

Uni-FACEF - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FRANCA

**MARINA PIERONI REIS
MÔNICA CRISTINA SILVA**

**MEMORIAL DESCRITIVO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS QUE
GARANTAM A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO**

**FRANCA
2018**

Uni-FACEF - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FRANCA

**MARINA PIERONI REIS
MÔNICA CRISTINA SILVA**

**MEMORIAL DESCRITIVO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS QUE
GARANTAM A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Uni-FACEF Centro Universitário de Franca, para obtenção do título de bacharel(a) em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Anderson Fabrício Mendes

**FRANCA
2018**

**MARINA PIERONI REIS
MÔNICA CRISTINA SILVA**

**MEMORIAL DESCRITIVO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS QUE
GARANTAM A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS
DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Uni-FACEF Centro Universitário de Franca, para obtenção do título de bacharel(a) em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Anderson Fabrício Mendes

Linha de Pesquisa: Concreto armado e concreto protendido.

Franca, 28 de maio de 2018

Orientador (a): _____

Nome: Prof. Ms. Anderson Fabrício Mendes

Instituição: Uni-FACEF (Centro Universitário Municipal de Franca)

Examinador (a): _____

Nome: Prof. Luís Fernando Facioli Rosa

Instituição: Uni-FACEF (Centro Universitário Municipal de Franca)

Examinador (a): _____

Nome: Prof. Leandro Gaspar Conterato

Instituição: Uni-FACEF (Centro Universitário Municipal de Franca)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, minha mãe Débora, meus avós maternos, minha tia e minha irmã. Também sou grata ao senhor por ter dado saúde aos meus familiares e tranquilizando o meu espírito nos momentos mais difíceis da minha trajetória acadêmica até então. Sem eles, nada disso seria possível.

Agradeço ao Luan, por ter sido mais do que um namorado e ter me ajudado durante todo esse tempo em que estive me formando enquanto profissional e pessoa, e que compreendeu minha ausência pelo tempo dedicado aos estudos.

Agradeço a todos os professores, especialmente ao Anderson, meu orientador, que me deu todo o suporte com suas correções e incentivos. Ao pessoal da biblioteca, meu muito obrigado.

Agradeço à universidade Uni-FACEF, por me proporcionar um ambiente criativo e amigável para os estudos. Sou grata a cada membro do corpo docente, à direção e a administração dessa instituição de ensino.

Por fim, agradeço todos os amigos e amigas que estiveram comigo nessa jornada, e minha amiga e companheira Mônica que esteve comigo durante a realização deste trabalho, vocês com certeza são parte dessa vitória.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois ele é quem me fortalece e quem alimenta a minha fé dia após dia para poder seguir em frente com dignidade e coragem.

Ao meu orientador, Prof. Anderson Fabricio Mendes, que com sua capacidade e clareza soube me conduzir durante o trabalho de maneira lúcida e consistente, fazendo jus ao título de orientador, obrigada Anderson!

Agradeço aos meus pais, Luís Cláudio da Silva e Kátia Cristina Pereira Silva, que não apenas me ensinaram os valores essenciais à vida, mas por me mostrarem dia após dia como viver nesses valores e que não só torceram pela realização do meu sonho, mas fizeram dele o seu próprio sonho.

A eles que se doaram em silêncio, essa vitória é de vocês.

A todos da minha família que, de alguma forma, me incentivaram na busca pelo conhecimento, em especial ao meu irmão, Luís Eduardo, pela paciência e companheirismo todos os dias.

As minhas amigas Emily, Izabela, Júlia e Maria Luiza, pela amizade e carinho, por estarem sempre ao meu lado participando das minhas tristezas, angústias e ansiedades nos momentos mais delicados e pelas risadas nos momentos felizes.

Ao Uni-FACEF e todo o corpo docente, aos meus colegas de graduação, em especial a minha amiga e companheira na realização deste trabalho, Marina, por dividir comigo essa parte tão importante da vida.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, o meu sincero muito obrigada!

RESUMO

O concreto armado é o material construtivo mais utilizado no mundo inteiro, visto que ele é um material de fácil acesso em todo mundo, se adequa a qualquer ambiente devido às suas propriedades e características, é de fácil flexibilidade quanto à modelagem, de fácil execução, entre outros fatores. No início, às estruturas em concreto armado eram concebidas e projetadas para atender às condições de estabilidade e segurança, questões associadas à vida útil e a durabilidade da estrutura e seu desempenho em serviço não eram considerados pelo projetista, pois considerava-se que o concreto armado mantinha as suas características físicas, químicas e mecânicas quase inalteradas no decorrer do tempo. Nesse sentido Andrade (1997) afirma que, com o passar do tempo, notou-se que as estruturas em concreto apresentavam altos índices de degradação e patologias nas estruturas, e aponta que as causas são provenientes de vários fatores, tais como a qualidade do concreto, o ambiente onde está localizada a estrutura e questões relacionadas a manutenção e utilização da mesma. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo elaborar um memorial descritivo quanto a durabilidade das estruturas em concreto armado, com recomendações aos profissionais envolvidos no processo construtivo destas estruturas, com a finalidade de auxiliar esses profissionais e aos proprietários a evitar patologias ou outros transtornos que vem ocorrendo neste tipo de estruturas. Primeiramente dissertamos sobre a justificativa deste estudo e apresentamos as questões de pesquisa que nortearam todo este trabalho, sendo a principal a seguinte: Quais recomendações normativas os projetistas de estruturas em concreto armado devem seguir e quais as principais manifestações patológicas que surgem nas estruturas em concreto armado? Em seguida, apresentamos o referencial teórico sobre os conceitos de durabilidade e vida útil das estruturas em concreto armado e as suas características físicas, preparo, controle e recebimento do concreto utilizado nas estruturas, seguido das principais causas e manifestações patológicas nas estruturas em concreto armado em cada etapa da construção: planejamento e projeto, execução, utilização e manutenção. Por fim, exibimos um memorial descritivo que pode ser utilizado, para nortear os profissionais da engenharia civil, proprietários e usuários das edificações em concreto armado, quanto aos parâmetros mínimos a serem seguidos para minimizar os efeitos causados pelo surgimento de patologias nas estruturas e as conclusões acerca deste estudo.

Palavras-chave: Durabilidade, vida útil, concreto armado, manutenção e patologia.

ABSTRACT

Reinforced concrete is the most commonly used construction material worldwide, since it is an easily accessible material throughout the world, suitable for any environment due to its properties and characteristics, is easy to model, easy to execute, among other factors. Initially, structures in reinforced concrete were developed and designed to meet the conditions of stability and safety, associated issues to useful life and durability of the structure and their performance in service were not considered by the designer, because it was considered that the reinforced concrete maintained its physical, chemical and mechanical characteristics almost unchanged in the course of time. 'In this sense Andrade (1997) states that, over time, it was observed that the concrete structures presented high rates of degradation and pathologies in the structures, and points out that the causes come from several factors, such as the quality of the concrete, the environment where the structure is located and issues related to its maintenance and use. With this, the present work aims to elaborate a descriptive memorial regarding the durability of the structures in reinforced concrete, with recommendations to the professionals involved in the constructive process of these structures, with the purpose of helping these professionals and the owners to avoid pathologies or other disorders that have been occurring in this type of structures. First, we discussed the justification of this study and presented the research questions that guided all this work, the main one being the following: What normative recommendations should the designers of structures in reinforced concrete follow and what are the main pathological manifestations that arise in structures in reinforced concrete? Next, we present the theoretical reference on the concepts of durability and useful life of reinforced concrete structures and the physical characteristics, preparation, control and receipt of the concrete used in the structures followed by the main causes and pathological manifestations in the reinforced concrete structures at each stage of construction: planning and design, execution, use and maintenance. Finally, we present a descriptive memorial that can be used to guide civil engineering professionals, owners and users of buildings in reinforced concrete, regarding the minimum parameters to be followed to minimize the effects caused by the appearance of pathologies in the structures and the conclusions about this study.

Key words: Durability, useful life, reinforced concrete, maintenance and pathology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Transporte do concreto para obra.....	27
Figura 2 - Lançamento de concreto no pilar.....	27
Figura 3 - Adensamento do Concreto com vibrador de agulha	29
Figura 4 - Cura úmida do Concreto com lona.....	30
Figura 5 - Cura química do Concreto	31
Figura 6 - Cura ao ar do Concreto.....	31
Figura 7 - Cura térmica do concreto pré-moldado.....	32
Figura 8 - Ciclovia Tim Maia desaba no Rio de Janeiro	55
Figura 9 - Ciclovia do rio inaugurada em janeiro desabou após ser atingida por uma onda	56
Figura 10 - Armazenamento de cal, cimento, argamassa e gesso.....	58
Figura 11 - Armazenamento de areia e brita	58
Figura 12 - Armazenamento de aço	59
Figura 13 - Slump Test.....	61
Figura 14 - Ensaio de Resistência a Compressão	61
Figura 15 - Igreja, uma estrutura em colapso.....	63
Figura 16 - Parte de viaduto desaba em Brasília	71
Figura 17 - Parte do viaduto da pista do Eixão, na região central de Brasília, desabou na manhã dessa terça-feira.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado do Estado do Ceará	16
Tabela 2 – Classes de agressividade ambiental	35
Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.....	36
Tabela 4 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal	37
Tabela 5 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e a protensão de armadura, em função das classes de agressividade ambiental	38
Tabela 6 - Valores para a formação de lotes de concreto	61
Tabela 7 - Requisitos do planejamento anual	67
Tabela 8 - Orçamentos dos serviços de manutenção	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Elementos Estruturais mais afeados em obras industriais.....	14
Gráfico 2 - Modelo teórico de vida útil	45
Gráfico 3 - Conceito de vida útil tomando-se por referência a corrosão da armadura	46
Gráfico 4 - Influencia da Manutenção na durabilidade dos materiais	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
1.1 QUESTÕES DE PESQUISA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo principal	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 METODOLOGIA.....	18
1.3.1 Pesquisa bibliográfica.....	18
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 CONCEITOS DE DURABILIDADE E VIDA ÚTIL	21
2.1.1 Durabilidade	21
2.1.2 Vida útil.....	23
2.2 CONCRETO	25
2.3 DEFINIÇÕES DE PROJETO E RECOMENDAÇÕES NORMATIVAS RELATIVAS À DURABILIDADE	32
2.4 EXECUÇÃO E A DURABILIDADE	39
2.5 O TRIPÉ: MEIO AMBIENTE, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL.....	40
2.6 O PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO.....	42
2.7 MODELOS DE PREVISÃO DA VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO	45
2.8 UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	46
2.8.1 Manutenção incorreta ou falta de manutenção	51
3 CONCRETO ARMADO: PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E RECOMENDAÇÕES QUANTO À DURABILIDADE	52
3.1 O QUE SÃO MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS?	52

3.2 PLANEJAMENTO E PROJETO	53
3.2.1 Origem do problema	53
3.2.2 O que pode ser feito?	54
3.3 RECEBIMENTO DE MATERIAIS (CONCRETO)	56
3.3.1 Origem do problema	56
3.3.2 O que pode ser feito? – Norma 12655/2006	57
3.4 ETAPA DE EXECUÇÃO.....	62
3.4.1 Origem do problema	62
3.4.2 O que pode ser feito?	63
3.5 ETAPA DE MANUTENÇÃO – NORMA 5674/1999	64
3.5.1 Origem do problema	64
3.5.2 O que pode ser feito?	65
4 MEMORIAL DESCRITIVO QUANTO A DURABILIDADE DAS ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	73
4.1 MEMORIAL DESCRITIVO QUANTO A DURABILIDADE DAS ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO.....	73
CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Concordo com Nadalini (2017) que o concreto é um material muito utilizado no mundo inteiro, visto que o concreto pode propiciar vida útil às construções, é um material de fácil acesso em todo mundo, se adequa a qualquer ambiente devido às suas propriedades e características, é de fácil flexibilidade quanto à modelagem, facilidade de execução, entre outros fatores.

De acordo com Bastos, (2006) o concreto pode ainda ter outras características positivas, sendo elas: quando utilizado na dosagem correta, ele garante boa durabilidade, rapidez durante a execução da obra, quando executado e dosado corretamente pode garantir impermeabilidade, segurança contra o fogo e resistência a choques e vibrações.

Em contrapartida, Bastos (2006) cita algumas desvantagens do concreto, como peso próprio elevado, difícil execução de reformas e adaptações, fissuração, transmissão de calor e som.

Em relação às estruturas em concreto armado, Andrade (1997) aponta que, no princípio, as estruturas eram concebidas e projetadas para atender às condições de estabilidade e segurança, questões associadas à vida útil, a durabilidade da estrutura e seu desempenho em serviço não eram considerados pelo projetista, pois considerava-se que o concreto armado mantinha as suas características físicas, químicas e mecânicas quase inalteradas no decorrer do tempo.

Nesse sentido, Andrade (1997) afirma que, com o passar do tempo, notou-se que as estruturas em concreto apresentavam altos índices de degradação e patologias nas estruturas, e aponta que as causas são provenientes de vários fatores, tais como a qualidade do concreto, o ambiente onde está localizada a estrutura e questões relacionadas a manutenção e utilização da mesma. No gráfico abaixo, o autor aponta em seu artigo publicado no XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, sobre a análise dos elementos estruturais mais afetados e suas causas nas estruturas em concreto armado no estado do Pernambuco.

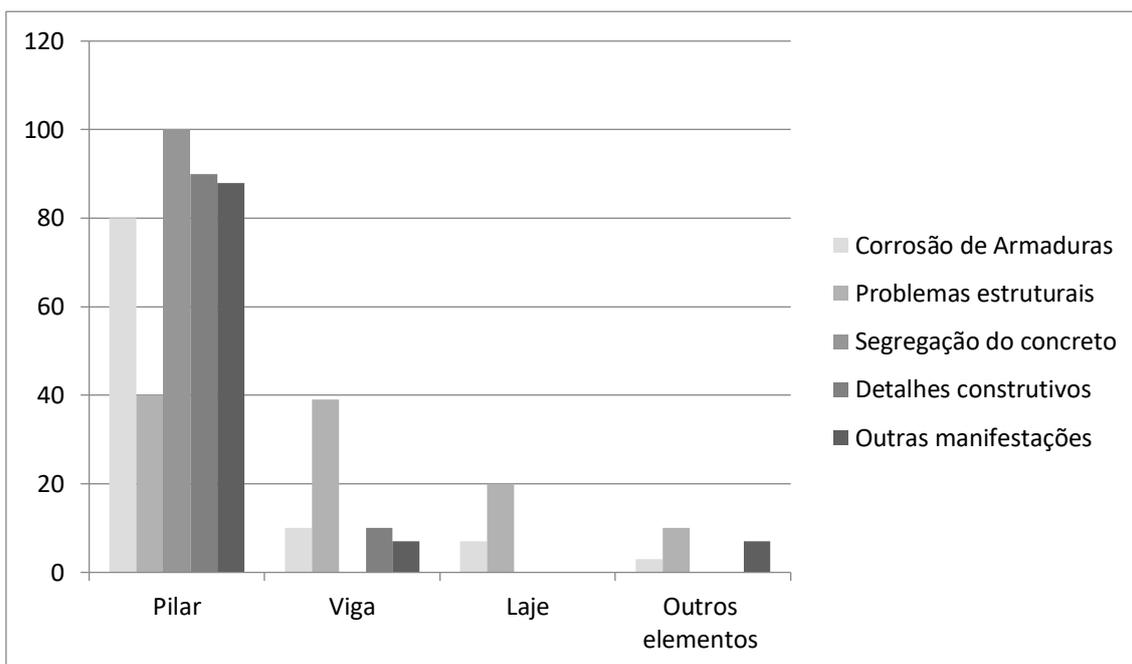


Gráfico 1 - Elementos Estruturais mais afetados em obras industriais

Fonte: Andrade e Dal Molin (1998)

No gráfico acima, percebe-se que os elementos estruturais mais afetados por patologias e degradação da estrutura são os pilares e as vigas, sendo a segregação do concreto, corrosão das armaduras e problemas estruturais são as principais causas.

A partir dos estudos de Andrade (1998), Mehta (1993), Silva Filho (1994) e outros autores, vêm surgindo pesquisas cujo tema é a durabilidade das estruturas, que visam minimizar a deterioração e aparecimento de patologias nas estruturas em concreto armado. Ciente do problema patológico, parâmetros preventivos na fase de projeto e precauções na execução são extremamente importantes para a sua correção

Nesse sentido, Mehta (1993) e Silva Filho (1994) concordam que a questão sobre durabilidade das estruturas pode ser dividida em dois elementos básicos: o concreto, como material composto e diverso, e as situações do meio ambiente envolvente das estruturas. As duas condições operam um tipo de atuação na durabilidade. Não foi tecnicamente comprovado a ligação entre as duas condições, por falta de alguns dados que são difíceis

de serem mensurados, apesar do conhecimento disponível sobre as características dos mesmos.

Nesse sentido, Andrade (1997) salienta que as características do concreto como material de construção estão profundamente ligadas com ações definidas nas várias etapas do procedimento construtivo-planejamento/projeto, materiais, execução e utilização/manutenção. Hoje em dia nota-se a ausência de atenção oferecida pelo meio técnico–científico para certas etapas de alguns procedimentos, podendo citar como exemplo a manutenção de estruturas. Para garantir obras duráveis, é essencial que todas as etapas tenham um controle de qualidade satisfatório. No entanto, é preciso atentar-se sobre o meio ambiente e o modo como ele atua sobre o concreto, estas são condições que tem uma ampla intervenção sobre a durabilidade das estruturas.

Sobre a durabilidade das estruturas em concreto armado, a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 6118/2014, em seu item 5.1.2.3 define como sendo a capacidade da estrutura de resistir às influências ambientais supostas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início da elaboração do projeto.

Concordo com Medeiros (2011) que a durabilidade vem se tornando um tema relevante em função das questões de degradação precoce nas estruturas, de novas tecnologias e das imposições em relação à aplicação da sustentabilidade no setor da construção civil. Percebe-se que esse tema vem repercutindo nas últimas duas décadas, sendo imposto aos profissionais da engenharia, por leis e normas, que as estruturas em concreto armado devem ser projetadas de forma que, sejam garantidas ao usuário a segurança, o conforto, a durabilidade e a vida útil das mesmas.

Nesta perspectiva, Gonçalves (2015) aponta que a não consideração dos aspectos normativos relacionados à durabilidade e vida útil das estruturas pode levar a patologias. O termo patologia empregado na engenharia estuda causas, mecanismos, sintomas e o princípio dos problemas causados pelos defeitos nas construções civis, sendo a terapia quem analisa as alterações e soluções desses problemas patológicos, até mesmo aquelas causadas por degradação natural.

Com isso, pode-se citar a pesquisa realizada por Silva (2011), que estudou as principais causas das patologias e problemas que surgem nas estruturas em concreto armado no estado do Ceará. A tabela 1 mostra as manifestações patológicas que surgiram nas 30 obras analisadas em seu estudo.

MANIFESTAÇÃO/ LOCAL	FISSURAS	INFILTRAÇÕES	CORROSÃO DE ARMADURA	DESAGREGAÇÃO	SEGREGAÇÃO	MANCHAMENTO SUPERFICIAL	DEFORMAÇÕES EXCESSIVAS	EFLORESCÊNCIA	FUNGOS
OBRA 1	X	-	X	-	-	X	-	-	-
OBRA 2	X	-	X	-	-	-	-	-	-
OBRA 3	X	-	X	X	-	-	-	X	-
OBRA 4	X	X	X	-	-	X	-	-	X
OBRA 5	X	X	X	X	-	-	-	X	-
OBRA 6	X	X	X	X	-	-	-	-	-
OBRA 7	X	X	X	-	-	-	-	-	-
OBRA 8	X	X	X	X	-	X	X	-	X
OBRA 9	X	-	X	X	-	X	-	X	X
OBRA 10	-	-	X	-	-	-	-	-	-
OBRA 11	-	-	X	-	X	-	-	-	-
OBRA 12	X	X	X	X	-	-	-	X	-
OBRA 13	X	-	X	-	-	X	-	-	-
OBRA 14	-	-	X	-	X	-	-	-	-
OBRA 15	X	X	X	-	-	X	-	-	-
OBRA 16	-	X	X	X	-	X	-	X	-
OBRA 17	X	-	X	X	X	-	-	X	X
OBRA 18	-	-	X	X	-	-	-	-	-
OBRA 19	X	-	X	-	-	-	-	-	-
OBRA 20	X	-	X	X	-	-	-	-	-
OBRA 21	X	X	X	X	X	X	X	X	X
OBRA 22	-	-	X	-	X	-	-	-	-
OBRA 23	X	-	-	-	-	-	X	-	-
OBRA 24	X	-	X	-	-	-	-	-	-
OBRA 25	-	-	X	X	-	-	-	-	-
OBRA 26	-	-	X	X	-	-	-	-	-
OBRA 27	-	-	X	X	-	-	-	-	-
OBRA 28	X	-	X	-	X	-	X	-	-
OBRA 29	-	X	X	-	X	-	-	X	-
OBRA 30	X	-	X	X	X	-	X	-	-
TOTAL	20	10	29	15	8	8	5	8	5
%	66,67%	33,33%	96,67%	50,00%	26,67%	26,67%	16,67%	26,67%	16,67%

Tabela 1 - Manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado do Estado do Ceará

Fonte: Silva (2011), página 35.

Os estudos de Silva (2011) apontam que o surgimento de fissuras, a corrosão das armaduras e a desagregação do concreto são manifestações patológicas presente em mais de 50% das obras analisadas, eflorescência e segregação em mais de 25% e deformações excessivas em mais de 15% das obras, apontando que houve erros de execução e/ou projetos nestas construções.

Em virtude das manifestações patológicas que vem surgindo nas estruturas de concreto armado, principalmente nas últimas três décadas, vários pesquisadores no Brasil e no mundo vêm publicando artigos, realizando reuniões técnicas e congressos, a fim de estudar, refletir e debater sobre diversos aspectos relacionados à durabilidade e vida útil das estruturas em concreto armado.

Nesse sentido, nota-se a importância de prover meios que garantam à durabilidade e a vida útil das estruturas em concreto armado, minimizando suas patologias e a deterioração, garantindo segurança e conforto aos usuários da estrutura, pelo tempo e finalidades previstos em projeto.

Com isso, este trabalho tem como principal objetivo fazer uma revisão bibliográfica dos principais artigos e teses sobre o tema e elaborar um documento, um memorial descritivo, com recomendações para todos envolvidos no processo construtivo das estruturas de concreto armado, proprietário, projetista e construtores, de acordo com as normas vigentes, a fim de fornecer a esses profissionais e aos usuários da edificação, parâmetros a serem seguidos para garantir a durabilidade da estrutura.

1.1 QUESTÕES DE PESQUISA

As questões que nortearão este trabalho serão:

- Quais recomendações normativas os projetistas de estruturas em concreto armado devem seguir, no que diz respeito à durabilidade e vida útil das estruturas?
- Quais as principais manifestações patológicas que surgem nas estruturas em concreto armado quando não levamos em consideração os aspectos relacionados à durabilidade e vida útil das mesmas? Quais suas causas e como minimizar seu surgimento?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo principal

Este trabalho tem como objetivo principal elaborar um memorial descritivo quanto a durabilidade e vida útil das estruturas em concreto armado, apontando recomendações normativas e construtivas aos profissionais e proprietários envolvidos em todo processo construtivo.

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, este trabalho se desenvolverá no sentido de:

- a) Apontar as principais manifestações patológicas que ocorrem nas estruturas em concreto armado;
- b) Apresentar um modelo para determinar a vida útil de uma estrutura em concreto armado.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho, para obtenção e análise dos dados é a metodologia denominada Pesquisa Bibliográfica, que descrevemos a seguir.

1.3.1 Pesquisa bibliográfica

Segundo Gil (2006), a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em um material já existente, composto em sua maior parte de livros e

artigos científicos. Ainda que em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, existem pesquisas feitas puramente a partir de fontes bibliográficas.

O material consultado na pesquisa bibliográfica abarca todo referencial já tornado público relacionado ao tema de estudo, desde publicações independentes, jornais, revistas, livros, boletins, pesquisas, monografias, dissertações, teses, entre outros. Estas bibliografias englobam conhecimentos sobre o tema pesquisado. Com base nisso, pode-se elaborar o trabalho monográfico, seja ele em uma concepção histórica ou com o objetivo de reunir inúmeras publicações isoladas e atribuir a estas uma nova leitura. (RAUPP & BEUREN, 2006)

De acordo com Marconi & Lakatos (2003 apud. Manzo1971), a bibliografia pertinente "oferece meios para definir e resolver problemas conhecidos, e também explorar novas áreas onde os problemas não se fixaram o bastante" e tem o propósito de assentir "o reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações" (Trujillo, 1974). Sendo assim, a pesquisa bibliográfica não é apenas repetição do que já foi dito ou escrito a respeito de determinado assunto, mas assegura o exame de um tema sob nova abordagem, chegando a conclusões inovadoras.

Segundo Raupp e Beuren apud. Cervo e Bervian (1983) definem a pesquisa bibliográfica como a que:

"...explica um problema a partir de referenciais teóricos publicados em documentos. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Ambos os casos buscam conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado existente sobre um determinado assunto, tema ou problema."

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é composto por quatro capítulos:

No capítulo dois, apresentamos uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de durabilidade e vida útil das estruturas em concreto armado e às características físicas, preparo, controle e recebimento do concreto utilizado nas estruturas.

No capítulo três, apresentamos as principais causas e manifestações patológicas nas estruturas em concreto armado em cada etapa da construção: planejamento e projeto, execução, utilização e manutenção e apontamos recomendações para evitar e prevenir as principais manifestações patológicas que ocorrem nas estruturas em concreto.

No capítulo quatro, apresentamos memorial descritivo que pode ser utilizado, para nortear os profissionais da engenharia civil, proprietários e usuários das edificações em concreto armado, quanto aos parâmetros mínimos a serem seguidos para minimizar os efeitos causados pelo surgimento de patologias nas estruturas.

No último capítulo, apresentam-se as conclusões acerca deste trabalho e colocam-se as sugestões de continuidade do mesmo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresentamos uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de durabilidade e vida útil das estruturas em concreto armado e às características físicas, preparo, controle e recebimento do concreto utilizado nas estruturas e da manutenção e utilização das estruturas em concreto armado.

2.1 CONCEITOS DE DURABILIDADE E VIDA ÚTIL

2.1.1 Durabilidade

Antes de apresentarmos o conceito e definições do termo durabilidade, é importante destacar, como afirma Ferreira (2000), que apesar do concreto ser o material de construção mais consumido no mundo, a execução das estruturas em concreto apresenta muitos erros e descuidos, ocasionando na redução da capacidade do concreto em proteger as armaduras contra a corrosão, redução na sua capacidade resistente, afetando o desempenho da estrutura.

Nesse sentido, Vasconcelos (2005), aponta que a execução das obras em concreto não acompanhou o avanço tecnológico, pois até a década 80, a resistência a compressão ainda era o único parâmetro adotado para avaliar a qualidade do concreto, em função disto, está ocorrendo uma degradação acelerada nas estruturas em concreto armado, obrigando os profissionais que trabalham com este material a definir novos parâmetros, de forma a garantir sua qualidade e desempenho.

Com isso, Vasconcelos (2005) destaca que surge um conceito até então pouco conhecido e praticamente não utilizado: a durabilidade do concreto. Este novo parâmetro é a capacidade do concreto de resistir às intempéries e aos demais processos de degradação.

Ferreira (2000) define durabilidade como sendo a capacidade do concreto de resistir à ação das intempéries, quando preserva sua forma original, sua qualidade e capacidade de utilização, estando exposto ao ambiente em que se encontra.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15575-1, de 2013, em seu item 3.13, define durabilidade como sendo a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas. Ela aponta ainda que, durabilidade é comumente utilizado como termo qualitativo para expressar a condição em que a edificação ou seus sistemas mantem seu desempenho requerido durante a vida útil.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118: 2014, em seu item, 5.1.2.3, define que durabilidade consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto, pelo autor do projeto e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

Com o surgimento deste novo conceito, a durabilidade, concordo com Vasconcelos (2005) e Ferreira (2000), que outras questões apareceram, por exemplo, quais critérios e ou diretrizes devem ser seguidos pelos contratantes e contratados, no que diz respeito a durabilidade das estruturas?

Com isso a Associação Brasileira de Normas técnicas, NBR 6118/2014, em item 6.1, aponta os critérios a serem seguidos, no que diz respeito à durabilidade das estruturas, exigindo que as construções devem ser executadas no mesmo período em que foi projetada, nas condições ambientais prevista na época, garantindo segurança, estabilidade e aparência aceitável pelo período da sua vida útil.

Outra questão importante, como ressalta Helene (2014) é que ao projetar, o profissional deve sempre ter em mente que a durabilidade é o primeiro quesito a se considerar para alcançar a desaceleração da deterioração das partes críticas da estrutura. Sendo assim, o autor salienta que devem ser tomadas medidas para que essa possibilidade de deterioração não existisse, tomando por base o projeto, como medida inicial.

Helene (2014) aponta que todos os profissionais que participam de alguma forma da execução ou do projeto de estrutura em concreto armado têm responsabilidades quanto à durabilidade da estrutura, deixando claro que o projetista da estrutura é quem deve fazer a fiscalização dos demais funcionários que estão em sua responsabilidade.

Sobre as responsabilidades quanto a durabilidade da estrutura, Brandão (1998) reforça que as recomendações construtivas indicadas no projeto devem estar de acordo com às normas vigentes, e a execução deve ser vistoriado por um responsável técnico. É importante ressaltar que tudo começa a partir do projeto, onde deve conter todos os detalhes para garantir a proteção da estrutura, especialmente contra a corrosão das armaduras, que é o local onde se concentra o maior risco.

Helene (2001) ressalta que a durabilidade está ligada ao conceito de vida útil que dissertaremos mais adiante, pois estes conceitos reportam a um tratamento completo das seguintes fases da construção:

- Planejamento
- Projeto
- Materiais
- Execução
- Utilização (operação e manutenção)

2.1.2 Vida útil

Concordo com Da Silva (2001) que existe uma proximidade entre os conceitos de vida útil e durabilidade que, às vezes, leva a utilização equivocada dos termos. Pode-se dizer que a vida útil é a quantificação da durabilidade que supõe ser uma qualidade da estrutura. O autor ressalta que a vida útil pode ser entendida como o período de tempo durante o qual a estrutura é capaz de desempenhar bem as funções para as quais foi projetada.

A Associação brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118:2014, em seu item 6.2 e 6.2.1 define vida útil como o período de tempo o qual se mantém

as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde de que atendidos pelo projetista, construtor e contratante , os requisitos de manutenção e reparos previstos em projeto. Este conceito aplica-se à estrutura como um todo ou as suas partes.

Sobre esta questão, a NBR 6118/2014 aponta em seu item 6.2.1 que a vida útil é o período que as estruturas de concreto mantem suas características, desde que obedeça a Inspeção e Manutenção preventiva e o Manual de utilização, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas, apontado nos itens 7.8 e 25.4 da NBR 6118/2014 respectivamente. Sendo necessária também a execução de reparos e danos acidentais decorrentes. Podendo ser considerada a vida útil para a estrutura como um todo ou somente para algumas partes, e tendo valores diferentes para cada local considerado.

Brandão (1998) aponta que, para extensão da vida útil das estruturas, deve ser levado em consideração o tipo de estrutura e sua finalidade. Estruturas permanentes devem ter vida útil mais longa que as provisórias, sendo que, as permanentes devem apresentar vida útil de pelo menos 50 anos. Para caráter provisório a vida útil recomendada é de pelo menos um ano. Assim, fica ao projetista, a responsabilidade de descrever as medidas necessárias para que as estruturas possam atingir o período de vida útil a que elas se destinam, considerando as condições ambientais as quais estão inseridas.

Segundo Medeiros (2011) uma estrutura pode apresentar quatro tipos de vida útil, que são estes:

- Vida útil de projeto: é o período de duração que vai até a corrosão da armadura, podendo ser chamado também de período de iniciação. Nesse período os agentes agressivos ainda não penetrarão por inteiro a superfície a ponto de atingirem a armadura. Sendo assim, mesmo que esses agentes cheguem até a armadura, não significa necessariamente que haverá corrosão importante, no entanto não há restrições para que ela não ocorra. Sendo esse período de 50 anos o adotado para o fator de segurança;

- Vida útil de serviço: é o período de tempo que vai até o instante em que surgem as manchas devido à corrosão das amaduras na superfície do concreto, ou fissuras que são ocasionadas por ataques químicos. A vida útil é alterável de um caso para o outro, pois estão submetidas às exigências ao que foram associadas. Levando em consideração cada caso e cada edificação, algumas situações são inaceitáveis, como manchas de corrosão ou fissuras. Em demais casos apenas o começo da queda de pedaços de concreto, pondo em perigo a integridade de pessoas e bens, isso poderá determinar o tempo do qual se deve estimar o fim a vida útil de serviço;
- Vida útil última ou total: é quando se dá à ruptura ou colapso parcial ou total da estrutura. Ela se dá no momento que há uma restrição significativa da seção rígida da armadura ou uma diminuição da junção armadura/concreto, levando ao colapso parcial ou total;
- Vida útil residual: refere-se ao tempo que a estrutura será capaz de exercer suas utilidades, tendo estipulado uma data aleatória análoga a uma vistoria. Podendo ela ser feita a qualquer momento da vida em uso da edificação. O período de remate, neste caso, pode ser o limite de projeto, a finalização das atividades, limite ruptura, dentre outros, causando três possíveis vidas úteis residuais; uma mais curta, que vai até a corrosão da armadura, a outra até o surgimento de manchas, fissuras ou queda de pedaços do concreto e a outra longa considerada até a corrosão completa que leva o eventual colapso.

2.2 CONCRETO

De acordo com Bastos (2006), o concreto é basicamente o resultado da mistura de cimento, água, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra ou brita) e ar. Pode ainda conter adições (cinza volante,

pozolanas, sílica ativa, etc.) e aditivos químicos que visam modificar ou melhorar suas propriedades básicas.

Bastos e Paulo Sérgio (2006) definem pasta como sendo a mistura do cimento com a água e a argamassa a mistura da pasta com areia, e a mistura da argamassa com a pedra ou brita é denominado concreto.

De acordo com Trindade (2015), para que se tenha um concreto com qualidade, vários fatores devem ser levados em consideração, sendo eles:

- Transporte;
- Lançamento;
- Junta de concretagem;
- Adensamento;
- Cura.

Sobre o transporte, para que não haja redução da trabalhabilidade, como ressecamento da massa ou perda da fluidez, o transporte (tanto de concreteiras como na obra) deve seguir um cronograma, onde o tempo permitido não seja excedido, evitando juntas indesejadas e superfícies sem aderência (TRINDADE, 2015).

De acordo com a ABNT NBR 7212:2012 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento - item 4.5.3, um caminhão betoneira, precisa independentemente da situação do trânsito e da distância entre a central e o local da obra que contratou o serviço, entregar o material que carrega no tempo máximo de 150 minutos.

De acordo com Faria (2016), o concreto deve ser lançado o mais rente permitido de sua posição final na fôrma. Não podendo ser arrastado horizontalmente, pois pode tirar as armaduras e os espaçadores do lugar. Pode também quebrar ou separar a fôrma, se lançado de uma altura muito grande. Sendo necessário ser lançado em camadas, e adensado naquele momento e logo após o começo da aplicação.

Trindade (2015 apud Isaia1988) lista uma série de precauções a serem tomadas durante a execução da junta para evitar ou minimizar os danos que esta causa, segue, na íntegra:

- 1) "A região no qual a concretagem será interrompida, até o próximo volume de concreto ser lançado, deve ser previamente estudada para que se localizem em regiões pouco solicitadas, principalmente ao cisalhamento;
- 2) Cravas barras de aço no concreto velho com objetivo de aliviar os esforços no plano da junta;
- 3) A nata da superfície do concreto velho deve ser removida pelo processo de apicoamento, com objetivo de que a mesma se torne mais rugosa, oferecendo uma maior aderência para a camada seguinte a ser lançada;
- 4) Os locais de maior solitação da junta, que são os pontos de contato entre as camadas, são os mais suscetíveis a passagem de água ou qualquer outro fluído. Para esta situação, é indicado o uso de adesivo estrutural na face da camada que vai receber o concreto fresco, de modo a aumentar a estanqueidade e impermeabilidade".

O adensamento tem como objetivo retirar ou reduzir os vazios do concreto de maneira a aumentar sua resistência mecânica, e dispô-lo na forma sem que haja segregação (TRINDADE, 2015).

Segundo Borelli (2013), a vibração é o método de adensamento mais usado em concretagens de estruturas e baseia-se em submeter o concreto ainda em estado líquido a impulsos acelerados que o tornam mais líquido, ele utiliza a própria água da massa, para reduzir o atrito interno entre as partículas da mistura, transportando-as e possibilitando a saída de ar. O atrito é restabelecido quando à interrupção da vibração. O excesso da mesma pode ser desvantajoso ao concreto, pois o agregado graúdo, que tem densidade maior que a da argamassa, acaba se separando no período da vibração.

De acordo com Goulart (2005) existem cinco tipos de vibradores: internos, externos, de superfície (réguas vibratórias), de rolos vibratórios e mesas vibratórias. Sendo que, cada vibrador é utilizado para cada tipo de necessidade específica, com suas vantagens e desvantagens, alcances e limitações.



Figura 3 - Adensamento do Concreto com vibrador de agulha

Fonte: site C&C

Conforme a ABNT NBR 14931:2004, item 10.1, especifica-se que, enquanto não houver o endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para: evitar a perda de água para superfície exposta, assegurar uma superfície com resistência adequada, assegurar a formação de uma capa superficial durável. Sendo assim, ela cita alguns danos prejudiciais ao concreto em seus primeiros anos de vida, como: mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, bem como choques e vibrações de intensidade que sejam capazes gerar fissuras na massa de concreto ou afetar a sua aderência a armadura.

Quanto a isso, a ABNT NBR 14931:2004, ainda no item 10.1 diz que o endurecimento do concreto pode ser induzido por tratamento térmico ou por aditivo, desde que o mesmo não contenha cloreto de cálcio em seu preparo e seja monitorado, levando sempre em consideração as medidas de proteção

contra a secagem. Não se esquecendo de que o endurecimento deve atingir a resistência característica à compressão, de acordo com a ABNT NBR 12655, igual ou maior que 15 MPA.

A cura do concreto, conforme Trindade (2015 apud Marcelli 2007), compreende impedir a evaporação da água sem que as reações de hidratação do cimento tenham sido feitas, policiando a umidade do local concretado.

Para a cura do concreto, conforme a Engenharia Civil Blog (2012), alguns métodos utilizados são:

- Cura úmida: é preciso conservar a superfície do concreto úmida com administração de água na superfície, conservando-o com a água ou por inteiro submerso a água para dificultar a evaporação da mesma. Pode ser utilizado para conservação da água no concreto o papelão, lonas plásticas ou somente a administração de água tempo a tempo.



Figura 4 - Cura úmida do Concreto com lona

Fonte: Site Meia Colher (2017)

- Cura química: é um produto que constrói uma película na superfície do concreto e impossibilita a evaporação da água do concreto.

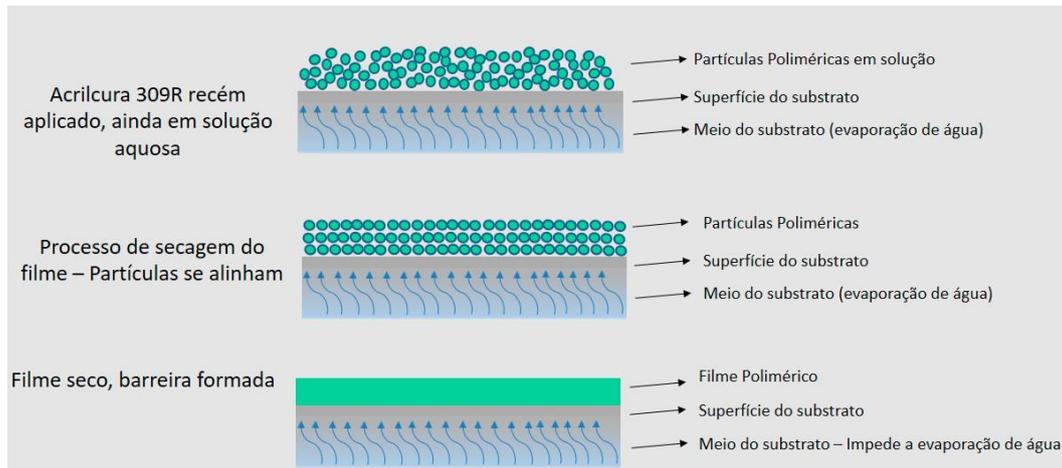


Figura 5 - Cura química do Concreto

Fonte: Site CONSTRUQUIMICA (2018)

- Cura ao ar do concreto: neste caso não há restrições que evitem a evaporação da água, tornando uma cura prematura.



Figura 6 - Cura ao ar do Concreto

Fonte: PET ENGENHARIA CIVIL UFRJ

- Cura térmica: feita em câmaras, auxilia para a melhoria do traço ao mesmo tempo assegura a umidade precisa ao concreto, aumentando a velocidade de alcance de resistência pelo aquecimento. Sendo considerada a cura mais eficaz e é bastante utilizada pelas empresas que fabricam concreto pré-moldado.



Figura 7 - Cura térmica do concreto pré-moldado

Fonte: Site AERCON AAC

2.3 DEFINIÇÕES DE PROJETO E RECOMENDAÇÕES NORMATIVAS RELATIVAS À DURABILIDADE

Sobre a relação entre durabilidade e deterioração da estrutura, Lapa (2008) aponta que esta última tem fortemente associada ao meio em que se encontra a estrutura, e a deterioração pode ocorrer por processos mecânicos, físicos, químicos, biológicos e eletromagnéticos. O autor ressalta que são os três indícios que demonstram o processo de deterioração da estrutura, podendo ser causados separadamente ou concomitantemente: a fissuração, o destacamento e a degradação do concreto.

Quando as edificações se encontram em locais como grandes centros urbanos, industriais e atmosferas marinhas, Andrade (1997) ressalta que, sua degradação é ainda mais preocupante. Portanto, quando há uma pré análise da estrutura em relação à agressividade do ambiente que ela se situa pode ser feita uma preparação juntamente com o projeto para assegurar a sua durabilidade (ANDRADE, 1997).

De acordo com LIMA et al. (2010), o meio ambiente mais agressivo e quem recebe mais atenção pelos pesquisadores é o marinho, onde

os agentes agressivos aceleram o processo de deterioração. Os agentes que se encontram nesses ambientes são químicos, físicos e biológicos, eles diminuem o desempenho do concreto e seus componentes.

Segundo LAPA (2008) a água do mar possui sulfatos que agriDEM o concreto. A cristalização dos sais nas interfaces do concreto leva a degradação da estrutura, por meio da pressão que os cristais salinos exercem no mesmo, isso acontece nos locais acima da superfície, por evaporação. Quando há uma impermeabilização correta, esse fato não acontece, pois a água não irá penetrar no concreto.

Outro fato a ser lembrado é que a água do mar não provoca a expansão do concreto, ao contrário da subterrânea. Esse fato se dá pela presença dos cloretos na água do mar, que restringem a expansão, pois o gesso e o sulfo-aluminato de cálcio são mais solúveis em soluções de cloretos ao contrário da água, sendo assim são lixiviados pela água do mar (LAPA, 2008).

Segundo LIMA et al. (2010), a corrosão das armaduras é a patologia mais grave que pode ocorrer no concreto armado, pois, quando os agentes agressivos chegam a armadura começa um processo de enfraquecimento do aço, prejudicando fortemente o desempenho do elemento estrutural. O autor é bem claro em seus argumentos, indicando que os agentes agressivos só chegam a armadura se houver fissuração no elemento estrutural ou revestimento insuficiente para proteção do aço.

ANDRADE (2001) relata que agentes agressivos são levados pelo vento por quilômetros de distância e são depositados em superfícies estruturais, sendo assim, os elementos estruturais devem ser projetados de forma a evitar a fissuração excessiva e com revestimentos suficientes para sua proteção.

LIMA et al. (2010) destaca também os agentes agressores das estruturas de concreto, podem fixar-se nas estruturas, causando desgaste superficial ou aumento de peso na estrutura, o que pode levar a fissuração, pois com aumento das cargas os esforços também aumentam, esforços extras que não foram previstos em projeto.

Sobre o ambiente em que a estrutura de encontra, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118:2014, em seu item 6.4.2, define quatro classes, denominadas classes de agressividade ambiental, e determina o seguinte:

“...nos projetos das estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Tabela 2 e pode ser avaliada, simplificadamente, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes”.

A tabela 2 abaixo traz as indicações da ABNT NBR 6118:2014 sobre as 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 microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço 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 (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias decelulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Tabela 2 - Classes de agressividade ambiental

Fonte: (Tabela 6.1 – da NBR 6118)

Definida a CAA onde se encontra a estrutura, a ABNT NBR 6118:2014, aponta que o projetista deve determinar a qualidade do concreto e os cobrimentos mínimos para proteção das armaduras. Destaco abaixo, na íntegra, o item 7.4 e 7.4.2 da ABNT NBR 6118:2014:

“...durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura.

“Ensaio comprobatório de desempenho da durabilidade da estrutura frente ao tipo e nível de agressividade previsto em projeto devem estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos. Na falta destes e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite-se adotar os requisitos mínimos expressos na tabela 7.1 desta norma.”

Apresentamos abaixo as tabelas 7.1 e 7.2 da ABNT NBR 6118:2014; a primeira indica as resistências mínimas à compressão do concreto adotado e sua relação água/cimento e a segunda apresenta os cobrimentos mínimos a serem adotados para proteção das armaduras.

Concreto	Tipo	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
NOTAS					
1. O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.					
2. CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.					
3. CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Fonte: (Tabela 7.1 – da NBR 6118)

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 argamassas 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, respeitando 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

Tabela 4- Correspondência entre classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal

Fonte: (Tabela 7.2 – da NBR 6118)

A ABNT NBR 6118:2014 em seu item 7.6.1 indica que o risco e a evolução da corrosão da armadura estão ligados à abertura de fissuras e dependem essencialmente da qualidade do concreto e do cobrimento da armadura.

Sobre a abertura de fissuras, a ABNT 6118:2014, indica em seu item 13.4.2 os limites para a fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade das estruturas em concreto, indicando que a abertura máxima característica w_k das fissuras não podem exceder valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm, conforme a tabela abaixo:

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviços a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	-
Concreto armado	CAA I	$ELS-W w_k \leq 0,4mm$	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	$ELS-W w_k \leq 0,3mm$	
	CAA IV	$ELS-W w_k \leq 0,2mm$	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré - tração com CAA II ou Pós - tração com CAA I e II	$ELS-W w_k \leq 0,2mm$	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré - tração com CAA II ou Pós - tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré - tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1)

NOTAS

- 1.As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2
- 2.Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.
- 3.No projeto lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

Tabela 5- Exigências de durabilidade relacionadas a fissuração e a protensão de armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Fonte: (Tabela 13.3 – da NBR 6118)

Sendo assim, a ABNT 6118:2014 e vários autores como Helene (2014), Andrade (1997) e Lima (2010) concordam que a qualidade do concreto é fundamental para durabilidade das estruturas em concreto armado, sendo necessário seguir critérios definidos em projeto para execução, utilização e

manutenção dos elementos estruturais. Nesse sentido, passamos a tratar agora destes itens.

2.4 EXECUÇÃO E A DURABILIDADE

Conforme a EngeskEngenharia (2016) a execução de uma obra vai muito além de visitas periódicas ao canteiro para se assegurar que as técnicas e materiais corretos estão sendo empregados.

Helene (2014) ressalta que iniciada a execução, qualquer mudança feita no projeto já aprovado, provocara em um custo cinco vezes superior ao custo que demandaria se fosse previsto na fase de projeto, para atingir o mesmo nível final de durabilidade ou vida útil da estrutura.

Helene (2014) aponta ainda um fato que acontece muito na execução dos projetos, a redução da relação água/cimento com o intuito do aumento da durabilidade. O autor destaca que, esse tipo de conduta prejudica todo o trabalho realizado na fase da elaboração do projeto, pois a alteração da relação água cimento está diretamente relacionada a resistência do concreto e o módulo de elasticidade, quando modificados leva a um novo cálculo da estrutura.

Conforme a ABNT NBR 14931:2004 citado no item 1 - Execução de estruturas de Concreto- Procedimentos - alguns requisitos devem ser considerados quanto à execução de obras em estruturas de concreto. Os projetos para serem executados devem ser baseados em projetos de estrutura e fundação, todos documentados e conforme a norma dita. A norma disponibiliza também todos os critérios quanto aos materiais, controle de obra, sistemas de fôrmas, armaduras, concretagem, cura e retirada de fôrmas e escoramentos, entre outros; para que haja uma boa qualidade do concreto e uma maior durabilidade da estrutura.

Brandão (1998) discorre que, no decorrer da fase de construção, alguns critérios como a qualidade da execução devem ser rigorosamente

levados em consideração sendo necessárias especificações documentadas, sendo esse processo relevante em relação à qualidade do concreto e nas proporções alcançadas na estrutura, como por exemplo, o cobrimento.

Visto que deve ser considerada a durabilidade da estrutura, Brandão (1998) ressalta que, são necessárias precauções quanto à execução da obra, de forma a alcançar uma qualidade adequada, especialmente no momento do lançamento, adensamento e à cura do concreto. Os métodos de gestão devem levar em consideração o tipo, complexidade e sensibilidade da estrutura, o grau de agressividade do ambiente e também conhecimento e capacidade do construtor.

Se mal executado o adensamento, seu resultado pode não ser o mais desejado, por ter alto índice de vazios fazendo com que o concreto se torne altamente poroso. No caso da cura, se for insatisfatória, produzirá baixo grau de hidratação do cimento, principalmente na superfície, aumentando a permeabilidade do concreto da superfície e resultando em uma peça de baixa durabilidade. Sendo assim, pode se entender que a permeabilidade está relacionada à interligação dos poros, e ela irá variar para mais ou para menos dependendo do grau de hidratação do cimento. (BRANDÃO, 1998)

Caso haja aumento da porosidade e conseqüentemente alteração na permeabilidade do concreto, haverá uma invasão de substâncias nocivas, tornando assim o concreto ou o aço um alvo de fácil ataque para a deterioração (BRANDÃO, 1998).

2.5 O TRIPÉ MEIO AMBIENTE, DURABILIDADE E VIDA ÚTIL

Vários autores como (MEHTA, 1993; SILVA FILHO, 1994) apontam que existem dois fatores básicos que controlam a questão da durabilidade das estruturas; o concreto em si, como material composto e, desta forma, heterogêneo, e as condições do meio ambiente circundante das estruturas. Ambos os fatores exercem um tipo de influência na durabilidade.

A resistência da estrutura de concreto à ação do meio ambiente e ao uso dependerá, no entanto, da resistência do concreto, da resistência da

armadura, e da resistência da própria estrutura. Qualquer um que se deteriore, comprometerá a estrutura como um todo. (MEDEIROS 2011)

Portanto, de acordo com Medeiros (2011), hoje é conveniente e indispensável uma separação nítida entre os ambientes preponderantemente agressivos à armadura dos ambientes preponderantemente agressivos ao concreto, assim como identificar projetos de arquitetura e detalhes estruturais que aumentem a “resistência” da estrutura ao meio ambiente.

Medeiros (2011) afirma que o conhecimento da durabilidade e dos métodos de previsão da vida útil das estruturas de concreto é fundamental para:

- Auxiliar na previsão do comportamento do concreto em longo prazo - o conceito de vida útil é introduzido no projeto estrutural de forma análoga ao de introdução da segurança;
- Prevenir manifestações patológicas precoces nas estruturas- esse conhecimento é fundamental para reduzir riscos de fissuras excessivas, corrosão das armaduras, expansões e outros problemas nas estruturas;
- Contribuir para a economia, sustentabilidade e durabilidade das estruturas sempre lembrando que fazer uma boa engenharia significa manejar bem custos, técnica, recursos humanos e respeito ao meio ambiente. (Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto, CAP. 22).

Conforme Medeiros (2011) a vida útil, entende-se por período de tempo no qual a estrutura é capaz de desempenhar as funções para as quais foi projetada. No caso de deterioração da estrutura por corrosão das armaduras, podem-se distinguir pelo menos três situações:

- a) Período de tempo que vai até a despassivação da armadura, normalmente denominado de período de iniciação. A esse período de tempo pode-se associar a chamada vida útil de projeto. Normalmente corresponde ao período de tempo necessário para que a frente de carbonatação ou a frente de cloretos atinjam a armadura. O fato da região carbonatada ou de certo nível de

cloretos atingir a armadura e teoricamente despassivá-la, não significa que necessariamente a partir desse momento haverá corrosão importante. Esse período de tempo, no entanto, é o período que deve ser adotado no projeto da estrutura, a favor da segurança.

- b) Período de tempo que vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou ocorrem fissuras no concreto de cobrimento, ou ainda quando há o destacamento do concreto de cobrimento. A esse período de tempo associa-se a chamada vida útil de serviço ou de utilização. É muito variável de caso a caso, pois em certos locais é inadmissível que uma estrutura de concreto apresente manchas de corrosão ou fissuras. Em outros casos somente a queda de pedaços de concreto, colocando em risco a integridade de pessoas, pode ser considerado o momento a partir do qual se deve considerar terminada a vida útil de serviço.
- c) Período de tempo que vai até a ruptura e colapso parcial ou total da estrutura. A esse período de tempo associa-se a chamada vida útil última ou total. Corresponde ao período de tempo no qual há uma redução significativa da secção resistente da armadura ou uma perda importante da aderência armadura/concreto, acarretando o colapso parcial ou total da estrutura. (MEDEIROS, 2011).

2.6 O PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Segundo Amorim (2015), a degradação do concreto pode ser definida como a deterioração da peça que passa por algum tipo de processo, geralmente químico, mas também pode ser mecânico ou físico. Podendo ser citado o processo eletroquímico, que tem como exemplo a corrosão em armaduras. Os processos químicos e físicos são capazes de afetar a

durabilidade do concreto, como acontece no caso do transporte pelos poros por difusão e sucção capilar, e a existência de água.

A corrosão em armaduras é o fator mais notado na degradação do concreto, que é a composição de um eletrólito sobre o exterior do aço, só sendo possível quando há umidade no concreto, podendo ser reconhecida antes mesmo da utilização da armadura, que está no canteiro de obras. Quanto mais conhecimento o executor tem sobre esses fatos, maior é a probabilidade de não ocorrer à degradação das peças de concreto (AMORIM, 2015).

São necessárias vistorias para detectar as anomalias de acordo com Lapa (2008), podendo ser feitas com testes simples. Após detectar essas causas físicas elas são divididas em categorias:

- Desgaste superficial ou perda de massa devida à abrasão, à erosão e à cavitação;
- Abrasão: Atrito seco juntamente com a perda gradual da argamassa superficial e de parte dos agregados; por ser bastante comum nos pavimentos ela é classificada conforme sua profundidade de desgaste leve a desgaste severo.
- Erosão: desgaste da superfície terrestre pela ação mecânica e química da água corrente, das intempéries ou de outros agentes geológicos, este é o seu significado técnico. Podemos dizer então que em ambiente aquífero a erosão é também conhecida como lixiviação, sendo ela dependente da porosidade e resistência do concreto e de outros fatores que se não estiverem de acordo irá se deteriorar e provocar um desgaste na superfície do concreto.
- Cavitação: ela causa desgaste desigual na superfície do concreto, dando uma aparência irregular e gasta, oposto das superfícies desgastadas de forma regular pela erosão de sólidos em suspensão.
- Fissuração, devidas a gradientes normais de temperatura e umidade, à pressões de cristalização de sais nos poros, à carregamento estrutural e à exposição a extremos de temperaturas, tais como congelamento ou fogo.

As causas químicas da deterioração do concreto são divididas em três grupos:

- Hidrólise dos componentes da pasta de cimento por água pura;
- Trocas iônicas entre fluidos agressivos e a pasta de cimento;
- Reações causadoras de produtos expansíveis, tais como expansão por sulfatos, reação álcali- agregado e corrosão da armadura no concreto.

A corrosão conforme ROCHA (2015) é um ataque prejudicial de natureza predominantemente química ou eletroquímica, que acontece em ambiente aquoso. Ela está relacionada a reações mecânicas ou físicas, sendo a corrosão eletroquímica formada por óxidos/hidróxidos de ferro. A sua ocorrência se dá quando há formação de uma película de eletrólito sobre o exterior dos fios ou barras de aço, esse fator acontece pela existência de umidade no concreto, sendo exceção situações especiais como estufas ou ambientes de baixa umidade relativa. Essa forma de corrosão é também causadora do ataque que as armaduras sofrem antes de seu uso, quando ainda estão guardadas no canteiro de obras. Sendo essa a corrosão que o engenheiro civil deve notar e importar-se, para que não gere problemas futuros e não seja necessário sanar depois que a obra já tiver sido iniciada.

Segundo HELENE (1993 apud ANDRADE 2001), a armadura quando está no interior do concreto ela se encontra conservada da corrosão em virtude da alta alcalinidade que ele possui (pH entre 12,7 e 13,8). Tendo esse nível de pH o material possui uma composição de uma camada de óxido sub-microscópica inativa, concentrada e adesiva de $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ sobre a face da armadura. Esse revestimento previne de qualquer tipo de corrosão, contando que o pH se mantenha equilibrado. Tendo em vista que se ocorrer a penetração de agentes agressivos como CO_2 , Cl^- o pH será alterado podendo ocorrer corrosão de forma pontual ou generalizada.

2.7 MODELOS DE PREVISÃO DA VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

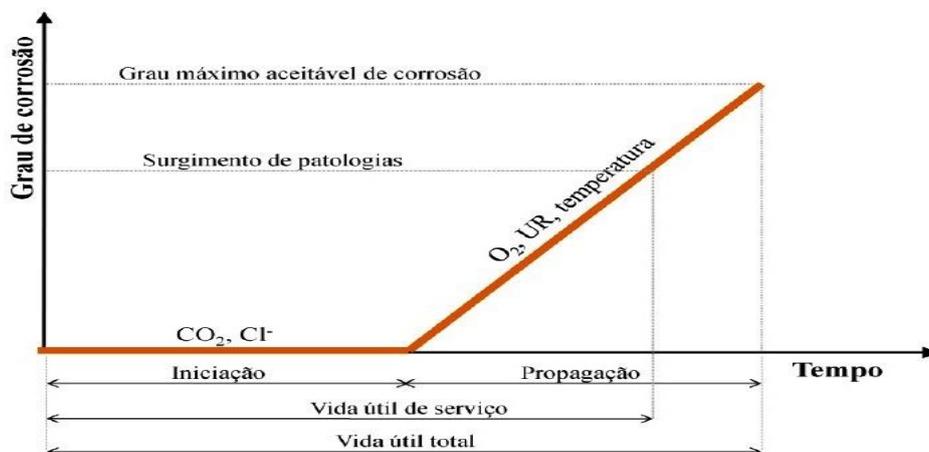


Gráfico 2 - Modelo teórico de vida útil

Fonte: TUTTI³, 1982 apud HELENE, 1993, p.48

O período de iniciação corresponde ao tempo necessário para que a frente de carbonatação ou à frente de cloretos atinja a armadura. O fato da despassivação da armadura ter ocorrido não necessariamente implica que haverá corrosão significativa do aço. No entanto, HELENE (1993, p. 49) recomendada que o final desse período seja adotado como fim da vida útil do projeto.

HELENE (1993, p. 50) apresenta graficamente os conceitos de vida útil anteriormente exposto, tomando por base as duas principais fases do modelo proposto por TUTTI (1982 apud HELENE, 1993, P. 48) e a perda de desempenho da estrutura. (SHIMOMUKAY, ROSENAE; 2011).

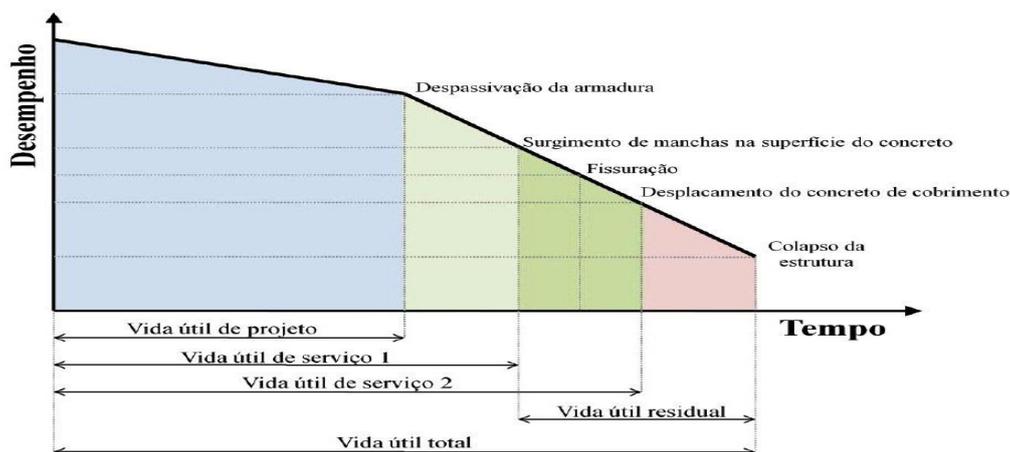


Gráfico 3 - Conceito de vida útil tomando-se por referência a corrosão da armadura

Fonte: adaptado de HELENE, 1993, p. 50

2.8 UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO

Quando se trata da utilização, MAYS (1992) afirma que é principalmente na etapa de utilização da estrutura que danos provocados pelas manifestações patológicas começam a ser mais evidentes, ocasionando assim uma grande elevação dos custos nas edificações.

Conforme Andrade (1997) para que o conjunto manutenção e utilização atuem ao longo da vida útil da estrutura, é necessário que se faça tudo com muito cuidado, pensando não somente na obra, mas também na utilização da estrutura posteriormente.

Nesse sentido, Andrade (1997) aponta que a visão imediatista das construtoras faz com que as mesmas não desenvolvam planos de manutenção adequados, e tais atividades ficam, na maioria das vezes, a cargo dos proprietários das obras, que por sua vez contratam profissionais que não possuem um conhecimento técnico adequado para a resolução de tais problemas.

PERKINS (1986) afirma que é fora da realidade se esperar que uma estrutura se mantenha como nova sem nenhuma atividade de manutenção durante a sua vida útil. No caso específico das estruturas de

concreto, considerando toda a edificação, são aplicados diversos materiais com composições próprias, (juntas de concretagem, elementos de drenagem, conexões, instalações, entre outros) que tem vida útil de serviço diferenciada.

De acordo com CEB (1992) antes mesmo da entrega da obra deve-se realizar uma inspeção inicial e se preparar um manual de manutenção, para que as atividades especificadas no mesmo sejam desenvolvidas durante a vida útil das edificações.

O diagrama abaixo, de Rabbani (2012) indica a influência da manutenção no prolongamento da vida útil da edificação. Observando-a, compreende-se que, se houver manutenções regulares para reaver o nível de desempenho de certo material, pode-se prorrogar o tempo de vida útil deste, devido à prorrogação do tempo para que se ganhe o nível mínimo de desempenho considerável.

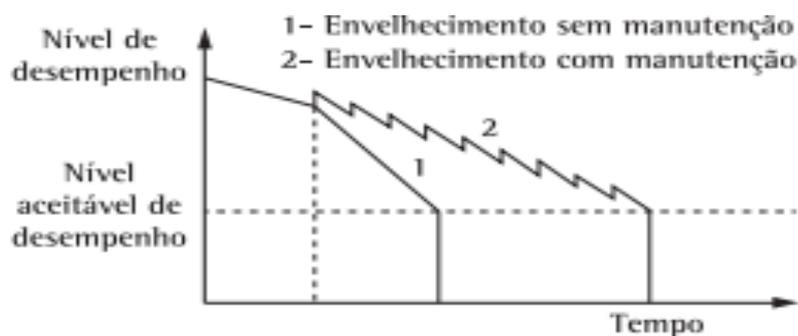


Figura 1. Influência da manutenção na durabilidade dos materiais. Fonte: Marcelli (2007).

Gráfico 4 - Influencia da Manutenção na durabilidade dos materiais

Fonte: Marcelli (2007 apud Rabbani 2012)

Castro (1994) acredita que é necessária a conscientização sobre a importância da manutenção para que as estruturas exerçam as funções para as quais foram projetadas. Por isso, mesmo em estruturas bem projetadas, o conceito de vida útil não deve ser esquecido, pois isso garantira uma manutenção adequada.

Villanueva (2015) acredita que é importante entender que existem diversas formas de classificação dos tipos de manutenção, as quais apresentadas a seguir.

- Manutenção Corretiva

De acordo com Villanueva (2015) a primeira estratégia a ser utilizada pelos profissionais foi à manutenção corretiva, que por teoria só seria reparada quando não houvesse mais condições de utilizá-la. Sendo considerada a forma mais cara de manutenção comparada as outras do sistema.

De forma técnica NBR 5674:2012 no item 6.4, define Manutenção Corretiva como sendo reconhecida por atividades que exigem atuação constante, permitindo assim a continuidade da utilização do sistema, unidade ou componentes das edificações, ou impedir graves riscos ou danos pessoais e/ou propriedades aos seus usuários ou proprietários.

De acordo com Marques (2010) a manutenção corretiva se divide em duas formas diferentes

- a) Manutenção corretiva planejada: reparo que se faz utilizando a orientação preditiva, detectiva ou pela escolha do administrador em não dar manutenção até que o sistema esteja falho. Para que haja sucesso deve haver estudos técnico-financeiros. A escolha por este tipo de método é tomada, pois no equipamento ou componente específico a despesa será inferior do que quando utilizado outros métodos.
- b) Manutenção corretiva não planejada: reparo das falhas quando necessário, ou seja, a manutenção agindo no momento do colapso do equipamento. Sendo assim, é utilizada sempre que o equipamento apresenta defeito, não sendo previsto a falha, levando em conta os fatores técnicos e econômicos.

- Manutenção Preventiva

De acordo com Rabbani (2015), a manutenção preventiva opera previamente ao acontecimento do problema, para que não seja necessário remendo. Sendo considerada uma antecipação de maiores problemas futuros nos componentes e equipamentos que possam vir afetar seu desempenho.

Segundo Martins (2008 apud Villanueva, 2015) a manutenção preventiva simboliza um conjunto de atividades que tem o intuito de impedir deslizes nas instalações, comprometendo seu desempenho. Ela necessita que o sistema lhe dê informações em relação a edificação, como os dados do fabricante, histórico de manutenção e avaliações das instalações que são essenciais para que o sistema rode, esses dados são obtidos a partir de rotinas periódicas e vistorias de inspeção predial.

Conforme a ABNT NBR 5674:2012 item 7.2 Manutenção Preventiva é descrita por serviços cuja efetuação seja planejada com antecedência, colocando em primeiro lugar a rogativa do usuário, estimativas da durabilidade prevista dos sistemas, elementos ou partes das edificações em uso, gravidade e urgência, e parecer de verificações periódicas sobre suas condições de desgaste.

Araújo e Santos (2015), pautam como benefícios, da Manutenção Preventiva a redução do número total de condutas corretivas, limitando o custo da corretiva; a grande minoração do número de condutas corretivas ocorrendo em momentos impróprios como, por exemplo: em períodos noturnos, em finais de semana, durante períodos críticos de formação e disposição; além do progresso considerável da taxa de utilização anual dos sistemas de formação e de disposição.

- Manutenção Preditiva

Segundo Gomide (2006 apud RABBANI 2015) a manutenção preditiva estuda sistemas e equipamentos, com o objetivo de analisar a conduta e aplicação, com a intenção de prever e expor eventuais danos além de orientar e realizar os processos de manutenção preventiva.

O aspecto econômico desse tipo de manutenção, de acordo com Assis (2010 apud Villanueva 2015), a manutenção preditiva estima pela redução de intervenções, planejando tarefas distintas de manutenção apenas quando forem indispensáveis, limitando a um mínimo custo de manutenção. Com monitoramento constante dos estados reais dos sistemas e seu desempenho, e com a utilização de sistemas e dispositivos específicos, o método certificará o intervalo máximo das ações de manutenção e diminuirá as interrupções não programadas.

De acordo com Villanueva (2015), a PINI Serviços de Engenharia fez um estudo com o objetivo de quantificar uma possível economia na utilização da manutenção preditiva, a partir dos conhecimentos adquiridos, a revista concluiu que a economia composta pela utilização de processos de gestão de Manutenção Preditiva não será inferior a 30%.

- Manutenção Detectiva

A manutenção detectiva tem por finalidade investigar a causa da adversidade e falhas que levaram a sua análise, contribuindo para programas de manutenção. Também é conhecida como engenharia de manutenção ou manutenção proativa (RABBANI, 2015).

Kardec e Xavier (2001) afirmam que para o reconhecimento de falhas camufladas é fundamental para atestar a segurança. ” [...] O que distingue a manutenção preditiva da manutenção detectiva é o grau de automatização. “

Já de acordo com Pinto & Xavier (2001apud Villanueva, 2015) a manutenção detectiva é o procedimento realizado em sistemas de proteção rastreando falhas ocultas ou não nítidas a equipe de operação e manutenção. Destaca-se por facilitar a detecção e correção dos erros, conservando o sistema operando. Seu valor aumenta a cada dia, por ter maior eficácia na operação de seus sistemas.

Com isso, Villanueva (2015) afirma que, a manutenção detectiva é ação que investiga as razões de erros e contratemplos, com o intuito de dar assistência aos planos de manutenção. Ele detecta todas as imperfeições, e não deixa que o problema se repita, evitando chegar à manutenção preditiva. Um dos grandes inconvenientes na inserção da Manutenção Detectiva é a definição da periodicidade das verificações. Pois o intuito é detectar erros ocultos de equipamentos que falham eventualmente.

2.8.1 Manutenção incorreta ou falta de manutenção

De acordo com Oliveira (2013) apud Souza e Ripper (1998), a falta de manutenção pode causar graves falhas patológicas, inclusive levar a estrutura a ruína. Segundo os mesmos, os sintomas patológicos causados pela ausência de manutenção ou a realização impropria desta, tem seu início na falta de conhecimento técnico e desleixo dos proprietários.

Oliveira (2013) apud Dal Molin e Campagnolo (1989), dizem que é irrevogável a necessidade de manutenção da impermeabilização das estruturas, já que com o passar dos anos a mesma se deteriora. Caso a manutenção não ocorra, isto levará a falhas na impermeabilização e conseqüentemente ao processo corrosivo da armadura e do concreto.

3 CONCRETO ARMADO: PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E RECOMENDAÇÕES QUANTO À DURABILIDADE

Neste capítulo abordaremos as principais manifestações patológicas que ocorrem nas estruturas em concreto armado e as recomendações para evitá-las. Iniciamos este estudo com a seguinte questão:

3.1 O QUE SÃO MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS?

De acordo com Oliveira (2013) 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.

Oliveira (2013) indica que o surgimento de problemas patológicos, excluindo casos excepcionais, ocorre apresentando características externas, podendo assim entender sua origem e quais são as manifestações dessa falha, e desse modo determinar quais suas possíveis implicações. O aparecimento dos problemas patológicos só surge após o início da execução, na última etapa da construção. É aconselhável que se corrija o problema patológico assim que o mesmo surge, pois os riscos são menores e a execução torna-se mais fácil, além de ser mais barato se solucionado de imediato.

De acordo com Nadalini (et al., 2017) são diversas as origens das patologias, podendo ser falhas no projeto ou a execução das estruturas podem estar relacionadas com o desempenho e durabilidade ou pelo desgaste natural da mesma que está relacionado a vida útil.

Segundo Ferreira (2016 apud MEDEIROS, et al 2011) a maioria das causas ocorrem no aço, sendo ela a parte mais vulnerável do concreto atingida pelo meio ambiente, por isso deve ser feito o cobrimento, que se trata de uma espessura de concreto que garante a proteção dos agentes

agressores, e se bem executado alcançará o desempenho adequado para a estrutura. Por isso deve ser estudado o local em que a estrutura será feita, podendo assim classificar a agressividade do ambiente.

Élvio Piancastelli (2016), fala que outro fator patológico são as fissuras, elas são causadas por retração hidráulica, recalques estabilizados e juntas de concretagem mal executadas. Classificadas como inativas e ativas, elas são distintas em sua forma de tratamento. As inativas podem ser entendidas pelo excesso de esforço exercido durante uma tentativa de reforço feito na estrutura, já as fissuras ativas atuam como 'juntas naturais' da estrutura, precisando ser cuidada como tal. "As causadas por variação de temperatura são o exemplo típico" diz ele, acrescentando que a regra geral é: "se o agente causador da fissura não mais atua, ela pode ser tratada como inativa, caso contrário, como ativa". Por outro lado, considerando apenas o aspecto de comportamento do reparo, qualquer fissura pode ser tratada como ativa.

3.2 PLANEJAMENTO E PROJETO

3.2.1 Origem do problema

De acordo com Silva (2011), podem ocorrer diversas falhas na fase de concepção da estrutura, podendo aparecer durante o estudo preliminar, na fase de anteprojeto ou no projeto executivo.

Destaco abaixo, na íntegra, uma lista de problemas originados na etapa de elaboração do projeto, segundo Silva (2011):

- 1) "Má definição das ações atuantes ou combinação mais desfavorável para a estrutura;
- 2) Deficiência na avaliação de resistências do solo, podendo levar, por exemplo, a recalques inesperados ao longo da construção e nos primeiros anos de vida da edificação;
- 3) Adoção de peças com espessura de cobrimento e relação água/cimento incompatíveis com tempo e as condições de exposição da estrutura;
- 4) Especificação inadequada de materiais;

- 5) Dimensionamento que leva a grandes deformações na estrutura, levando ao surgimento de fissuras (peças esbeltas e utilização de grandes vãos);
- 6) Utilização de juntas estruturais sujeitas à infiltração de água, próximas aos elementos estruturais;
- 7) Falta de compatibilização entre os projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, entre outros);
- 8) Detalhes construtivos impossíveis de serem executados.

3.2.2 O que pode ser feito?

De acordo com Santos (2014), os bloqueios técnicos e o custo para reparar um problema patológico, gerado a partir de uma falha de projeto, estão associados com a agilidade com que essa falha é reparada. Uma falha gerada no estudo preliminar requer uma solução bem mais complexa que uma que possa ocorrer na fase de projeto.

Em contrapartida, nota-se que as prováveis causas de falhas obtidas durante a etapa de projeto, são originadas de um estudo preliminar deficiente ou de anteprojetos errados, o que colabora para o encarecimento da construção, ou por transtornos na utilização da obra. Falhas geradas no final da realização do projeto, geralmente são as responsáveis pelo aparecimento de problemas sérios, tais como: projetos inapropriados; falta de compatibilidade entre a estrutura e a arquitetura e demais projetos civis; especificação inadequada de materiais; detalhamento insuficiente ou errado; erros de dimensionamento. (SANTOS, 2014).

Podemos ainda neste tópico, citar um exemplo recente de “falta de planejamento” em obra; no dia 15 de fevereiro de 2018, parte da Ciclovia Tim Maia desabou no Rio de Janeiro.

Segundo AEC web, com colaboração técnica de Mascarenhas (2018), o desabamento de parte da pista da ciclovia Tim Maia, no Rio de Janeiro, é um sinal de alerta à engenharia brasileira. Para o engenheiro Gilberto Mascarenhas Barbosa do Valle, membro da diretoria da Associação Brasileira de Pontes e Estruturas (ABPE), apesar de ser difícil prever uma ressaca intensa como a sucedida naquele ponto da Avenida Niemeyer, a

realização de estudos prévios aprofundados poderia ter evitado o acidente: “O responsável pelo projeto básico teria que providenciar pesquisas que detalhassem o efeito do mar na estrutura”, complementa.

Relatórios enviados ao Tribunal de Contas do Município (TCM) pela Fundação Instituto de Geotécnica – GEO- Rio, órgão da Secretaria Municipal de Obras, podem esclarecer parte do problema. Esses documentos mostram que os cálculos estruturais levavam em conta que ondas de até cinco metros chegassem aos pilares, que permaneceram intactos após o acidente. O que os projetistas não previram foi que a água, ao se chocar com a encosta, pudesse ganhar energia e alcançar a pista da ciclovia Tim Maia com força muito maior.



Figura 8 - Ciclovia Tim Maia desaba no Rio de Janeiro

Fonte: Brasil ao Minuto

Peritos do Instituto de Criminalística Carlos Éboli (ICCE) chegaram à conclusão de que a pista estava solta sobre os pilares. Para Mascarenhas, no entanto, não se trata de erro primário, já que até agora ninguém pôde citar o valor do esforço que deveria ter sido considerado no projeto sobre a estrutura, nem como se chegar a esse número.

Mascarenhas (2018) lembra que, durante o período de execução da obra, os responsáveis pela mesma e a equipe de fiscais estiveram por 18 meses na região onde o acidente aconteceu e nenhum movimento do mar foi constatado para que suspeitassem de que algo pior pudesse acontecer.

O que poderia ser feito para evitar o acidente?

De acordo com Mascarenhas, além da realização de estudos mais aprofundados, também existiam outras opções, como: a execução de um difusor ou similar.



Figura 9 - Ciclovia do rio inaugurada em janeiro desabou após ser atingida por uma onda

Fonte: Nexo Jornal

3.3 RECEBIMENTO DE MATERIAIS (CONCRETO)

3.3.1 Origem do problema

De acordo com Silva (2011), quando se trata do cimento, seus aspectos físicos devem ser controlados, sendo estes:

- Início e fim da pega;
- Finura;
- Resistência à compressão;
- Calor de hidratação;
- Expansibilidade;
- Etc.

Ao tratar dos agregados, além de atentar-se à análise mineralógica e química do material, é de suma importância observar as características físicas do mesmo, tais como, distribuição granulométrica e formato dos grãos. (SILVA, 2011 apud ANDRADE & SILVA, 2005).

Silva (2011) também atenta para a análise da água, já que aspectos como contaminação por cloretos, sulfatos, teor do pH, entre outros, podem comprometer o funcionamento do concreto ao longo de sua vida.

Finalmente, ao se tratar de concreto armado, é indispensável o controle da armadura, verificando o limite de resistência, patamar de escoamento, alongamento mínimo e tolerâncias de desbitolamento e dobramento. (SILVA, 2011)

3.3.2 O que pode ser feito? – Norma 12655/2006

3.3.2.1 Armazenamento dos materiais componentes do concreto

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12655/2006 em seu item 5.3, os materiais componentes do concreto devem permanecer armazenados e separados fisicamente na central de dosagem ou na obra, desde o instante do recebimento até a mistura. Todos os componentes devem estar identificados quanto à classe ou graduação de cada procedência durante o armazenamento. Os documentos que comprovam as

características e origem dos materiais devem ser arquivados de acordo com a legislação vigente.



Figura 10 - Armazenamento de cal, cimento, argamassa e gesso

Fonte: Blog compensados e madeirite

AREIA E BRITA



Figura 11 - Armazenamento de areia e brita

Fonte: Blog compensados e madeirite

AÇO



Figura 12 - Armazenamento de aço

Fonte: Blog compensados e madeirite

3.3.2.2 Ensaio de controle de aceitação

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12655/2006 em seu item 6, para cada classe e tipo de concreto que fará parte de uma estrutura, devem ser realizados ensaios de controle e ensaios de determinações para controle das propriedades especiais, previstos nesta norma.

Ensaio de consistência

A Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12655/2006 em seu item 6.1, cita que devem ser realizados ensaios de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme a ABNT NBR NM 67 ou pelo espalhamento na mesa de Graff, conforme ABNT NBR NM 68.

Para o concreto preparado pelo executante da obra, devem ser realizados ensaios de consistência sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

- a) Na primeira amassada do dia;
- b) Ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2h;
- c) Na troca dos operadores;
- d) Cada vez que forem moldados corpos-de-prova.

Para o concreto preparado por empresa de serviço de concretagem, devem ser realizados ensaios de consistência a cada betonada. (NBR 12655/2006)

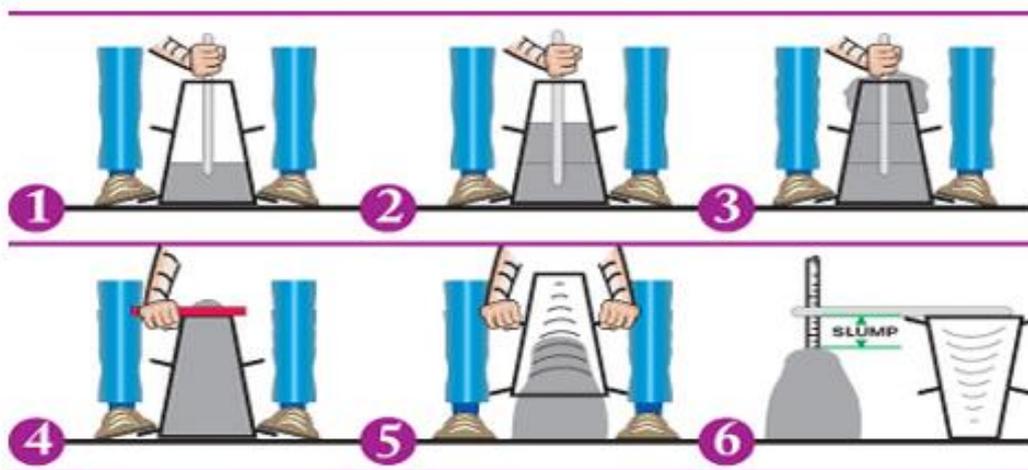


Figura 13 - Slump Test

Fonte: Clube do Concreto

Ensaio de resistência à compressão

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12655/2006 em seu item 6.2, os resultados dos ensaios de resistência realizados em amostras formadas como descrito a seguir, devem ser utilizados para aceitação ou rejeição dos lotes.

A amostragem do concreto para ensaios de resistência a compressão deve ser feita dividindo-se a estrutura em lotes que atendam a todos os limites da tabela abaixo. De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle. (NBR 12655/2006).

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem 1*	
1* Este período deve estar compreendido no prazo total máximo de 7 dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.		

Tabela 6: Valores para a formação de lotes de concreto

Fonte: (Tabela 7 – NBR 12655/2006)



Figura 14 - Ensaio de Resistência a Compressão

Fonte: ResearchGate.net

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 12655/2006 em seu item 6.2.2, as amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a operação de concretagem. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos-de-prova da mesma amassada, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. Torna-se como resistência do exemplar o maior dos valores obtidos no ensaio do exemplar.

3.4 ETAPA DE EXECUÇÃO

3.4.1 Origem do problema

Para Silva (2011) apud Souza e Ripper (1998), a etapa de execução da estrutura dá origem a grande parte dos problemas patológicos. Os erros aparecem, sobretudo, devido ao processo de produção que muitas vezes reflete problemas socioeconômicos, provocando a baixa qualidade técnica de trabalhadores menos qualificados. A falta de uma fiscalização competente e falta de gestão de equipes, podem levar a graves falhas em certas atividades,

como por exemplo, escoramentos, fôrmas, posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, e outras.

As principais fases e aspectos a serem avaliados, são, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura. Vale lembrar que os erros de concretagem ignoradas ou não reparadas, podem ter sérias consequências à estrutura. Também devemos ter cuidado quando à armação dos elementos estruturais, como disposição correta da ferragem, quantidade e diâmetro nominal das barras, execução do cobrimento. (SILVA, 2011).

Por último, Silva (2011) lembra que, o não atendimento desses parâmetros leva à perda da capacidade resistente e, em casos extremos pode levar a estrutura ao colapso.



Figura 15 - Igreja, uma estrutura em colapso

Fonte: Blog Circuito Geral

3.4.2 O que pode ser feito?

De acordo com Santos (2014), nesta etapa todos os cuidados necessários devem ser tomados para que tudo ocorra bem, como programação de atividades, clara distribuição do canteiro de obras e previsão de compras; estabelecido o processo de construção, as falhas podem aparecer de várias formas, sendo estas: más condições de trabalho, mão-de-obra ineficiente, falta de controle de qualidade, inepta qualidade de materiais, negligência técnica.

Ainda de acordo com Santos apud. Souza e Ripper (1998), ao se tratar de obras de edificação habitacional, certos erros são bruscos, dentre estes se podem citar: ausência de esquadro, prumo e alinhamento de partes da estrutura com a alvenaria, desnivelamento de pisos, falta de caimento em pisos com uso frequente de água, assentamento demasiadamente espesso de revestimentos cerâmicos e flechas excessivas em lajes.

3.5 ETAPA DE MANUTENÇÃO – NORMA 5674/1999

3.5.1 Origem do problema

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 5674/1999, manutenção é o conjunto de ações a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade operacional de uma edificação e de suas partes integrantes de forma a acatar as necessidades de segurança dos usuários.

De acordo com Silva (2011) apud Souza e Ripper(1998), as patologias causadas por falta de manutenção ou manutenção inadequada, tem sua origem no desconhecimento técnico, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de destinação de verbas para manutenção pode se tornar responsável pelo surgimento de falhas estruturais mais graves, acarretando muitos gastos e, dependendo da situação, levando à demolição da estrutura.

3.5.2 O que pode ser feito?

Em sua introdução a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 5674/1999 evidencia a importância da manutenção, manifestando ser inaceitável se considerado conceito sustentável e econômico que uma edificação seja desprezada ao entrar em estado de deterioração, apresentando baixos níveis de desempenho por não ter tido os devidos cuidados com a manutenção predial.

A NBR 5674/1999 em seu item 4, encarrega-se de determinar as condições para o controle do sistema de manutenção de edificações. Também se define que a gestão do sistema de manutenção tem de proteger os atributos originais da edificação além de evitar a redução do funcionamento resultante da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes.

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 5674/1999 em seu item 6, estabelece quais particularidades precisam ser consagradas, tais como: preservar o desempenho previsto, minimizando assim a depreciação patrimonial; estabelecer as informações pertinentes e o fluxo de comunicação; estabelecer as incumbências e autonomia de decisão dos envolvidos, que fazem parte da gestão de um sistema de manutenção sendo elas as instruções para se obter uma boa manutenção predial.

Sobre a organização de gestão do sistema de manutenção a norma expõe sobre a precisão de se examinar com antecedência a infraestrutura material, técnica, financeira e de recursos humanos que conseguirá satisfazer as diferentes categorias de manutenção, sendo ela: rotineira, corretiva e preventiva. Levando em consideração que a gestão do sistema de manutenção tem por obrigação providenciar a realização coordenada dos diferentes tipos de manutenção das edificações. (NBR 5674/1999).

É indicado pela Norma NBR 5674:2012 item 4.1.6 que os indicadores de desempenho da gestão do sistema de manutenção, tornem-se periodicamente avaliados, de modo que atendam aos seguintes quesitos: atendimento ao desempenho conforme a NBR 15575; prazo acordado entre a

observação da não conformidade e intervenções de emergência; periodicidade das inspeções prediais de uso e manutenção estabelecidas no manual de operação, uso e manutenção da edificação; registro das inspeções. É dado como nota, à possibilidade de serem utilizados outros parâmetros dependendo do tipo da edificação.

A Norma NBR 5674:2012 item 4.2, atenta a parte de Inspeção Predial, que foi ocultada na sua versão anterior. De acordo com a nova Norma precisam estar inclusas no conteúdo básico do relatório de inspeção os seguintes itens: definição da degradação de cada sistema, subsistema, elemento ou componente e equipamento da edificação; indicar e, sempre que possível, determinar a perda de seu desempenho; orientar das ações para minimizar os serviços de manutenção corretiva; e por último determinar o prognóstico de ocorrências. Com isso, a inspeção tem que levar em consideração um guia de inspeções dos sistemas, subsistemas, elementos, equipamentos e componentes da edificação; as proporções de manifestação esperadas da degradação natural dos sistemas, de acordo com indicações do manual e que provenham em risco à saúde e segurança dos usuários: as requisições e exigências dos usuários ou proprietários.

De acordo com o item 4.3 Programa de Manutenção citado na Norma NBR 5674:2012, representa na definição dos serviços essenciais de manutenção, sua constância, encarregados pela execução, arquivos de reportação, referências normativas e meios fundamentais, todos referenciados individualmente as organizações e, quando admissível, aos elementos, componentes e equipamentos.

Para os Requisitos do Planejamento Anual das Atividades, foi feito um quadro ao qual serão reportados seus quesitos.

REQUISITOS DO PLANEJAMENTO ANUAL
Prescrições e especificações técnicas para as edificações;
Disponibilidade de recursos humanos;
Disponibilidade de recursos financeiros, incluindo previsão de contingências;
Sequência racional e duração das atividades;
Cronograma físico x financeiro;
Necessidades de haver desenhos, incluindo seus detalhes;
Procedimentos de execução ou referencia as normas técnicas e legislação;
Especificações detalhadas dos insumos e materiais;
Manutenibilidade;
Dispositivos de sinalização e proteção dos usuários;
Previsão de acessos seguros a todos os locais da edificação onde sejam realizadas inspeções e atividades de manutenção;
Minimização de interferência nas condições de uso normal da edificação durante a sua execução.

Tabela 7: Requisitos do planejamento anual

Fonte: ABNT NBR 5674:2012

O item 5.2 Sistema de Manutenção precisa ter, conforme a Norma NBR 5674:2012, técnicas eficientes de presumir os auxílios financeiros necessários para a execução dos serviços de manutenção com base em determinado estudo futuro. As Previsões Orçamentárias Anuais têm que inserir um estoque de auxílio indicado à efetuação de tarefas de manutenção corretiva, deve ser flexível, de maneira a relacionar uma margem de erro em suposições físicas, de custos além de expressar claramente a relação custo x benéfico dos serviços de manutenção.

De acordo com a Norma NBR 5674:2012 item 6.1, sempre que o diretor da manutenção fizer um orçamento com uma empresa terceirizada para a execução de um serviço de manutenção, o mesmo deve seguir as orientações da norma que dispõe várias condições que podem ser vistas no quadro a seguir:

ORÇAMENTOS DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO
Dados do cliente;
Escopo dos serviços ou objeto;
Descrição de cada atividade, com os respectivos prazos;
Especificações técnicas de execução e de manutenção futura, desenhos, cálculos ou projetos, quando aplicável;
Condições comerciais, valor, forma de pagamento e validade da proposta;
Responsabilidades legais e obrigações de cada parte, incluindo o atendimento à legislação pertinente quanto à segurança do trabalho;
Indicação do responsável técnico pela atividade, quando aplicável;
Garantias e exclusões;
Previsão de seguros, se aplicável.

Tabela 8: Orçamentos dos serviços de manutenção

Fonte: ABNT NBR 5674:2012

Conforme o item 6.1.2, para a escolha correta da empresa deve ser analisado alguns dados como: a qualificação da empresa, experiência profissional na área, referência de outros clientes, proposta técnica apresentada, habilitação jurídica, regularidade fiscal e capacidade financeira da empresa, além do prazo para execução e cronograma físico financeiro.

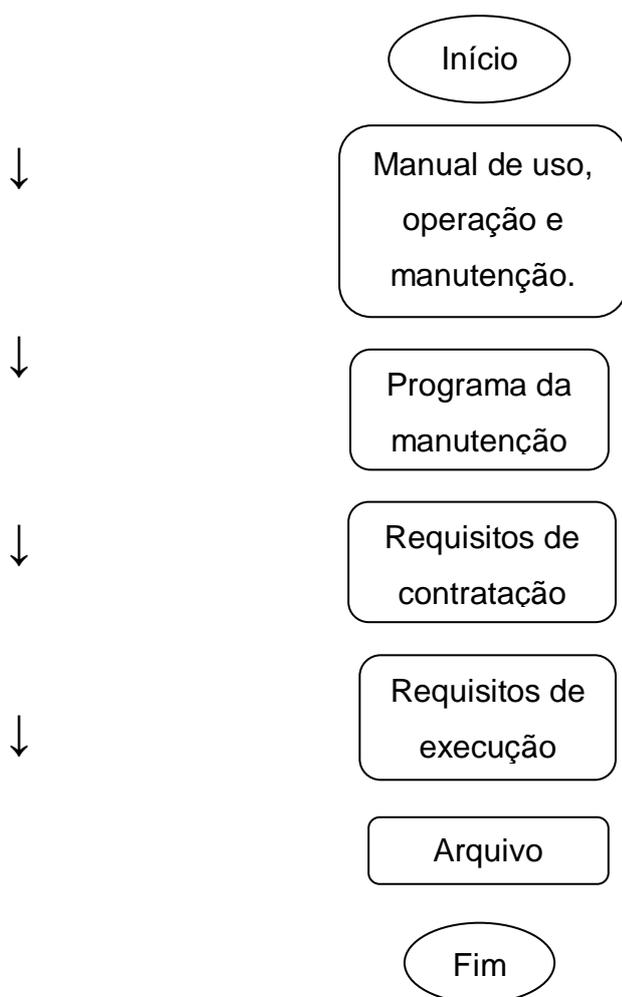
O diretor de manutenção deve solicitar do executante de serviços, conforme o item 6.2.1 uma garantia de que os serviços realizados quanto à manutenção serão seguros, visto isso antes do início da mesma; meios que protejam os usuários das edificações de eventuais danos ou prejuízos decorrentes da execução dos serviços de manutenção; delimitações, informações e sinalização de advertência aos usuários sobre eventuais riscos.

Quanto aos sistemas de segurança, a Norma NBR 5674:2012 em seu item 6.2.2 dita que os mesmos devem continuar operando, enquanto houver serviços de manutenção, caso não seja possível, devem ser substituídos por sistemas alternativos. No caso das saídas de emergência o item 6.2.3 dita ser proibido o bloqueio, mesmo que temporário ou parcial, caso

seja necessário é preciso ser planejado rotas alternativas e de fácil acesso antes do bloqueio.

De acordo com o item 6.2.5, o memorial descritivo, as especificações, os respectivos projetos e o manual de uso, operação e manutenção da edificação precisam estar ajustados caso haja mudanças nas características técnicas da edificação.

Conforme a Norma NBR 5674:2012 item 7, o Programa de Manutenção tem uma lista de documentos, alguns deles são: manual de uso e operação, relatório de inspeção, contratos firmados e etc. E abaixo esta o fluxo, que deve ser escrito e aprovado por documentação, ele é exigido para condomínio.



Fluxo de documentação

Fonte: ABNT NBR 5674:2012

Precisam ser mantidos registros conforme item 7.3, legíveis e disponíveis para suprir provas da real implementação do programa de manutenção, do planejamento, das inspeções e da efetiva realização das manutenções. A organização e a coleta de dados devem ser protocoladas de modo a mostrar os serviços de manutenção preventiva e corretiva, assim como a modificação feita. Toda a documentação dos serviços de manutenção executados deve ser arquivada como parte integrante do manual de uso, operação e manutenção da edificação, de acordo com o item 7.4.

Na seção de Incumbências ou Encargos, a Norma NBR 5674:2012 item 8, determina que o proprietário de uma construção, o síndico ou a empresa terceirizada encarregada pela administração da manutenção deve acatar a esta Norma, às normas técnicas adequadas e ao manual de uso, operação e manutenção da construção; o proprietário de uma edificação ou o condomínio tem que fazer cumprir e organizar a solução para o programa de manutenção preventiva das áreas comuns; o construtor ou incorporador deve entregar ao proprietário do imóvel o manual de uso, operação e manutenção da edificação; no caso de propriedade condominial, os condôminos respondem individualmente pela manutenção das partes autônomas e solidariamente pelo conjunto da edificação, de forma a atender ao manual de uso, operação e manutenção de sua edificação; o proprietário ou o síndico pode delegar a gestão da manutenção da edificação à empresa ou profissional contratado.

Os demais itens são colocados em anexos, são exemplos de Modelo para a concepção do programa de manutenção preventiva, com o objetivo de instruir o gestor da Manutenção para uma execução adequada do mesmo.

Podemos aqui, citar um exemplo de uma obra que foi “destruída” pela falta de manutenção ao longo de sua vida útil.

No dia 6 de fevereiro de 2018, parte de viaduto desabou em avenida no centro de Brasília; segundo o engenheiro calculista Bruno Contarini, em entrevista para o G1, o diagnóstico é: faltou manutenção. O Engenheiro ainda citou “ainda não sei se é necessário demolir, eu ainda preciso avaliar,

mas o que posso dizer é que, sim, faltou manutenção, 50 anos sem proteger os cabos, não da”.

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), em entrevista para o G1, sugeriu ao governo do Distrito Federal que descarte a possibilidade de escoramento do viaduto. Para os especialistas, há risco de queda total da estrutura e ameaça à vida de técnicos que trabalharão no local, caso seja este o procedimento escolhido.



Figura 16 - Parte de viaduto desaba em Brasília

Fonte: Correio Braziliense

O conselho de engenharia é autor de um relatório que, em 2009, pontuou a necessidade de o GDF tomar "providências imediatas" em relação à "condição patológica" do viaduto que está sobre a Galeria dos Estados, na região central de Brasília. O ponto citado é exatamente onde parte da estrutura ruiu, nesta terça.

Ao todo, o documento reunia cinco propostas para que o Buriti implantasse, na época, um programa de manutenção preventiva e corretiva das consideradas "obras de artes especiais", incluindo o viaduto próximo à rodoviária do Plano Piloto.



Figura 17 - Parte do viaduto da pista do Eixão, na região central de Brasília, desabou na manhã dessa terça-feira

Fonte: O Globo

4 MEMORIAL DESCRITIVO QUANTO A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Neste Capítulo apresentamos um documento que pode ser utilizado, para nortear os profissionais da engenharia civil, proprietários e usuários das edificações em concreto armado, quanto às diretrizes e parâmetros adotados no projeto estrutural para minimizar os efeitos causados pelo surgimento de patologias nas estruturas.

4.1 MEMORIAL DESCRITIVO QUANTO A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Em vista do referencial teórico apresentado sobre a durabilidade e vida útil das estruturas em concreto armado, sobre as principais patologias e suas causas, elaboramos um memorial descritivo para nortear todos os envolvidos no processo construtivo, com objetivo de minimizar erros executivos e de projeto, e garantir a durabilidade das estruturas. O memorial apresenta os seguintes tópicos :

1. VIDA ÚTIL DO PROJETO
2. EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE
3. QUALIDADE DO CONCRETO E RELAÇÃO ÁGUA CIMENTO
4. COBRIMENTOS ADOTADOS PARA PROTEÇÃO DAS ARMADURAS
5. CARGAS ADOTADAS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL
6. RECOMENDAÇÕES QUANTO A CONCRETAGEM
7. RECOMENDAÇÕES QUANTO A RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTOS
8. PLANO DE MANUTENÇÃO
9. IMPERMEABILIZAÇÃO

MEMORIAL DESCRITIVO QUANTO A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

Este memorial tem como objetivo estabelecer os parâmetros, especificações e critérios a serem considerados na concepção do projeto da estrutura em concreto armado do edifício, bem como sua manutenção e utilização a fim de garantir a durabilidade e vida útil da estrutura.

Definição relativa aos envolvidos no processo construtivo
Contratante:
CPF/ CNPJ:
Contratado (s):
CREA:

1 VIDA ÚTIL DO PROJETO

	Tipo de Edificação	Vida útil
()	Permanente	() 50 anos
()	Provisória	() 1 ano

Recomendações e esclarecimentos sobre o tipo de edificação deste projeto :

2 EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE

2.1 DEFINIÇÃO DA CLASSE DE AGRESSIVIDADE DE ACORDO COM A NBR 6118:2014.

	CAA	Agressividade	Classificação do ambiente	Risco de deterioração
()	I	Fraca	() Rural	Insignificante
			() Submersa	
()	II	Moderada	Urbana	Pequeno
()	III	Forte	() Marinha	Grande
			() Industrial	
()	IV	Muito Forte	() Industrial	Elevado
			() Respingos de maré	

Recomendações e esclarecimentos sobre a CAA adotada:

3 QUALIDADE DO CONCRETO E RELAÇÃO ÁGUA CIMENTO

3.1 REQUISITOS MÍNIMOS PARA O CONCRETO ARMADO DE ACORDO COM A NBR 6118:2014

Classe de Agressividade	II	III	III	IV
Classe do Concreto	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
Relação água cimento	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$

3.2 VALORES ADOTADOS NESTE PROJETO

Classe do Concreto	
Relação água cimento	

3.3 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO

Elemento Estrutural	Classe de concreto	Resistência a Compressão	Módulo de Elasticidade Inicial	Módulo de Elasticidade secante	Resistência média a tração
Fundações					
Lajes					
Vigas					
Pilares					
Escadas					
Reservatórios					

Recomendações quanto as características do concreto:

4 COBRIMENTOS ADOTADOS PARA PROTEÇÃO DAS ARMADURAS

4.1 COBRIMENTOS MÍNIMOS DE ACORDO COM A NBR 6118:2014

Elemento Estrutural	Classe de Agressividade Ambiental			
	I	II	III	V
Laje	2 cm	2,5 cm	3,5 cm	4,5 cm
Vigas	2,5 cm	3,0 cm	4,0 cm	5,0 cm
Pilar	2,5 cm	3,0 cm	4,0 cm	5,0 cm
Elementos em contato com o solo	3,0 cm	3,0 cm	4,0 cm	5,0 cm

4.2 COBRIMENTOS ADOTADOS NESTE PROJETO

Elemento Estrutural	Cobrimentos Adotados
Lajes	
Vigas	
Pilares	
Elementos em contato com o solo	
Blocos sobre estacas/Sapatas	
Reservatórios	

Recomendações e Justificativa para os cobrimentos adotados:

5 CARGAS ADOTADAS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO ESTRUTURAL

5.1 CARGAS VERTICAIS

Local			Carga vertical mínima a ser adotada de acordo com a NBR 6120:1980	Carga vertical adotada neste projeto (KN/m²)
()	Arquibancadas	---	400 Kg / m ²	
()	Bancos	Escritórios e banheiros	400 Kg / m ²	
		Salas de diretoria e de gerência		
()	Bibliotecas	Salas de leitura	250 Kg / m ²	
		Salas para depósitos de livro	400 Kg / m ²	
()	Casas de máquinas	Incluindo o peso da máquina	750 Kg / m ²	
()	Cinemas	Plateia com assentos fixos	300 Kg / m ²	
		Estúdio e plateia com assentos móveis	400 Kg / m ²	
		Banheiro	200 Kg / m ²	
()	Clubes	Sala de refeições e de assembleia com assentos fixos	300 Kg / m ²	
		Sala de assembleia com assentos móveis	400 Kg / m ²	
		Salão de danças e salão de esportes	500 Kg / m ²	
		Sala de bilhar e banheiro	200 Kg / m ²	
()	Corredores	Com acesso ao público	300 Kg / m ²	
		Sem acesso ao público	200 Kg / m ²	
()	Cozinhas	Cozinhas não residenciais	300 Kg / m ²	
()	Edifícios residenciais	Dormitórios, sala, copa , cozinha e banheiro	150 Kg / m ²	
		Dispensa, área de serviço e lavanderia	200 Kg / m ²	
()	Escadas	Com acesso ao público	300 Kg / m ²	
		Sem acesso ao público	250 Kg / m ²	
		Corredor e sala de aula	300 Kg / m ²	

()	Escolas	Outras salas	200 Kg / m ²	
()	Forros	Sem acesso a pessoas	50 Kg / m ²	
()	Escritórios	Salas de uso geral e banheiro	200 Kg / m ²	
()	Hospitais	Dormitórios enfermarias, salas de recuperação, salas de cirurgia, salas de raio x e banheiro	200 Kg / m ²	
		Corredor	300 Kg / m ²	
()	Laboratórios	Incluindo equipamentos	300 Kg / m ²	
()	Lojas	----	400 Kg / m ²	
()	Restaurantes	----	300 Kg / m ²	
()	Teatros	Palco	500 Kg / m ²	

5.2 MATERIAIS

Materiais		Peso específico de acordo com a NBR 6120:1980	Peso Específico adotado neste projeto
()	Concreto Armado	2500 Kg / m ³	
()	Concreto simples	2500 Kg / m ³	
()	Argamassa de cimento e areia	2100 Kg / m ³	
()	Argamassa de cimento, areia e cal	1900 Kg / m ³	
()	Tijolos furados	1300 Kg / m ³	
()	Lajotas cerâmicas	1800 Kg / m ³	
()	Blocos de argamassa	2200 Kg / m ³	

5.3 ALVENARIAS ADOTADAS NESTE PROJETO

Descrição	Revestimento (cm)	Cargas (Kg/m ²)
() Parede 9 cm – seca/seca		
() Parede 9 cm – úmida/úmida		
() Parede 9 cm – seca/úmida		
() Parede 14 cm – seca/seca		
() Parede 14 cm – úmida/úmida		
() Parede 14 cm – externa/externa		
() Parede 14 cm – seca/úmida		
() Parede 14 cm – seca/externa		
() Parede 14 cm – úmida/externa		
() Parede 19 cm – seca/seca		
() Parede 19 cm – úmida/úmida		
() Parede 19 cm – externa/externa		
() Parede 19 cm – seca/úmida		
() Parede 19 cm – seca/externa		
() Parede 19 cm – úmida/externa		

6 RECOMENDAÇÕES QUANTO A CONCRETAGEM

6.1 RECOMENDAÇÕES QUANDO AO TRANSPORTE E LANÇAMENTO DO CONCRETO

Sobre o transporte, para que não haja redução da trabalhabilidade, como ressecamento da massa ou perda da fluidez, o transporte deve seguir um cronograma, onde o tempo permitido não seja excedido, a saber:

- 90 minutos para o deslocamento do caminhão até a obra.
- 30 minutos para o início do descarregamento do concreto
- 30 minutos para a aplicação

O concreto deve ser lançado de forma adequada para que não haja descolamento das armaduras de aço, e a altura de queda livre do concreto não pode ser superior a 2 m, o ideal é lança-lo o mais próximo possível de sua posição final na forma.

6.2 RECOMENDAÇÕES QUANTO O ADENSAMENTO DO CONCRETO

A tabela abaixo indica o modelo de vibrador que será utilizado para o adensamento do concreto:

Vibradores	Tipos
	<input type="checkbox"/> Externo
	<input type="checkbox"/> Interno
	<input type="checkbox"/> Régua Vibratória (superfície)
	<input type="checkbox"/> Rolos Vibratórios
	<input type="checkbox"/> Mesas Vibratórias
	<input type="checkbox"/> parede de Forma
	<input type="checkbox"/> Vibro acabadoras (ou pavimentadoras de concreto)

Recomendações para a execução do adensamento :

6.3 RECOMENDAÇÕES QUANTO A CURA DO CONCRETO

A tabela abaixo indica o tipo de cura utilizado neste projeto:

Cura do Concreto	Tipos
	() Úmida
	() Química
	() Ao ar
	() Térmica

Observações quanto a cura do concreto :

7 RECOMENDAÇÕES QUANTO A RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTOS

Retirada das formas	Quantidade de dias	Seguiu a norma
Faces Laterais	3 dias	() Sim () Não
Faces Interiores com pontaletes	14 dias	() Sim () Não
Faces Interiores sem pontaletes	21 dias	() Sim () Não
Retirada dos escoramentos aos	28 dias	() Sim () Não

Caso não tenha seguido as orientações, cite como foi a retirada do escoramento e das fôrmas. Justifique.

Obs.: A retirada do escoramento e das fôrmas deve ser efetuada sem choques, obedecendo a um programa elaborado de acordo com o tipo de estrutura.

8 PLANO DE MANUTENÇÃO

A primeira manutenção será efetuada ao término da obra e já agendada uma nova vistoria. A tabela abaixo indica o tipo de manutenção a ser realizada.

Tipos de Manutenção	Resultados Obtidos	
() Manutenção Corretiva	() satisfatório	() não satisfatório
() Manutenção Preventiva	() satisfatório	() não satisfatório
() Manutenção Preditiva	() satisfatório	() não satisfatório
() Manutenção Detectiva	() satisfatório	() não satisfatório

Próxima manutenção: _____

Caso o resultado não seja satisfatório, qual outro tipo de manutenção você adotou?

9 IMPERMEABILIZAÇÃO

Locais	Preparação da base	Tipo de Impermeabilização
() Lajes	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos
() Pilares	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos
() Vigas	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos

() Fundação	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos
() Muro de Arrimo	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos
() Piscina	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos
() Marquizes	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos
() Sacadas	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos
() Reservatórios	() Sim () Não	() Cimentícios () Asfálticos () Poloméricos

5. CONCLUSÃO

Tendo em vista o referencial teórico que norteou este trabalho e os requisitos mínimos normativos a serem adotados nos projetos de estruturas em concreto armado, afim de prevenir o surgimento de patologias e evitar a deterioração da estrutura, sobre a durabilidade e vida útil concluo que:

- A durabilidade e vida útil das estruturas estão fortemente ligadas ao meio em que ela se encontra e os principais meios de deterioração da estrutura são a fissuração, o destacamento e a degradação do concreto, provocando assim a exposição da armadura e fazendo com que os agentes agressivos cheguem nelas, causando sua corrosão. Com isso, a definição da classe de agressividade da edificação é fundamental para garantir a durabilidade das estruturas, pois ela define os parâmetros mínimos quanto a qualidade e resistência do concreto e os cobrimentos mínimos a serem seguidos para proteção das armaduras.
- A consideração dos parâmetros mínimos exigidos pelas normas e estudos sobre durabilidade e vida útil das estruturas em concreto armado levam a prevenção do surgimento de manifestações patológicas precoces na estrutura, reduzindo os riscos de fissuração excessiva e corrosão das armaduras, além de contribuir para a economia, sustentabilidade e para o meio ambiente.
- Para atender as especificações de resistência e qualidade do concreto adotado no projeto e dos materiais, devem ser adotados estratégias e planos para o seu transporte, lançamento, adensamento e cura.
- O planejamento e o projeto estrutural são fundamentais para garantir a vida útil e durabilidade das estruturas em concreto armado, erros de concepção estrutural, de definições da ações que atuam na

estrutura, de avaliação do solo, elementos com dimensões e cobrimentos inapropriados , especificações inadequadas e materiais, falta de compatibilização de projetos e detalhes construtivos favorecem o surgimento de patologias e conseqüentemente a deterioração da estrutura, e conseqüentemente, sua durabilidade.

- Elaborar um plano de manutenção e vistorias nas edificações em concreto armado devem ser previstas favorece a prevenção e evita possíveis manifestações patológicas e riscos de deterioração da estrutura.
- O memorial descritivo quanto a durabilidade da estrutura pode contribuir para garantir a durabilidade da estrutura, pois ele orienta todos os envolvidos quanto aos requisitos normativos, execuções, planejamento e manutenção da edificação.

Para continuidade deste trabalho, recomenda-se o estudo dos parâmetros mínimos a serem seguidos quanto durabilidade das estruturas em concreto armado submetidas ao fogo e a abalos sísmicos, bem como as estruturas em concreto protendido.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118:2014 – Projetos de Estruturas de Concreto- Procedimento**. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12655:2006 – Concreto de Cimento Portland- Preparo controle e recebimento- Procedimento**. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5674/2012 – Manutenção de edificações – Procedimento**. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14931:2004 – Execução de estruturas de Concreto- Procedimento**. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-1: 2013 – Com ênfase em Durabilidade e Manutenibilidade**. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7212:2012 Execução de concreto dosado em central – Procedimento**. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012,

AECweb. **Acidente na ciclovia Tim Maia poderia ter sido evitado**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/> Acesso 18 mar. 2018

AECweb. **Patologias do concreto**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/> Acesso 18 mar. 2018

AMORIM, Felipe. **Durabilidade, Vida Útil, e Principais Causadores da Degradação das Estruturas de Concreto**. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/> Acesso 20 jan. 2018

ANDRADE, Jairo; DAL MOLIN, Denise. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise dos elementos estruturais mais degradados no estado de Pernambuco**. Florianópolis, 1998.

ANDRADE, Jairo. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**. 139 f. Tese (Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ANDRADE, Jairo. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: iniciação por cloretos.** 256 f. Tese (Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Porto Alegre, Dezembro 2001.

ARAUJO, I. M.; SANTOS, C. K. S. **Projeto Apostila virtual.** Disponível em: <http://www.caee.ufrn.br/> Acesso em: 28 mar. 2018.

BRANDÃO, Ana Maria. **Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado- Aspectos Relativos ao Projeto.** Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1998.

Brasil ao Minuto. **‘Podre, tem que fazer tudo outra vez’, diz vice-prefeito sobre ciclovia.** Disponível em: <https://www.noticiasao minuto.com.br/> Acesso 15 fev. 2018

BASTOS, Paulo Sergio. **Fundamentos do concreto armado.** Bauru, 2006.

BASTOS, Paulo Sergio. **Pilares de concreto armado.** Bauru, 2017.

Blog Circuito Geral. **Igreja, uma estrutura em colapso.** Disponível em: <https://circuitogeral2015.blogspot.com.br/> Acesso 8 Abril. 2018.

Blog do PET Engenharia Civil UFC. Estruturas em Aço. **Disponível em: <https://civilizacaoengenhaira.wordpress.com/>** Acesso 3 dez. 2017

BORELLI, Danielli: et. al. **Estudo de procedimentos de adensamento do concreto por vibradores de imersão em obras na Grande Vitória – ES.** Outubro, 2013

CASTRO, Eliane. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado.** 129 f. Tese (Mestrado) - Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, Brasília, 1994.

C&C – Casa e Construção. **Cimento e Concreto.** Disponível em: <http://www.cec.com.br/> Acesso em: 28 mar. 2018.

Clube do Concreto. **Afinal Slump Test para que?** Disponível em <http://www.clubedoconcreto.com.br/> Acesso 8 Abril. 2018

Compensados e Madeirite. **Chapas de compensado e madeirite.** Disponível em: <http://compensadosemadeirite.blogspot.com.br/> Acesso 8 Abril. 2018

CREA- SC. **Durabilidade das estruturas de concreto armado.** Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/> Acesso em 18 mar. 2018

COUTINHO, D. F. C. et al. **Introdução a Engenharia Civil: técnicas e etapas de execução de obras.** 30 f. Trabalho referente a disciplina de Introdução a Engenharia. Uberlândia, 2012.

ConstruQuímica – Tecnologia para a Construção Civil. **Cura química – Acricura 309R**. Disponível em: <https://www.construquimica.com.br/>. Acesso em: 28 mar. 2018.

ENGESK. **Execução e gerenciamento de obras**. Disponível em: <http://www.enges.com/> Acesso em 20 jan. 2018.

Engenharia Civil Blog. **Curo do Concreto – Conceitos e Cura**. Disponível em: <https://engciv.wordpress.com>. Acesso 28 mar, 2018.

Equipe de Obra. **Melhores Práticas de Concretagem- Altura de Concretagem**. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/>. Acesso em: 28 mar. 2018.

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

FERREIRA, ÍDILLA. **Patologia em estruturas de concreto armado: estudo realizado nas edificações do Centro de Tecnologia do Campus I da Universidade Federal da Paraíba**. 77 f. Tese (Monografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**, São Paulo, 2008.

Globo, G1. **‘Demolição total’, sugere CREA para estrutura de viaduto que desabou no DF**. Disponível em: <https://g1.globo.com/>Acesso em 18 mar. 2018

Globo, G1. **‘Demolição total’, sugere CREA para estrutura de viaduto que desabou no DF**. Disponível em: <https://g1.globo.com/>Acesso em 18 mar. 2018

Globo, G1. **Engenheiro que projetou viaduto tombado em Brasília é convocado e dá diagnóstico: ‘50 anos sem proteger cabos, não dá’**
Disponível em: <https://g1.globo.com/>Acesso 25 fev2018

GOLÇALVES, Diogo. **Planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios: estudo de caso em obra com restrições e limitações operacionais**. 212 f. Tese (Bacharel) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GONÇALVES, Eduardo. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 157 f. Tese (Bacharel) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GOULART, José Ricardo. **Pavimento de Concreto – Adensamento de Concreto por vibração**. Dezembro, 2005

HELENE, Paulo. **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto como projetar para a durabilidade - (2º parte)**.USP, 2014.

IBDA- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. **Patologias na construção civil**. Disponível em:<http://www.forumdaconstrucao.com.br/Acesso> 29 mar 2018

IBDA- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. **Transporte do concreto requer cuidados especiais**.Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/>

KARDEC, Alan e XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção – Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001

LAPA, José. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de Concreto**.56 f.Tese (Bacharel) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008

LIMA, Maryangela et al.**Durabilidade de estruturas de concreto em ambiente marinho – importância dos estudos envolvendo micro clima**. São José dos Campos, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo, 2003.

MARQUES, C. S. **Análise crítica da norma de desempenho, ABNT NBR 15575: 2013 Com ênfase em Durabilidade e Manutenibilidade**. 64 f. Tese (Bacharel) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MEDEIROS, Marcelo Henrique et. al. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**.IBRACON,2011

MEHTA, P. K. **DURABILITY OF CONCRETE - FIFTY YEARS OF PROGRESS?** In: Seminário Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto. Porto Alegre, 1993.

Meia Colher – Tudo sobre Engenharia e Construção Civil. **Cura do Concreto, o que é e como fazer**. Disponível em: <http://www.meiacolher.com/>. Acesso em: 28 mar. 2018

NADALINI,Ana Carolina; BISPO, Adrielle. **Patologia em Estruturas de Concreto Armado em Ambiente Marítimo**.Tese (Monografia) - Congresso Brasileiro De Engenharia De Avaliações E Perícias-Foz do Iguaçu, 2017

O Globo. **Parte de viaduto desaba na região central de Brasília**. Disponível em <https://oglobo.globo.com> Acesso 8 Abril. 2018

OLIVEIRA, Daniel. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 97 f. Tese (Bacharel) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, Bruno. **Marquises de concreto armado: identificação de manifestações patológicas na estrutura e proposta de soluções**. 84 f. Tese (Bacharel) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

POSSAN Edna et. al. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. **Revista Técnica Científica CREA-PR**, 1º Ed, out, 2013.

RABBANI, Emilia. et al. **Avaliação da segurança do trabalho em obras de manutenção de edificações verticais**. Vol. 12, pag. 4. Produção, set/dez. 2012

RAUBER, Felipe. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. 96 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.

Revista Digital, AECweb. **Das manifestações às causas, as patologias do concreto exigem análise cuidadosa antes da escolha do tratamento ideal**. Colaborou para a entrevista: Élvio Mosci Piancastelli. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/> Acesso 20 jan. 2018

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. **Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências Sociais**. (Cap.3), 2006

ResearchGate.net. **Ensaio de resistência mecânica à compressão em prensa manual de 100 toneladas**. Disponível em <https://www.researchgate.net/> Acesso 8 Abril. 2018

Revista Digital, AECweb. **Das manifestações às causas, as patologias do concreto exigem análise cuidadosa antes da escolha do tratamento ideal**. Colaborou para a entrevista: Élvio Mosci Piancastelli. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/> Acesso 20 jan. 2018

ROCHA, J. **Corrosão em estruturas de concreto armado**. **Revista On-line IPOG**. Goiânia - Edição nº 10 Vol. 01/ 2015 dezembro/2015

SANTIAGO, Alexandre. **Uso do sistema light steelframing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural**. 153 f. Tese (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SANTOS, Camila. **Patologia de Estruturas de Concreto Armado**. 91 f. Tese (Bacharel) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014

SILVA, K. Luiza. **Levantamento De Manifestações Patológicas Em Estruturas De Concreto Armado No Estado Do Ceará**. 51 f. Monografia.

Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.

SILVA, Alexsandro; VARVAKIS, Gregório. **Planejamento e controle de múltiplos empreendimentos em edificações- Estudo de caso da aplicação do método na gestão de obras públicas.** Florianópolis, 2001.

SILVA FILHO, LuisCarlos. **Durabilidade do concreto à ação de sulfatos: análise do efeito da permeação de água e da adição de microssílica.** 143 f. Tese (Pós-Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

TRINDADE, Diego. **Patologia em estruturas de concreto armado.** 88 f. Tese (Bacharel) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de; CARRIERI JÚNIOR, Renato. **A escolabrasileira do concreto armado.** 1. ed. São Paulo: AxisMundi, 2005. 207 p.
ISBN 85- 85554- 34- 7

VILLANUEVA, Marina. **A Importância Da Manutenção Preventiva Para O Bom Desempenho Da Edificação.** 159f. Tese (Bacharel) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015

VILASBOAS, José. **Durabilidade Das Edificações De Concreto Armado Em Salvador: Uma Contribuição Para A Implantação Da NBR 6118:2003.** 229 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

WEBER, Luis Fernando. **Cobrimento De Armadura Em Estruturas De Concreto Armado: Analise Comparativa Entre Os Valores Projetados E Executados Nas Obras Do Vale Taquari.** 97 f. Tese (Bacharel) - Centro Universitário Univates, Lajeado, Junho 2014.