiências práticas dentro da engenharia civil e que além de orientador durante a graduação se tornou um grande amigo.

Agradeço a todos os demais professores que se dedicaram a transmitir todo seu conhecimento em especial ao professor Matheus Dias Ruas que sempre incentivou meus estudos e a prática no ramo de ensaios laboratoriais de caracterização dos solos auxiliando sempre que possível com seus conhecimentos e materiais de pesquisa.

Agradeço a minha família que nunca mediu esforços para que eu pudesse chegar até aqui mesmo tendo enfrentado todas as dificuldades de morar em outra cidade.

Agradeço aos preciosos amigos que fiz durante esses cinco anos de graduação que passaram por todos os momentos bons e ruins durante esse período onde nos ajudávamos mutuamente para que pudéssemos chegar até o fim juntos e que os levarei para toda vida.

A menos que modifiquemos a
nossa maneira de pensar, não seremos
capazes de resolver os problemas
causados pela forma como nos
acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein.

RESUMO

Por imprudência, alguns profissionais do setor da construção civil têm negligenciado o processo de construção visando ganhar agilidade na execução e redução do custo das edificações. No entanto, as consequências geradas por estes atos não demoram a vir à tona, transparecendo que erros foram cometidos durante a concepção ou execução do projeto ou ainda durante o uso da edificação. A própria estrutura, com o tempo, demonstra sinais de que há algo errado. Tais sinais são denominados manifestações patológicas e podem se apresentar por meio de fissuras, trincas e infiltrações entre outros. Quando surgem as primeiras manifestações é sinal de que alguma parte da estrutura não está exercendo sua função devidamente, redistribuindo, assim, os esforços antes foram projetados em uma outra configuração. Tal redistribuição pode gerar acréscimo de esforços para os quais a estrutura não foi projetada para resistir, ou seja, pode exceder a capacidade de resistência do material, causando os chamados problemas patológicos. Entretanto, estes problemas podem ser evitados em duas etapas. A primeira, empregando métodos que têm a finalidade de inibi-los, denominados métodos preventivos. Os métodos preventivos são aplicados durante a concepção e execução da edificação. A segunda etapa acontece na fase de uso, são as manutenções programadas. As manutenções programadas garantirão que a estrutura continue a exercer de forma eficaz tudo o que foi preconizado em projeto.

Palavras-chave: Construção Civil. Custos. Manifestações Patológicas. Problemas Patológicos. Métodos Preventivos. Manutenções Programadas.

ABSTRACT

Imprudently, some professionals in the construction sector have neglected the construction process in order to gain agility in the execution and reduction of the cost of buildings. However, the consequences generated by these acts do not delay to emerge, revealing that errors were made during the design or execution of the project or even during the use of the building. The structure itself, over time, shows signs that there is something wrong. These signs are called pathological manifestations and can be presented through cracks, cracks and infiltrations among others. When the first manifestations emerge is a sign that some part of the structure is not exercising its function properly, redistributing, thus, the efforts previously were projected in another configuration. Such redistribution may generate increased efforts for which the structure was not designed to resist, i.e. it may exceed the material's resistance capacity, causing the so-called pathological problems. However, these problems can be avoided in two steps. The first, employing methods that aim to inhibit them, called preventive methods. Preventive methods are applied during the design and execution of the building. The second stage happens in the use phase, are the scheduled maintenance. The planned maintenance will ensure that the structure continues to exert effectively all that has been advocated in the project.

Keywords: *Civil construction. Costs. Pathological manifestations. Pathological problems. Preventative methods. Scheduled maintenances.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Trincas de flexão em elementos de concreto armado	23
FIGURA 2 – Fissuras de cisalhamento em viga solicitada a flexão	23
FIGURA 3 – Fissuras devidas a torção de viga	24
FIGURA 4 – Fissuras devidas a compressão	25
FIGURA 5 – Fissuras devidas a punção	25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classe de agressividade ambiental (CAA)	28
TABELA 2 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	29
TABELA 3 - Correspondência entre a classe de agressividade e cobertura nominal	30
TABELA 4 - Relação entre a resistência teórica e o índice de vazios	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 OBJETIVO GERAL	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 JUSTIFICATIVA	15
1.5 METODOLOGIA DE ESTUDO	16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO SUJEITAS A PATOLOGIAS	18
2.1 CORROSÃO DAS ARMADURAS DE AÇO	18
2.2 FISSURAS	19
2.2.1 FISSURAS POR ASSENTAMENTO PLÁSTICO	20
2.2.2 FISSURAS POR RETRAÇÃO DE SECAGEM	21
2.2.3 FISSURAS POR MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA	22
2.2.4 FISSURAS SUBDIMENSIONAMENTO	22
2.3 NINHOS DE CONCRETAGEM E SEGREGAÇÃO	26
2.4 DEFEITOS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE FUNDAÇÃO	26
3. PREVENÇÃO DAS ESTRUTURAS	28
3.1 COBRIMENTO NOMINAL	28
3.2 LANÇAMENTO DO CONCRETO	30
3.3 ADENSAMENTO	31
3.4 CURA DO CONCRETO	32
4. PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÕES	34
4.1 CADASTRAMENTO DAS ESTRUTURAS	35
4.2 INSPEÇÕES PERIÓDICAS E CONDICIONADAS	36
4.3 SERVIÇOS DE LIMPEZA	37
4.4 REPAROS E REFORÇOS	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Lapa (2008) diz que a era de ouro da construção civil brasileira ocorreu nos anos 70 devido ao período ser marcado pelo grande crescimento econômico. Porém, isso levou ao incremento do uso de métodos construtivos não muito aprimorados na época e à contratação de mão-de-obra não especializada para execução dos serviços e obras de engenharia. Tal combinação não tardou a apresentar os primeiros problemas, hoje conhecidos como manifestações patológicas. Desde então se aprofundaram os estudos a respeito do termo denominado “patologia”.

Vieira (2016) faz uma breve comparação entre as estruturas de uma edificação com o corpo humano para definir o termo patologia. Segundo ele a estrutura de uma edificação pode ser comparada ao esqueleto humano, pois ambos têm a finalidade de manterem a estabilidade do corpo perante aos diversos tipos de esforços.

No início do século XX, graças à falta de normatização e estudos mais aprimorados, ocorria um superdimensionamento das estruturas surgindo assim o mito que as estruturas em concreto deveriam durar infinitamente. Porém, assim como os seres humanos as edificações estão sujeitas aos males congênitos e adquiridos com o passar do tempo que podem torná-las vulneráveis a degradações. A medicina e a engenharia denominam o estudo dessas doenças com o termo “Patologia”, no entanto, na engenharia, é denominada como “Patologias das Construções” e tem a finalidade de estudar os sintomas, os mecanismos, as origens e as causas dos problemas que podem vir a afetar o desempenho e a vida útil das edificações.

Em geral, os problemas patológicos são evolutivos e agravam-se com o tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial. Sendo assim, quando mais cedo forem realizadas as correções mais elas serão efetivas, fáceis de executar e com um custo muito menor. Helene (1992) explica essa afirmação utilizando a Lei de elevação dos custos criada por Sitter (1984), onde o processo construtivo é dividido em quatro etapas que correspondem ao projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva, onde cada uma corresponderá um

custo que segue uma progressão geométrica* de razão 5.

Toda medida tomada a nível de projeto com o objetivo de estender a durabilidade e segurança, implica num custo associado ao número 1. As medidas extraprojeto, aplicadas durante a fase de execução da obra implicam num custo 5 vezes superior ao custo que teria sido usado se a medida fosse tomada ainda na fase de projeto. Nas medidas preventivas tomadas com precedência, durante o período de uso e manutenção, é associado a um custo 5 vezes menor do que aquele necessário para correção de problemas ocasionados pela não intervenção preventiva. Por fim, as manutenções corretivas, que correspondem aos serviços feitos em estruturas que já apresentam manifestações patológicas, estão associadas a um custo 125 vezes maior do que o custo gerado se as medidas tivessem sido tomadas ainda na fase de projeto para se obter o mesmo grau de segurança e durabilidade.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Com o aumento incessante de novas construções, tornou-se comum o surgimento de novos problemas nas estruturas que podem comprometer tanto no aspecto visual quanto no estrutural, tais problemas são denominados manifestações patológicas. Segundo Souza e Ripper (1998) as Patologias das Estruturas é o campo da Engenharia das Construções que estuda as origens, as manifestações, as consequências e os mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

Deste modo tem-se como problema de pesquisa “De que forma as patologias podem afetar as estruturas de concreto armado, quais os métodos preventivos a serem utilizados visando minimizar as chances de ocorrência nas edificações e como devem ser programadas as manutenções nas estruturas?”.

1.2 HIPÓTESES DE ESTUDO

Segundo NBR 6118/2014 as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do

* Progressão geométrica é uma sequência numérica que cresce ou decresce pelo produto por uma taxa constante.

projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto. conservem suas condições de segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil. Quando a estrutura passa a demonstrar manifestações patológicas mais graves ela deixa de exercer as funções para qual foi projetada, passando a ser considerada instável (ABNT, 2014).

Quando ocorre uma manifestação patológica aparente, a estrutura apresenta sinais de degradação, deixando de garantir as condições supracitadas. Segundo Matias (2015), quanto antes forem detectadas essas anomalias, menor terá sido a perda e mais fácil será a sua recuperação, gerando menor custo.

Surge, então, a necessidade de se identificar onde ocorreu a falha e de localizar os profissionais que negligenciaram suas responsabilidades com a edificação em algum momento. O autor da falha deve ser identificado por questões judiciais, para possibilitar a aplicação das penalidades legais.

Levando em conta o custo associado ao método de intervenção a ser adotado, como mostrado anteriormente na Lei de Elevação de Custos, pode-se afirmar que as medidas tomadas a nível de projeto são as mais viáveis. Tais medidas podem, inicialmente, demonstrar um custo elevado. Porém, tais custos são irrelevantes se comparados a intervenções para correção de problemas patológicos.

Para programar as futuras manutenções é necessário o cadastramento das estruturas desde sua fase de concepção. Segundo Helene (1992), essas manutenções serão de caráter preventivo ou corretivo. Tais manutenções podem ainda ser divididas em várias etapas, iniciando com as devidas limpezas em locais que demandam cuidados especiais, inspeções de rotina e inspeções periódicas visando localizar manifestações patológicas e seu processo de evolução. Definir um programa de manutenções constantes contribui para a localização de patologias ainda na fase inicial do seu processo, demandando um custo menor com as devidas intervenções.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as ações causadoras de patologias às quais as estruturas em concreto armado estarão sujeitas durante toda sua vida útil, bem como apresentar a

aplicação das medidas preventivas para evitá-las.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Visando atingir o objetivo geral, torna-se necessário sua divisão em etapas, sendo elas:

- Verificar as principais causas de patologias nas estruturas de concreto armado.
- Demonstrar as formas de prevenção para as patologias mais comuns nas estruturas de concreto armado e suas aplicações durante a execução das obras.
- Demonstrar a importância da definição de um programa de manutenções que vise detectar falhas nas estruturas.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com Gonçalves (2015), há uma deficiência na formação e no preparo dos profissionais que atuam na construção civil, não apenas na mão-de-obra mais básica, mas nos mais diferentes níveis. O autor salienta que os engenheiros falham no planejamento, execução de manutenções, diagnóstico e solução de problemas patológicos. Além disso, análises inadequadas do projeto até o mau dimensionamento de cargas acabam se tornando a causa de graves patologias.

Segundo Oliveira (2016) a construção civil é uma indústria tradicional, atrasada e com grande tolerância a problemas crônicos, devido à baixa qualidade no processo de concepção, execução e definição de manutenções e à baixa qualidade no produto final que são as edificações. Os fatores para ocorrência de tais problemas são diversos, porém, por ter em vista que o concreto é um material que irá durar ilimitadamente, dispensam cuidados mais rígidos por serem mais onerosos.

Tendo isso em vista, este estudo se torna necessário para contribuir com atuais e futuros profissionais do setor da construção civil de modo a se tornarem conscientes sobre a incidência de problemas relacionados a patologias e que tais problemas podem ser evitados com medidas tomadas desde a concepção do projeto

até a fim da vida útil da construção. O estudo também pretende contribuir com a sociedade por apresentar as causas e consequências e também demonstrar como são feitas as prevenções, avaliar o quanto elas podem aumentar o desempenho e vida útil das estruturas, incitando assim a conscientização sobre as responsabilidades dos profissionais envolvidos no setor.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

Por se tratar de um estudo que consiste, de acordo com Gil (1991), na familiarização com o tema abordado e aproximação com a realidade do objeto em estudo, esta pesquisa será baseada em uma pesquisa bibliográfica exploratória, devido também a estar voltada à aquisição de conhecimentos a serem aplicados em soluções práticas.

Por se tratar de uma pesquisa bibliográfica, esta será baseada em levantamentos bibliográficos e análise de exemplos que estimulem a compreensão dos casos já registrados sobre patologias em estruturas de concreto armado, desta forma será abordada de forma sucinta os tipos de patologias bem como suas respectivas prevenções, serão analisados também as definições do programa de manutenções em edificações.

Serão listadas as patologias mais comuns e as condições de como se estabelecem, se propagam e também os danos que podem causar as condições de estabilidade e segurança das estruturas. Após a caracterização das patologias será demonstrado como prevenir a estrutura para que ela possa desempenhar suas funções preconizadas em projeto sem apresentar manifestações patológicas.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo apresenta à introdução contextualizada do estudo, a formulação do problema de pesquisa, as hipóteses da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa do estudo, a metodologia aplicada e a definição da estrutura da monografia.

No segundo capítulo abordam-se as patologias mais comuns nas estruturas de concreto armado bem como as causas e consequências que causam a estrutura, sendo eles a corrosão das armaduras de aço, as fissuras, os nichos de

concretagem e segregação e os defeitos em elementos estruturais de fundação.

O terceiro capítulo trata da definição das formas de prevenir as estruturas das patologias listadas no primeiro capítulo garantindo assim seu desempenho e aumentando a vida útil.

No quarto capítulo aborda-se como deve ser feito a programação das manutenções em edificações em concreto armado visando caracterizar sua importância e os problemas que podem ser evitados.

O quinto capítulo trata das considerações finais realizadas acerca do desenvolvimento deste trabalho em contraste com o problema de pesquisa e hipóteses levantadas.

2 ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO SUJEITAS A PATOLOGIAS

Tanto no concreto como nas armaduras de aço, de acordo com Bertolini (2010), as ações do ambiente podem determinar um dano progressivo da estrutura, que pode ser do tipo físico, (por exemplo, aos efeitos da temperatura), químico (pelas substâncias presentes no ambiente), biológico ou mecânico (como efeito da abrasão ou das cargas aplicadas a estrutura).

Ainda segundo Bertolini (2010) as causas dessas degradações nas estruturas podem ser diversas, e ocorrem em todas as etapas da edificação, desde a execução a fase de utilização, por exemplo, se o projeto da estrutura, a vibração do concreto ou a execução da obra não forem realizados corretamente a estrutura sofre com a degradação precoce, apresentando manifestações logo após o início da utilização ou até mesmo nas primeiras horas após a construção do elemento estrutural. Por outro lado, a degradação produzida pelo ambiente se manifesta em longo prazo, causando danos que iniciam na superfície do elemento estrutural e avança progressivamente para o interior. Podem ainda haver aquelas que surgem por desastres naturais, explosões sobrecargas, entre outros fatores aos quais não eram esperados.

Dentre as patologias mais comuns nas estruturas de concreto armado estão: a corrosão das armaduras, as fissuras, os ninhos de concretagem e segregação e os defeitos em elementos de fundação. Cada uma representa um tipo de risco à estrutura, pois podem afetar segundo Helene (1992) as condições de segurança (relacionadas ao estado limite último) e as condições de serviço e funcionamento da construção (relacionadas ao estado limite de utilização).

2.1 CORROSÃO DAS ARMADURAS DE AÇO

É unanimidade entre autores como Helene (1992) e Marcelli (2007) que a corrosão é uma das patologias mais preocupantes nas edificações devido à incidência e aos danos causados as estruturas além do elevado custo para recuperação. Entende-se por corrosão a interação do material com o ambiente o que causa deterioração das armaduras através de agentes químicos ou eletroquímicos, podendo estar associados ou não a esforços mecânicos.

Costa (2019) explica que esse processo degrada a estrutura de maneira

muito danosa, pois ocorre uma perda da aderência entre a armadura e o concreto, comprometendo a estrutura quando solicitada e ainda pode ocorrer a desagregação da camada de concreto que envolve essa armadura, pois, ao oxidar o aço exerce grande pressão sobre a camada devido ao volume tornar-se até dez vezes maior que o original.

Conforme Santos (2015) no concreto armado, o aço está protegido pela camada de concreto que o envolve, devido ao pH elevado na solução dos poros do concreto é formada uma camada passivadora. Para que haja corrosão é necessário que haja despassivação dessa camada por meio de agentes agressivos como íons, cloretos e a carbonatação deixando o aço expostos. No concreto armado a corrosão é considerada eletroquímica, ocorrendo em meio aquoso e necessitando de um eletrólito, uma diferença de potencial, oxigênio e agentes agressivos.

Durante o processo de cura do concreto ele apresenta água e ar presentes em sua massa, com a cura completa esses elementos forma canais fazendo com que o concreto seja considerado um material poroso que de acordo com Silva (2018) formam ligações entre o interior do concreto com o ambiente possibilitando assim a passagem de gases, água e substâncias agressivas dissolvidas.

2.2 FISSURAS

Fissuras, trincas e rachaduras são aberturas nos elementos estruturais, pisos ou alvenaria, causadas, segundo Oliveira (2012), por tensões nos materiais. Quando solicitados a esforços maiores que sua resistência, os materiais apresentam falhas, provocando assim a abertura, que conforme a espessura é classificada em fissura, trinca ou rachadura.

Lapa (2008) afirma que as trincas e fissuras são fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado e manifestam-se em uma das três fases da sua vida: plástica, de endurecimento e com o concreto já endurecido. Na fase plástica podem ocorrer devido à retração e assentamento plástico; na fase de endurecimento pela restrição da precoce movimentação térmica, a retração do endurecimento e assentamento diferencial dos apoios; já na fase do concreto endurecido os problemas ocorrem devido ao sub-dimensionamento, má análise das cargas, associados a outros problemas como a corrosão das armaduras.

As fissuras chamam a atenção dos usuários devido a afetar aspectos da estética da construção e dar a sensação de insegurança. No entanto, cada fissura apresenta determinada peculiaridade, podendo visualmente identificar as causas. Autores utilizam de diferentes critérios para classificar as fissuras, porém as principais são quanto à abertura e atividade.

Quanto à abertura, Oliveira (2012) classifica da seguinte forma:

- Fissura: até 0,5 mm;
- Trinca: 0,5 a 1,5 mm;
- Rachadura: 1,5 a 5,0 mm;
- Fenda: 5,00 a 10,0 mm;
- Brecha: acima de 10,0 mm.

Quanto à atividade, as fissuras são classificadas de acordo com Duarte (1998) em:

- Ativas: quando apresentam variação na abertura de acordo com o tempo. Como as fissuras por recalques de fundação que tentem a apresentar um comportamento crescente;
- Passivas ou inativas: quando não apresentam variação na abertura de acordo com o tempo. Costumam ser causadas por ações externas constantes ou estabilização de fundações.

As causas da fissuração podem ser diversas e o tratamento adequado depende da sua correta constatação. Entre as causas mais comuns e prováveis estão as fissuras causadas por: assentamento plástico, por retração de secagem, por movimentação térmica, por erros de execução ou excesso de carga (sobrecarga), por recalques de fundações entre outras.

2.2.1 FISSURAS DE ASSENTAMENTO PLÁSTICO

Santos (2014) explica que as fissuras por retração plástica do concreto aparecem horas depois do concreto ser lançado (10min a 3h) e tornam-se estáveis logo após o endurecimento. São fissuras causadas quando há uma evaporação relativamente rápida da água, isso, devido aos agregados encontrar barreiras, como as armaduras, fazendo com que se separem da pasta de cimento e a água que seria utilizada na hidratação aflore à superfície e evapore precocemente, gerando tensões

internas fazendo com que o concreto sofra retração.

Dessa forma, ainda de acordo com Santos (2014) a fissuração por retração plástica não apresenta danos à resistência da estrutura, porém, a estética fica gravemente afetada. As prováveis causas são:

- Diâmetro elevado ou densidade muito alta de armaduras;
- Elevada relação água/cimento e mau adensamento do concreto;
- Perda excessiva da água.

2.2.2 FISSURAS DE RETRAÇÃO POR SECAGEM

Diferente das fissuras de retração plástica que ocorrem logo após o lançamento do concreto fresco, as fissuras por retração de secagem ocorrem logo após o início do endurecimento do concreto. De acordo com Montardo (2009), mesmo estando endurecido o concreto ainda continua a perder água para o ambiente. De início, a água perdida não está presa à estrutura dos produtos hidratados por ligações fortes sendo a retração insignificativa. No entanto, a perda de água continua, e quando a maior parte dessa água livre é perdida, observa-se uma que ocorre uma perda adicional passa a resultar em uma retração significativa, que por sua vez causa a fissuração.

Ainda segundo Montardo (2009), sob uma perspectiva ampla, são três os fatores que levam o concreto a retrair, a geometria de estrutura, o traço do concreto e as condições climáticas.

- A geometria da estrutura: peças com elevada relação entre a exposição da superfície e o volume total, como lajes e pisos, a perda de água para o ambiente ocorre de maneira muito rápida. Sendo a retração relacionada à velocidade com que o elemento perde água para o ambiente, essas peças estão mais susceptíveis a retração do que peças com menores dimensões expostas.
- O traço do concreto: a granulometria e a dimensão máxima dos agregados, a relação água/cimento, a quantidade de água de amassamento e a presença de aditivos químicos ou minerais são variáveis importantes que afetam fortemente a retração do concreto.
- As condições climáticas: altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e a velocidade do vento que incide sobre a peça de concreto é que defini a taxa de

perca de água para o ambiente, estando diretamente ligada a retração.

2.2.3 FISSURAS POR MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA

Gonçalves (2015) explica que a variação de temperatura pode causar variação nas dimensões do concreto e caso houver restrições a essa movimentação essa variação térmica irá causar fissuras devido às tensões elevadas na estrutura. Por possuírem diferentes coeficientes de dilatação térmica dos materiais empregados na execução das estruturas, as deformações ocorrem nas mais diversas amplitudes.

Essa ocorrência é particularmente frequente em elementos de cobertura como lajes, por exemplo, por estarem expostos ao calor durante todo o período do dia e durante a noite a queda brusca de temperatura, gerando um gradiente térmico devido a diferença de dilatação entre as faces.

De acordo com Marcelli (2007), peças esbeltas e longas, como vigas contínuas e lajes, são as mais afetadas pela variação de temperatura, principalmente quando são empregados vínculos que impedem a livre movimentação das peças de concreto.

2.2.4 FISSURAS DEVIDO AO SUBDIMENSIONAMENTO

Segundo Santos (2014) as fissuras geradas nos elementos estruturais devido ao subdimensionamento ocorrem pela incapacidade de resistência do elemento aos carregamentos impostos. Nas estruturas de concreto armado erros como a má análise das cargas, erros na análise de interação solo/estrutura, sobrecargas inesperadas, deficiências dos materiais empregados ou ainda erros durante o cálculo estrutural, podem gerar uma redistribuição dos esforços, mandando mais carga para alguns elementos do que eles foram calculados para suportar, ocorrendo sérios problemas posteriores.

Devido a tais erros podem surgir fissuras de diferentes formas com diferentes características, sendo por: flexão, cisalhamento, torção, compressão e punção.

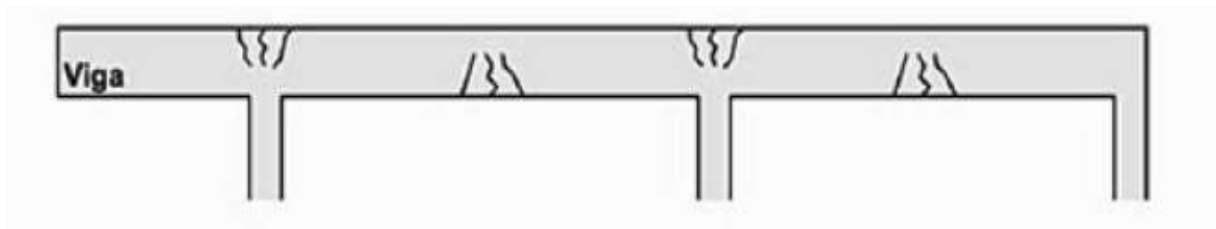
As fissuras de flexão segundo Kerkoff (2017) geralmente apresentam pequenas aberturas e se desenvolvem no meio do vão. São aberturas verticais que

tendem a aumentar na face inferior do elemento onde as fibras estão mais tracionadas, já nos apoios formam um ângulo de 45° com a horizontal devido aos esforços cortantes.

Helene (1992) explica que este tipo de fissuração ocorre devido a erros do engenheiro calculista, deficiência dos materiais empregados durante a execução da obra ou ainda devido a mudança no tipo de utilização da obra que pode gerar cargas maiores que as previstas em projeto.

É mostrado na figura 1 o comportamento típico de abertura de fissuras de flexão em vigas e lajes em concreto armado. Gonçalves (2015) explica que em lajes a fissuração tem comportamento variado e depende de fatores como a relação entre o comprimento e a largura da peça.

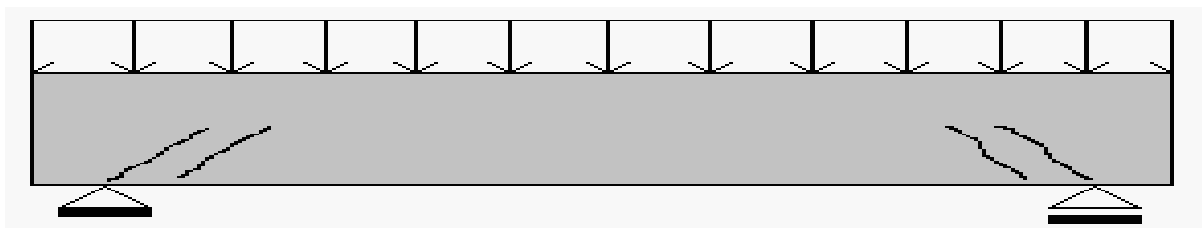
FIGURA 1 – Trincas de flexão em elementos de concreto armado.



Fonte: (MARCELLI, 2007).

Segundo Marcelli (2007) as fissuras por cisalhamento ocorrem geralmente em pontos de força cortante máxima e são gerados principalmente por seção insuficiente, falta ou erro na disposição de armaduras que combatem esse tipo de esforço. As fissuras ocorrem geralmente nos pontos de apoio como mostrado na figura 2 a seguir.

FIGURA 2 – Fissuras de cisalhamento em viga solicitada a flexão.



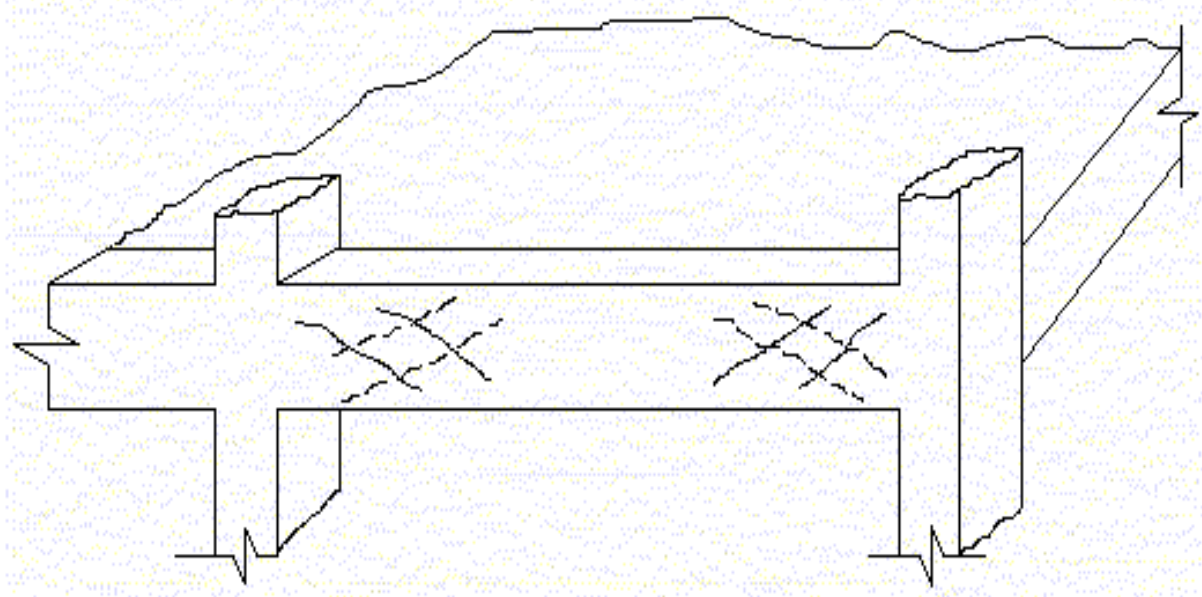
Fonte: (THOMAZ, 1996).

Marcelli (2007) explica que quando um elemento de concreto está submetido a um esforço de rotação em sua seção transversal, diz-se que ele está

submetido à torção. Esse efeito ocorre geralmente em vigas de eixo curto, principalmente em sacadas, vigas ou lajes com flechas excessivas que se apoiam em outras vigas ou em lajes em balanço.

Ainda segundo Marcelli (2007), essas situações geram esforços excessivos que passam a propiciar deformações maiores que a capacidade de suporte do elemento de concreto surgindo as fissuras características de torção. Esse tipo de fissura apresenta abertura inclinadas aproximadamente a 45° e aparecem nas duas faces laterais do elemento na forma de segmentos de retas reversas. É demonstrado na figura 3 o comportamento da abertura de fissuras devido a torção.

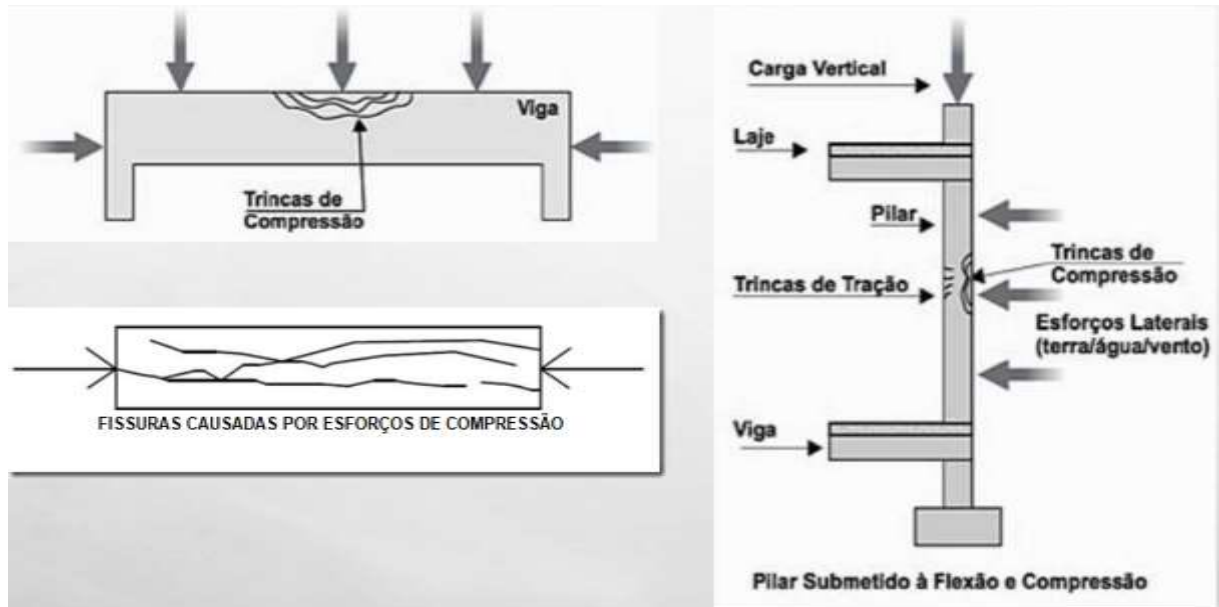
FIGURA 3 – Fissuras devidas a torção de viga.



Fonte: (THOMAZ, 1996).

Segundo Gonçalves (2015) as fissuras por compressão são as que mais exigem cuidados imediatos, pois na estrutura o concreto tem a finalidade de resistir aos esforços de compressão e a presença de fissuras desse tipo pode caracterizar que a peça já perdeu sua capacidade de carga original e já redistribuiu a carga para os elementos vizinhos comprometendo-os. Uma fissura de compressão pode significar que a estrutura está próxima ao colapso. É mostrado na figura 4 a aplicação de cargas na estrutura e a abertura de fissuras devido à compressão causada por tais cargas.

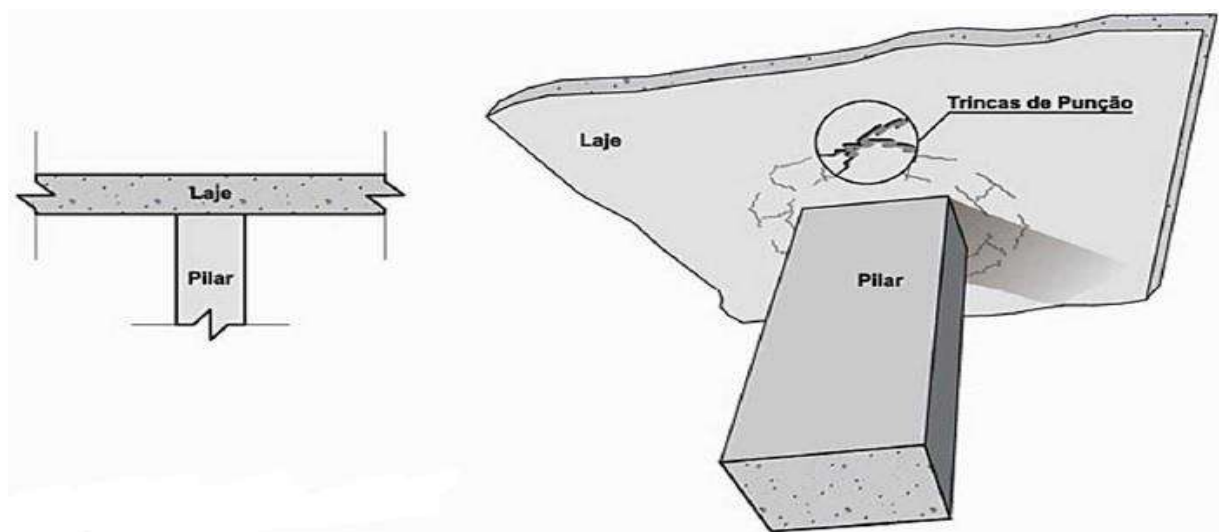
FIGURA 4 – Fissuras devidas a compressão.



Fonte: (MARCELLI, 2007).

As fissuras por punção ocorrem quando, segundo Gonçalves (2015) lajes se apoiam sobre pilares diretamente. Nesse caso a região da laje próxima ao pilar é quem sofre a fissuração devido ao pilar exercer um esforço pontual. A figura a seguir apresenta a forma de abertura de fissuras por punção. É demonstrado na figura 5 a de perfuração da laje pelo pilar devido ao processo de puncionamento.

FIGURA 5 – Fissuras devidas a punção.



Fonte: (MARCELLI, 2007).

2.3 NINHOS DE CONCRETAGEM E SEGREGAÇÃO

Estas patologias têm suas origens na fase de execução da obra, mais especificamente, durante a concretagem dos elementos estruturais. Segundo Santos (2014) os ninhos de concretagem são vazios deixados nos elementos estruturais devido à dificuldade durante o lançamento e adensamento do concreto, já a segregação ocorre devido ao não envolvimento dos agregados pela pasta de cimento e pela falta de homogeneidade dos componentes do concreto.

Trindade (2015) explica que ambos trazem consequências a estrutura, tornando a área afetada enfraquecida o que conseqüentemente faz com que ocorra uma redução na resistência mecânica da peça, além de ser uma grande porta aberta para entrada de elementos prejudiciais tanto ao concreto quanto ao aço.

Apesar de demonstrarem manifestações patológicas diferentes, ambos possuem as mesmas origens, podendo ser: uma baixa trabalhabilidade do concreto devido ao fator água/cimento, alta densidade de armaduras ou agregado com diâmetro muito grande para os espaços ou ainda a insuficiência do transporte, lançamento e adensamento do concreto durante a aplicação.

2.4 DEFEITOS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE FUNDAÇÃO

De acordo com Marcelli (2007) é fundamental a escolha correta do tipo de fundação para se garantir a durabilidade e estabilidade das edificações, pois, no que diz respeito ao não surgimento de problemas, as fundações são de extrema importância para se garantir níveis de desempenho satisfatórios. Afirma ainda que se executadas conforme os padrões mínimos exigidos a partir das análises geotécnicas, as fundações não acarretaram maiores problemas estruturais para a edificação, por outro lado, se executadas erroneamente e sem as devidas análises do solo onde serão implantadas, os problemas decorrentes serão inúmeros.

De acordo com Marinho (2017) a falta de preocupação em construir com qualidade e eficiência proporciona um aumento no número de construções problemáticas, algumas delas com danos irreversíveis que poderiam ser evitados. São muitos os danos causados pelas patologias das fundações, danos que podem afetar as condições de estética que afetam somente as condições arquitetônicas da construção e no geral não causam riscos a edificação, as condições de

funcionalidade causando um mau funcionamento das instalações prediais ou as condições de estabilidade que podem causar a ruptura da estrutura.

No geral ainda segundo Marinho (2017) são ocasionadas trincas, fissuras, desalinhamento ou até o desaprumo da construção. As causas geralmente estão relacionadas à má interpretação ou ausência de investigação do subsolo, análise e projeto de fundação, execução sem os devidos cuidados, entre outras.

De acordo com Thomaz (1996) o solo é constituído basicamente por partículas sólidas envoltos por água, ar e em muitos casos de material orgânico. Ao ser solicitados por cargas extremas, todos os solos, em maior ou menor proporção se deformam. Quando essas deformações são diferenciais ao longo do plano da fundação, tensões de grandes proporções são transmitidas à estrutura, podendo gerar fissuras, a esse fenômeno é dado o nome de recalque diferencial em elementos de fundações.

Ainda segundo Thomaz (1996), consolidação é o fenômeno cujo ocorre variação do volume do solo por percolação de água presente nos poros. Em solos com alta permeabilidade como as areias os recalques ocorrem em períodos relativamente curtos logo após serem solicitados, porém, em solos menos permeáveis como as argilas, o processo é relativamente lento, podendo levar anos até o surgimento dos primeiros sinais. A intensidade com que ocorrem os recalques está diretamente relacionado não somente ao tipo de solo, mas também ao tipo de fundação adotada como método construtivo e ainda das dimensões do elemento, a coesão do solo e o atrito lateral entre o solo e o componente de fundação.

3 PREVENÇÃO DAS ESTRUTURAS

Vários são os cuidados que podem ser tomados ainda durante a fase de projeto com intuito de se evitar o desenvolvimento de patologias nos elementos estruturais em concreto armado. Serão listados a seguir os principais cuidados a serem tomados a nível de projeto que podem reduzir drasticamente as chances de surgimento de problemas.

3.1 COBRIMENTO NOMINAL

Segundo NBR 6118 a agressividade ambiental relaciona-se com as ações físicas e químicas atuantes nas estruturas de concreto. Assim sendo, o ambiente é o responsável por transportar até as armaduras os agentes causadores da corrosão, tornando-se indispensável à classificação e observação dessa agressividade ambiental durante a concepção de qualquer projeto em estruturas de concreto armado. É apresentado na tabela 1 os tipos de atmosfera e a classificação quanto ao respectivo potencial de agressão as estruturas (ABNT, 2014).

TABELA 1 – Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1 2}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹	Grande
		Industrial ^{1 2}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1 3}	Elevado
		Respingos de maré	
1 - Pode-se admitir um micro clima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas, e áreas de serviços de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).			
2 - Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou em regiões onde raramente chove.			
3 - Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia,			

branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: (ABNT, 2014).

A NBR 6118 torna obrigatório o uso de certa espessura de concreto para a realização da proteção das armaduras. Além disso, a classe de agressividade ambiental irá influenciar também na classe de resistência do concreto e ainda no fator água/cimento empregado (ABNT, 2014).

Cascudo (1997) explica que o fator água/cimento tem grande influência na qualidade do concreto, pois será este fator que irá definir a compacidade e porosidade do mesmo. Quando há um baixo fator, o concreto apresenta níveis de porosidade e permeabilidade, o que se relaciona diretamente a prevenção à corrosão. A tabela 2 mostra os valores máximos de fator água/cimento e classe mínima de concreto de acordo com a classe de agressividade ambiental exigidos por norma.

TABELA 2 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: (ABNT, 2014).

Se tratando de métodos preventivos, o concreto é quem tem a função de proteger as armaduras do processo corrosivo, proporcionando a armadura uma dupla proteção. Santos (2015) explica a afirmação da seguinte forma: a primeira é de natureza física, que impede o contato direto o ambiente exterior; a segunda é de natureza química e promove a formação de uma película passivadora que envolve o

aço, formada pelo elevado pH do concreto. A tabela 3 apresenta os valores mínimos do cobrimento nominal para cada tipo de elemento estrutural de acordo com a classe de agressividade e o tipo de estrutura adotados.

TABELA 3 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: (ABNT, 2014).

3.2 LANÇAMENTO DO CONCRETO

De acordo com Marcelli (2007) o lançamento do concreto é uma fase muito importante durante a execução da concretagem da obra, sendo assim alguns cuidados devem ser tomados para garantir um melhor desempenho do concreto na estrutura quando atingido a cura.

Marcelli (2007) ainda explica que o concreto deve ser lançado logo após o amassamento, em até no máximo o intervalo de uma hora, sendo que depois de decorrido esse prazo, o concreto perde sua trabalhabilidade, ou quando necessário um tempo maior que uma hora, deve-se obrigatoriamente empregar aditivos que a

finalidade de retardar o processo de pega e endurecimento. Quanto à altura de lançamento que não deverá ser maior que 2,50 metros, porém, quando não for possível respeitar esse limite, devem-se tomar as seguintes providencias:

- Abertura de janelas nas formas;
- Utilização de trombas no interior das formas;
- Utilização de concreto mais plástico e rico em cimento;
- Utilização de 5 a 10 centímetros de argamassa sem agregado graúdo na base da peça a ser concretada respeitando o traço original do concreto.

Os ricos de se lançar concreto em alturas acima do recomendado é a segregação do material graúdo na base do elemento estrutural, reduzindo a capacidade de carga uma vez que no local onde ocorreu a segregação o índice de vazios é bastante elevado, acarretando assim enormes prejuízos à construção.

3.3 ADENSAMENTO

Após o lançamento outro cuidado imprescindível é o adensamento da massa de concreto que tem por finalidade reduzir ao máximo o índice de vazios deixados pelo lançamento do concreto tornando-o mais denso e compacto.

Marcelli (2007) explica que o adensamento pode ser realizado de duas maneiras, a primeira de forma manual e a segunda mecânica. Ele explica ainda os critérios a serem seguidos para a escolha da melhor forma de adensamento do concreto, sendo:

- Adensamento manual: deve ser utilizado em obras de pequena responsabilidade ou quando não é possível a utilização do adensamento mecânico, sendo assim, a espessura máxima a compactar deve ser inferior a 20 centímetros e o adensamento deve ser interrompido quando apresentar uma superfície relativamente lisa;
- Adensamento mecânico: é realizado com auxílio de vibradores e apresenta ser mais eficiente e obtém melhores resultados, devendo sempre ter a preferência, principalmente quando se trata de concreto aparente.

Optando-se pela utilização do adensamento do tipo mecânico, Marcelli (2007) explica que se deve ter em mente que o excesso de vibração pode ser ainda pior que a falta, uma vez que pode ocorrer segregação do material e afloramento da

água de hidratação na superfície. Explica ainda que para se obter bons resultados devem ser observadas algumas regras básicas durante a vibração:

- Deve-se definir primeiramente o raio de vibração;
- Aplicar o vibrador a distâncias de uma vez e meia o raio de vibração;
- A velocidade de introdução e retirada da agulha do vibrador deve ser de 5 a 8 cm/s;
- Não deslocar o aparelho horizontalmente;
- A espessura da camada deverá ser de 3/4 do comprimento da agulha;
- Conforme a resistência, o concreto deve ser vibrado por 5 a 30 segundos;
- Não vibrar próximo as formas e tomar cuidados para não tocar as armaduras.

Respeitadas as regras básicas o concreto apresentará resistência satisfatória, para se ter ideia de como a qualidade do adensamento interfere na resistência do concreto Bauer (2016) estabelece a relação entre a resistência teórica do concreto e o índice de vazios, como mostra a tabela a seguir.

TABELA 4 – Relação entre a resistência teórica e o índice de vazios.

Vazios	0%	5%	10%	20%
Resistência	100%	90%	70%	50%

Fonte: (BAUER, 2016).

Porém, caso ocorra o contrário, o concreto fica poroso e permeável e além de perder suas características de resistências como mostra a tabela anterior, Marcelli (2007) explica que a situação pode ficar ainda mais crítica, pois, devido a elevada permeabilidade do concreto, as armaduras ficam expostas ao ambiente externo, estando propícias a corrosão, principalmente quando se trata de elementos em contato direto com o solo ou ambientes de elevado teor de umidade.

3.4 CURA DO CONCRETO

Segundo Marcelli (2007) a cura do concreto é um fator que não é levado muito em consideração pelos profissionais, principalmente quando se trata de obras de pequeno e médio porte, isso devido a negligências ou falta de conhecimento sobre o processo que consiste em uma reação química entre o concreto e a água, e devido a escolha de dias ensolarados e com temperaturas mais elevadas ocorre uma perda significativa dessa água, prejudicando a reação.

Como as condições climáticas não podem ser controladas no momento da concretagem aconselha-se a adoção de medidas que tenham por finalidade impedir a perda excessiva de água para o ambiente, entre elas destaca-se: cura com lâmina de água, com proteção da superfície, pela aplicação de pinturas, com aplicação de cloreto de cálcio, entre outras.

Segundo Marcelli (2007) o método de cura com lâmina de água consiste em se manter uma lâmina de água sobre a superfície concretada durante todo o tempo de cura. É aplicado principalmente em grandes superfícies planas como lajes e pisos e apresenta excelentes resultados quando realizado de forma contínua, pois além de controlar a temperatura é um suprimento adicional de água, porém quando realizado de forma ininterrupta pode parar o processo de cura. O método de aspersão é o mais simples e consiste em molhar periodicamente a superfície concretada durante todo o processo de cura, a única precaução é quanto ao esquecimento da realização do processo.

No processo de cura com proteção da superfície segundo Marcelli (2007) a proteção é realizada com o auxílio de lonas plásticas, tomando-se cuidado com a vedação completa na extremidade para se evitar a evaporação da água de amassamento e a passagem de correntes de ar. Podem ser utilizadas camadas de areia, terra ou serragem, porém estas devem permanecer úmidas durante todo o tempo.

O processo de aplicação pinturas ou emulsões segundo Marcelli (2007) consiste em impermeabilizar superfícies concretadas, podendo apresentar caráter permanente ou superior ao período de necessário para a cura. Os materiais mais utilizados para esse tipo de aplicação são os produtos de origem asfáltica, os provenientes de alcatrões, as resinas epóxi e vernizes e tintas a base de óleos ou esmalte.

4 PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÕES

De acordo com Helene (1992) a durabilidade das estruturas em concreto armado sofre a influência dos esforços solicitantes aos quais estará sujeita durante sua vida útil (peso próprio, ações do vento, cargas acidentais e variáveis entre outras) e do ambiente em que está inserida. Assim sendo, mesmo quando projetada respeitando os critérios de normas, manuais e leis e executada seguindo rigorosamente tais condições, uma estrutura ainda estará sujeita a ações que podem reduzir sua eficiência ao longo do tempo, simplesmente por estar exposta as condições de uso e as condições do ambiente a sua volta.

Contudo torna-se necessário a definição de meios que possam prevenir que a estrutura não decaia seus conceitos de resistência e durabilidade ao longo da vida útil, tais meios são denominados manutenções e são classificadas segundo Helene (1992) em manutenções preventivas e corretivas.

Helene (1992) explica que quanto às manutenções preventivas, elas ocorrem de forma estratégica e programada durante todo o processo de construção da edificação até o fim da sua vida útil visando sempre detectar problemas ou falhas que possam vir a prejudicar a estrutura e repará-las antes que elas possam de fato causar danos severos, entre os meios de se realizar as manutenções preventivas estão à remoção de fuligem acida e limpeza da fachada visando impedir que agentes possam penetrar a superfície do concreto chegando até as armaduras, o estucamento que visa eliminar os poros formados pelo processo de cura do concreto, impermeabilização de superfícies e pintura evitando assim formação de umidade na superfície e outras medidas de proteção.

Já as manutenções corretivas são aquelas realizadas onde os agentes causadores danificaram a estrutura apresentando assim manifestações patológicas e precisa ser reparada o quanto antes. No geral, as manutenções corretivas são sempre mais onerosas visto que são injustificadas, pois, se houvesse ocorrido de forma periódica às manutenções preventivas elas não se tornariam necessárias. Lapa (2008) define que as intervenções consistem em:

- Reparos – visam corrigir pequenos danos;
- Reabilitação – visa devolver à estrutura o desempenho delineado em projeto;
- Reforço – visa aumentar o desempenho estrutural.

Ainda segundo Lapa (2008) a escolha da intervenção deve levar em conta

no mínimo os seguintes parâmetros: Grau de incerteza sobre os efeitos que serão produzidos; Relação custo/benefício; Disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços. Tais parâmetros devem ser observados visando à aplicação do mais viável e seguro para a edificação ainda a disponibilidade da tecnologia que pode elevar ainda mais os custos da intervenção. A partir da escolha da intervenção serão estipulados os procedimentos adequados para dar início à execução.

De acordo com a NBR 5674 que fixa os procedimentos para organização de um sistema de manutenções em edificações, em todos os serviços as manutenções devem ser definidas em planos de curto, médio e longo prazo de modo a:

- Reduzir a necessidade de sucessivas intervenções por meio da coordenação dos serviços de manutenção;
- Tornar mínima a interferência dos serviços de manutenção ao uso da edificação e interferência dos usuários nos serviços;
- Otimizar o uso de recursos humanos, financeiros e de equipamentos (ANBT, 2012).

Assim, segundo Souza e Ripper (1998), os trabalhos de manutenção estratégicas de determinada estrutura devem contemplar no mínimo as seguintes etapas: cadastramento, inspeções periódicas, inspeções condicionadas, serviços de limpeza, reparos de baixo custo, reparos de alto custo e trabalhos de reforços.

4.1 CADASTRAMENTO DAS ESTRUTURAS

De acordo com Souza e Ripper (1998), para correta adoção de estratégias de manutenção há a necessidade que, desde a fase de projeto, a estrutura seja devidamente cadastrada, de modo a ser estabelecido o mais completo sistema de base de dados ao longo de sua história. Ou seja, o cadastramento de uma estrutura é feito desde a fase de concepção do projeto e deve ser armazenado em arquivos bem organizados e de fácil acesso. Sendo imprescindível para uma boa manutenção, que o cadastramento contenha ao menos os seguintes elementos:

- Histórico da construção contendo os projetos (arquitetônicos, estrutural, de fundações, de instalações etc.) com todos os detalhes construtivos e memoriais descritivos de cálculos e especificações, investigações preliminares, métodos

executivos, diários de obra, registros de fiscalização, contratos, alterações, relatórios de ensaios de materiais e de controle de qualidade, entre outros;

- Investigações técnicas já realizadas;
- Relatório da vistoria cadastral (entrega da obra);
- Relatórios das vistorias de rotina já realizadas;
- Documentação em formato fotográfico e/ou em vídeo.

4.2 INSPEÇÕES PERIÓDICAS E CONDICIONADAS

Segundo Souza e Ripper (1998) é indispensável no emprego da metodologia da manutenção preventiva, tendo a finalidade de registrar danos e anomalias e avaliar a influência do ponto de vista do comportamento e da segurança da estrutura. A inspeção periódica pode variar quanto ao tipo de estrutura devido a sua vulnerabilidade, no entanto, todos os danos e anomalias devem ser relatados para que seja feita a devida análise e caracterização de uma das seguintes situações:

- Nenhum dano ou desprezíveis: nenhum tipo de intervenção;
- Pequenos danos: demandam trabalhos de baixo custo que podem ser realizados por pessoas não especializadas, no entanto, passam a ser enquadradas nas inspeções de rotina visando observar se ocorre alguma evolução nas peças danificadas;
- Danos importantes: podem ocasionar prejuízos a durabilidade da estrutura, demandando a atuação de pessoas especializadas sob supervisão de um engenheiro especializado em trabalhos de recuperação;
- Danos emergenciais: representam grande perigo a estabilidade e segurança da estrutura, demandando profissionais especialistas e inspeções especiais para determinação da intervenção;
- Alarme: são casos em que a estrutura se encontra em ruína, demandando medidas necessárias para o escoramento parcial ou total ou mesmo a sua interdição.

De acordo com Souza e Ripper (1998) as inspeções condicionadas devem ser executadas quando surgirem situações anormais ou quando forem constatadas as situações de emergências ou de perigo, diferenciando-se das

inspeções periódicas por demandarem pessoal técnico especializado, com a utilização de equipamentos sofisticados para medições, realização de ensaios especiais, emissão de laudo técnico e caso necessário o acompanhamento do respectivo projeto de recuperação. Nessas inspeções são realizados de forma cuidadosa o mapeamento das anomalias existentes ou representação gráfica do quadro patológico que servirá de base para a elaboração do projeto de recuperação e identificação das causas das manifestações patológicas e ainda da especificação dos tipos e quantitativos serviços de recuperação ou reforço estrutural.

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), é importante verificar se o processo de surgimentos e evolução de manifestações é progressivo ou estacionário. Essa verificação é realizada por meio simples pastilhas de gesso ou até a utilização de alongômetros elétricos que medem a abertura ou a movimentação da estrutura e ainda por meio de aparelhos topográficos de alta precisão.

4.3 SERVIÇOS DE LIMPEZA

Todas as superfícies de uma edificação devem ser mantidas limpas, sem a presença de poeira, óleos, empoçamento de água e acúmulo de matéria orgânica, isso devido a representarem o acúmulo de substâncias danosas a estrutura e a obstrução de alguns sistemas, como o de drenagem, por exemplo. Souza e Ripper (1998) explica que todas as construções devem estar sujeitas a uma rotina de limpeza bem estabelecida, principalmente quando se trata de superfícies expostas a ação do tempo.

4.4 REPAROS E REFORÇOS

Souza e Ripper (1998) define que as intervenções podem ser divididas em três grandes grupos, os reparos de baixo custo, os de alto custo e os trabalhos de reforço e recuperação. Souza e Ripper (1998) explica a diferença entre eles sendo:

- Os reparos de baixos custo são aqueles que podem ser executados por pessoal da equipe de manutenção, não sendo necessariamente especializados em recuperação de estruturas. Os serviços realizados que se enquadram do quesito de reparos de baixo custo podem ser remoção e substituição de pavimento ou

revestimento danificado, selagem de juntas de dilatação, modificação da inclinação dos pisos, pinturas, pequenos trabalhos de reconstituição do cobrimento de armaduras, entre outros.

- Por outro lado, os reparos de alto custo são divididos em três grupos: a renovação integral do pavimento e a revisão da impermeabilização que tem por finalidade proteger a edificação das intempéries do ambiente ao redor e por último, a execução de reparos estruturais que demandam técnicos especializados para definição dos métodos executivos e serviços empregados.
- Finalmente, tem-se os trabalhos de reforço e recuperação que objetivam devolver a estrutura à resistência de projeto ou aumentar essa resistência para a adaptação a um novo uso da edificação. Esses trabalhos são realizados por empresas especializadas em técnicas e procedimentos adequados e ainda por um engenheiro estrutural familiarizado com os serviços.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme levantamento bibliográfico realizado nos capítulos anteriores e análise de casos envolvendo problemas patológicos em edificações se torna inegável que os danos à estrutura podem se tornar irreversíveis, principalmente se for analisado o fator econômico da construção. Pois, mesmo que a estrutura esteja apta novamente a receber as ações de carregamento as quais foi projetada, o usuário e o mercado não terão a mesma confiança na segurança dessa edificação. Em alguns casos, a estrutura passa a não suportar mais tais carregamentos, tendo sua utilização reduzida, o que gera ainda mais transtornos para o proprietário.

Tendo em vista o elevado custo, a falta de mão de obra especializada em recuperação de estruturas e a dificuldade de execução de alguns métodos de reparo, pode-se concluir que os gastos empregados com intuito de se reduzir as chances de ocorrência de problemas no futuro são muito bem empregados. Tanto o profissional que terá de certa forma, garantias que o possível erro não teve origem por negligências no processo construtivo, quanto o proprietário que não terá que arcar futuramente com custos que poderiam ter sido minimizados ou até mesmo extintos.

Ao empregar todos os métodos preventivos exigidos pela estrutura e realizar o correto cadastramento e programação das futuras manutenções o profissional responsável se respalda quanto à ocorrência de sinistros nas construções. Caso ainda ocorra algum sinistro, a responsabilidade passa a ser do proprietário que não tenha executado seu papel de realizar as devidas manutenções outrora programadas, assumindo os riscos de quaisquer danos que a estrutura venha a sofrer decorrente de manifestações patológicas.

Há ainda a possibilidade do responsável pela concepção e execução de uma edificação e do proprietário realizarem seus respectivos papéis para evitar o surgimento de problemas, mas eles ainda ocorrerem em algum momento da vida útil da estrutura. Nesses casos, os responsáveis podem ser a própria qualidade e a anisotropia dos materiais ou ainda sinistros da natureza como terremotos, furacões e chuvas maiores que as de pico previstas para a época.

Desta forma, é conveniente optar-se por demandar mais tempo e um pouco mais de gastos com as fases de concepção, execução do projeto e com manutenções programadas para que a edificação cumpra com seu papel de suportar

todas as ações às quais for solicitada sem apresentar nenhum tipo de deficiência. Assim, os gastos que antes seriam empregados em reparos, agora poderão ser aplicados em melhorias.

Assim o problema de pesquisa foi resolvido pois foram demonstradas no decorrer deste trabalho o quanto as patologias são prejudiciais as estruturas em concreto armado bem como os respectivos métodos de prevenção e a correta maneira de se realizar um programa de manutenções estratégicas eficiente.

Por estar baseada em obras de autores muito renomados no setor de manutenções prediais e casos práticos presenciados por profissionais no decorrer de suas carreiras, esta pesquisa apresenta grande relevância para profissionais dos mais diversos setores da construção, para a sociedade e principalmente para futuros profissionais da área de engenharia civil voltada a edificações, isto devido a mostrar os impactos que as negligencias e a falsa sensação de economia em curto prazo irá causar em longo prazo, onde a estrutura ainda jovem pode ser condenada a ruina ou demandar gastos tão elevados que muitas das vezes será preferível a demolição.

REFERÊNCIAS

ARIVABENE, Antonio Cesar. Patologia em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso. **Revista on-line IPOG Especialize**, Vitória, ES, p. 1-22, 10 jun. 2015. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online-busca?autor=Antonio+Cesar+Arivabene+&palavrasChave=Patologia>. Acesso em: 17 mar. 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimento**. 2014. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5674: Manutenção de edificações: procedimento**. 2014. Rio de Janeiro.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5ª edição. ed. São Paulo: LTC, 2016. v. 2.

BERTOLINI, Luca Bertolini. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. São Paulo: Pini 1997.

COSTA, Vitor Coutinho de Camargo. **Patologias em edificações ênfase em estruturas de concreto**. 2009. Trabalho de conclusão do curso (Graduação) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

DUARTE, Ronaldo Bastos. Fissuras em Alvenarias: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. **CIENTEC: Boletim Técnico 25**, Porto Alegre, Dezembro 1998.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3ª edição . ed. São Paulo: Atlas S.A, 1991.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **ESTUDO DE PATOLOGIAS E SUAS CAUSAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção das estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

KERKOFF, Matheus Abreu. **Trincas de flexão em vigas de concreto armado**. [S. l.: s. n.], 15 ago. 2017. Disponível em: <https://guideengenharia.com.br/trincas-de-flexao-de-vigas/>. Acesso em: 10 set. 2019.

LAPA, José Silva. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.

MARINHO, Rafaella Pereira. Patologia das Fundações: Estudos de Caso. **Revista on-line IPOG Especialize**, João Pessoa, Julho 2017. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n13-2017/patologia-das-fundacoes-estudos-de-caso/>. Acesso em: 18 ago. 2019.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; HELENE, Paulo. Durabilidade e proteção do concreto armado. **TÉCHNE 150**, São Paulo, Setembro 2009. Disponível em: http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/Mestrado%20Artigo%201%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Superficial%20%20Experimental%20Laborat%C3%B3rio.pdf. Acesso em: 17 maio 2019.

MONTARDO, Júlio Portella. **A RETRAÇÃO DO CONCRETO**. São Paulo: ANAPRE, Maio 2009. Disponível em: http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao16.asp. Acesso em: 10 set. 2019.

OLIVEIRA, Gabriel Ferreira de. Principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto. **Revista on-line IPOG Especialize**, Brasília, 15 dez. 2015. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n12-2016/principais-manifestacoes-patologicas-nas-estruturas-de-concreto/>. Acesso em: 7 maio 2019.

OLIVEIRA, Alexandre Magno de. **FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES**. 2012. Monografia (Curso de Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, 2012.

SANTOS, Camila Freitas dos. **PATOLOGIA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. 2014. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, Santa Maria, 2014.

SANTOS, Aleílson Vilas-Bôas dos. Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido a carbonatação. **Revista on-line IPOG Especialize**, Bahia, dezembro 2015. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n10-2015/corrosao-de-armadura-em-estruturas-de-concreto-armado-devido-a-carbonatacao/>. Acesso em: 18 ago. 2019.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de estruturas de Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: Causas, prevenções e recuperação**. 1º edição . ed. São Paulo: PINI, 1996.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. 2015. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (Graduação em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, SANTA MARIA, 2015.

VIEIRA, Matheus Assis. Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento. **Revista on-line IPOG Especialize**, Uberlândia, 26 jan. 2016. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n12-2016/patologias-construtivas-conceito-origens-e-metodo-de-tratamento/>. Acesso em: 7 abr. 2019.