

TIAGO FELIPE DA CUNHA E CASTRO

**Manutenção em estruturas de concreto armado baseado no conceito de
manutenção centrada em confiabilidade**

São Paulo
(2016)

TIAGO FELIPE DA CUNHA E CASTRO

**Manutenção em estruturas de concreto armado baseado no conceito de
manutenção centrada em confiabilidade**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista em
Gerenciamento de Facilidades – MBA/
USP.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ioshimoto

São Paulo

(2016)

Catálogo-na-publicação

Cunha e Castro, Tiago Felipe
MANUTENÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
BASEADO NO CONCEITO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE / T. F. Cunha e Castro -- São Paulo, 2016.
72 p.

Monografia (MBA em Gerenciamento de Facilidades) - Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo. FDTE – Fundação para o
Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia.

1.Vida útil 2.Durabilidade 3.Manutenção centrada em confiabilidade
4.Estruturas de concreto I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
FDTE – Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia II.t.

Dedico este trabalho a todos que, de alguma forma, possam ter contribuído para que eu conquistasse mais esta etapa em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Agostinho e Marlene, e meus irmãos, Junior e Tatiana pela confiança depositada e por todo apoio dado.

Aos avós que já partiram Nono e Nona como eram chamados carinhosamente.

A minha esposa pelo apoio e acreditar em mim nas horas difíceis além da paciência e por compreender o momento em que estava passando.

Ao meu filho Henrique pelo carinho e apoio a cada sorriso e ausência neste período e ao meu próximo filho Rafael (a) que ainda está por vir.

A todos meus professores pela cobrança e sabedoria passada ao longo do curso.

Ao meu orientador, professor Eduardo Ioshimoto, pela paciência e ajuda.

E a todo os colegas de sala da turma de GF 2013 pela companhia e apoio semanal ao longo da jornada, principalmente aos colegas de trabalho em grupo Eduardo Pens, Daniela Marcondes e Maurício Vieira pelas ricas experiências trocadas durante a elaboração dos trabalhos, apoio e a amizade criada entre nós.

ABSTRACT

Due to the difficulty in measuring the useful life of concrete structures after its design and throughout building operation, one seeks other alternatives to determine the performance and durability, in order to postpone structure maintenance and also to represent the conditions of use guided towards the required safety and reliability for future utilization. On this regard, this paper's purpose is to apply the concept of maintenance on reliability to define the form of maintenance and identified pathologies' prioritization during the inspection. Thus identifying the causes, issues and FMEA application sustaining complex solutions involving other building systems to achieve the required reliability of reinforced concrete structure aiming the building operation safety, hence accomplishing the assisted planning maintenance of reinforced concrete structures based on periodic inspections, with performance and useful life assessment of the structure over time. Moreover, this paper provides benefits not only allowing the cost review, but also defining the maintenance frequency related to the pathology severity and environment availability.

Keywords: performance, useful life, maintenance based on reliability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Crescimento do custo das atividades de manutenção com o tempo	15
Figura 1.2 - Gastos em países desenvolvidos com manutenção	16
Figura 2.1 - Exemplos de Vida Útil de Projeto aplicando os conceitos da NBR 15575	19
Figura 2.2 - Vida útil de projeto recomendada pelos Ingleses.....	19
Figura 2.3 - Função de desempenho versus tempo descrevendo a durabilidade de um produto em determinadas condições ambientais	21
Figura 2.4 - Desempenho x Tempo.....	23
Figura 3.1 - Processo de Implantação de MCC.....	26
Figura 3.2 – Uma situação não passível de manutenção.....	28
Figura 3.3 - Padrão de desempenho: limite superior e inferior.....	29
Figura 3.4 - Visões diferentes sobre a falha.....	30
Figura 3.5 - Modelo de Formulário do FMEA	31
Figura 3.6 - Curva de comportamento (P-F) da falha de equipamento	34
Figura 3.7 - Efeitos da falha	36
Figura 3.8 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito de falha segurança.....	36
Figura 3.9 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha oculta.....	37
Figura 3.10 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha operacional econômica.....	37
Figura 3.11 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha funcional.	38
Figura 4.1 - Conceitos gerais correlatos à patologia das construções	40
Figura 4.2 - Variação do desempenho de uma estrutura de concreto armado ao longo do tempo.....	41
Figura 4.3 - Representação da evolução dos custos em função da fase da vida da estrutura em que a intervenção é feita.	42
Figura 4.4 - Lixiviação de compostos hidratados	45
Figura 5.1 - Tabela resumo dos apontamentos.....	51
Figura 5.2 - Relatório fotográfico de campo - Modelo	52

Figura 5.2 - Relatório fotográfico de campo - Modelo	52
Figura 5.3 - Resultado do quantitativo de Patologia levantado durante a inspeção estrutural.	53
Figura 5.4 - Diagrama do FMEA.....	60
Figura 5.5 - Efeitos da falha – marcado.	61
Figura 5.6 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha oculta - marcado.....	62

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

IBAPE	Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo.
PMSP	Prefeitura Municipal de São Paulo
LTS	Laudo Técnico de Segurança
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
FMEA	Análise do Tipo e Efeito de Falha

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVO	17
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	METODOLOGIA.....	17
2.	VIDA ÚTIL DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	18
2.1	DURABILDADE	20
2.2	DESEMPENHO	22
3.	MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	24
3.1	IMPLANTAÇÃO DO MCC.....	24
3.1.1	DEFINIÇÃO DE FUNÇÃO E PADRÃO DE DESEMPENHO	27
3.1.2	FALHA	28
3.1.2.1	Falhas funcionais total e parcial	29
3.1.2.2	Falha nos limites superiores e inferiores	29
3.1.2.3	Falha de contexto operacional.....	29
3.1.3	ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DE FALHA (FMEA)	30
3.1.3.1	Nome Componente ou Etapa do processo.....	31
3.1.3.2	Função.....	32
3.1.3.3	Modos de falha	32
3.1.3.4	Tipo de falhas	32
3.1.3.5	Efeito da falha.....	32
3.2	DETERMINAÇÃO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO	33
3.2.1	Manutenção preventiva	33
3.2.2	Manutenção Preditiva	34
3.2.3	Manutenção Corretiva	35
3.2.4	Definição do tipo manutenção	35
4.	ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO.....	38
4.1	PATOLOGIAS DO CONCRETO.....	40
4.1.1	Definição de Fissuras, trincas, rachaduras e fendas	43
4.1.2	Corrosão do aço das armaduras	44
4.1.3	Lixiviação	44
4.1.4	Deslocamento do concreto	45

	12
5. ESTUDO DE CASO.....	46
5.1 PRÉ ANÁLISE PARA APLICAÇÃO DO MCC.....	46
5.2 IMPLANTAÇÃO DO MCC.....	49
5.3 RESULTADOS DA INSPEÇÃO	51
5.3.1 Análise da criticidade das patologias.....	54
5.3.1.1 Classificação mínimo.....	54
5.3.1.2 Classificação regular	54
5.3.1.3 Classificação crítica	55
5.4 Classificação das patologias apontadas no relatório	55
5.4.1 Armaduras expostas e oxidadas e recobrimento reduzido da armadura	55
5.4.2 Deslocamento da superfície de concreto.....	56
5.4.3 Concreto disgregado.....	57
5.4.4 Fissuras e trincas.....	57
5.4.5 Sinais de lixiviação	58
5.4.6 Manchas de umidade.....	58
5.4.7 Pisos danificado.....	59
5.5 FEMEA	59
5.6 DEFINIÇÃO DO TIPO DE MANUTENÇÃO	61
6. ANÁLISE DA CRITICIDADE	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
8. ANEXOS	69
8.1 ANEXO A – EXEMPLO DE MAPEAMENTO DAS ESTRUTURAS.....	69
8.2 ANEXO B – EXEMPLO DE CORPO DO LAUDO – APRESENTAÇÃO.....	70
8.3 ANEXO C – EXEMPLO DE TABELA QUANTITATIVA DE ANOMALIAS	71
8.4 ANEXO D – EXEMPLO TABELA RESUMO DAS PATOLOGIAS E SUA CRITICIDADE	72

1. INTRODUÇÃO

A ausência de norma técnica definida sobre a periodicidade de inspeção na estrutura de concreto em edificações e a exigência da PMSP sobre a emissão do laudo técnico de segurança (LTS), para emissão do alvará de funcionamento de local de reunião exigido segundo Lei 11.228/92 e Decreto 32.329/92, apenas transfere a responsabilidade da prefeitura para engenheiros e arquitetos.

Porém ainda não existe norma técnica que determina as exigências mínimas necessárias para a inspeção e sim recomendações de boas práticas desenvolvidas por entidades da categoria como o IBAPE.

E a periodicidade da inspeção em estrutura de concreto ou laudo técnico de estabilidade varia de acordo com o estado ou cidade da edificação.

No Estado do Rio de Janeiro a Lei nº 6400, de 05 de Março de 2013 – determina a obrigatoriedade de auto vistoria, a cada dez anos, pelos condomínios ou proprietários dos prédios residenciais, comerciais, e pelos governos do Estado e dos municípios, nos prédios públicos, incluindo estruturas, subsolos, fachadas, esquadrias, empenas, marquises e telhados, e em suas instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, eletromecânicas, de gás e de prevenção a fogo e escape e obras de contenção de encostas, com menos de 25 (vinte e cinco) anos de vida útil, a contar do "habite-se", por profissionais ou empresas habilitadas junto ao respectivo Conselho Regional de Engenharia, e Agronomia - CREA ou pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro - CAU/RJ e os condomínios ou proprietários de prédios comerciais e residenciais de que trata o caput do artigo 1º com mais de 25 (vinte e cinco) anos de vida útil, tem a obrigatoriedade de realizar auto inspeções quinquenais.

Em Porto Alegre, segundo DECRETO Nº 18.574, DE 24 DE FEVEREIRO DE 2014, obriga a emissão do Laudo Técnico de Inspeção Predial que atesta as condições de segurança e estabilidade estrutural da edificação de acordo com Lei Complementar nº 284, de 1992, excetuado o disposto no art. 4º deste Decreto define a periodicidade do Laudo Técnico de Inspeção Predial em dois grupos:

- A cada 5 anos para: comércio, locais de reunião de público, serviços automotivos, serviços de saúde e institucionais, industrial, comercial de alto risco, atacadista e depósito;
- E a cada 10 anos para as demais edificações;

Por outro lado, quem contrata o LTS, muitas vezes não tem conhecimento técnico para elaborar, analisar e avaliar o escopo técnico de contratação, assim como resolver os problemas, e acaba optando, muitas vezes, pelo menor preço (sem escopo definido e não pela qualidade do serviço prestado).

A exigência da emissão do laudo técnico de segurança tornou-se obrigatório pelo país após edificações ruírem nos últimos anos, como o edifício Liberdade no Rio de Janeiro em 2013.

A não emissão de laudo de inspeção estrutural periódico e um acompanhamento por profissional habilitado dificultou na determinação da causa exata do problema, que no caso do edifício Liberdade ocorreu por exclusão de hipótese, e conclui-se que o culpado do incidente foi a remoção de pilar estrutural conforme apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias – Ibape/sc – 2013.

Porém, os especialistas não tinham como afirmar que o problema era também a ausência de manutenção nas estruturas, que desde a sua concepção em 1940, não havia registros de inspeções em sua estrutura.

Segundo entrevista no portal G1, do professor-titular do Departamento de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) professor Paulo de Mattos Pimenta, afirma que "Esse prédio já devia ter problemas estruturais, mas ninguém nunca apontou nenhum defeito. (...) Normalmente, as paredes são elementos de vedação, mas quando há problemas estruturais, elas ajudam na sustentação".

Segundo Andrade e Silva (2005), vale lembrar que patologias em estruturas de concreto sempre existirão, devido a dilatação dos materiais, ação de intempéries entre outros, o problema é a idade em que estão surgindo. Ocorre que atualmente, antes dos 20 anos de existência as edificações já necessitam de manutenções corretivas para aumento da vida útil. (ANDRADE E SILVA, 2005)

Brandão (1999) afirma que durante anos, o concreto foi considerado um material extremamente durável. E que atualmente a deterioração precoce das estruturas estão ligadas diretamente a uma somatória de fatores, dos quais citam-se: inadequação dos materiais, má utilização da obra, agressividade do meio ambiente, ineficiência e falta de manutenção.

A NBR 6118 (ABNT, 2003), traz afirmação de que a estrutura de concreto deve manter, estabilidade e aptidão em serviço, durante o período correspondente à sua vida útil, porém é difícil determinar a vida útil da estrutura de concreto, ele depende diretamente do desempenho, da sua utilização, manutenção e conservação.

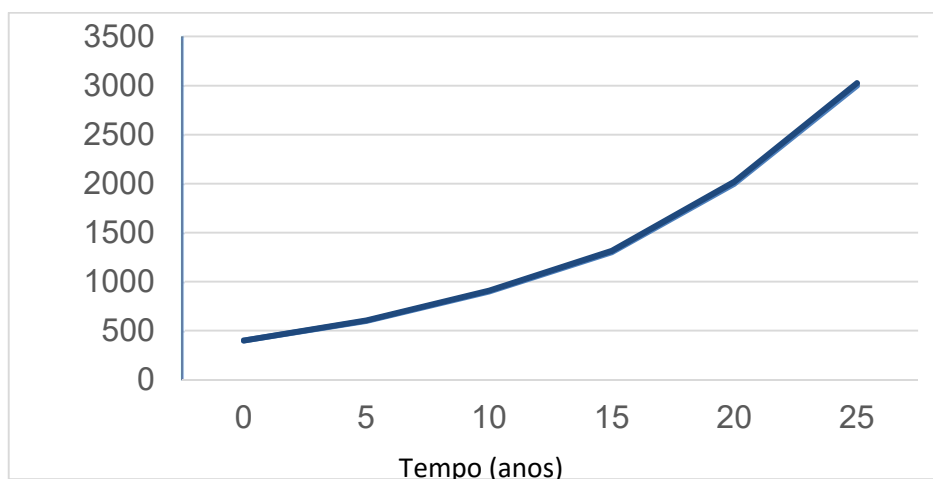
Desta forma, para afirmar que o concreto é durável, faz-se necessário definir o desempenho mínimo requerido e desejado para o material, num intervalo de tempo que pretendem-se atingir inserido no ambiente que localizará a edificação. (ANDRADE E SILVA, 2005).

Porém na construção civil há dificuldade em estabelecer parâmetros de durabilidade e vida útil na estrutura de concreto, mesmo sendo um bem durável, pois o prolongamento da sua vida útil depende não apenas dos materiais e agregados empregados, como também da mão de obra e do ambiente em que está inserido e a forma como foi executado. (ROQUE E MORENO, 2005)

De acordo com Medeiros, Andrade e Helene (2002), ainda é subjetivo a aplicação dos conceitos de durabilidade e vida útil na construção civil, mesmo que introduzidos há mais de 35 anos.

O problema do não conhecimento exato da vida útil da estrutura de concreto durante o período de operação da edificação, é que qualquer intervenção na estrutura de concreto é sempre custosa, tanto do lado financeiro como operacional, e que com o passar do tempo só tende a aumentar exponencialmente como demonstrado no gráfico da figura 1.1.

Figura 1.1 - Crescimento do custo das atividades de manutenção com o tempo



Fonte: Adaptado et al. Alani (2001, p. 220)

Em países desenvolvidos os custos com manutenções e reparos em estruturas de concreto, equivalem aos mesmo gastos de novas construções como demonstrado na figura 1.2.

Figura 1.2 - Gastos em países desenvolvidos com manutenção

País	Ano	Gastos com construções novas	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais com construção
França	2004	85,6 Bilhões de Euros (52%)	79,6 Bilhões de Euros (48%)	165,2 Bilhões de Euros (100%)
Alemanhã	2004	99,7 Bilhões de Euros (50%)	99,0 Bilhões de Euros (50%)	198,7 Bilhões de Euros (100%)
Itália	2002	58,6 Bilhões de Euros (43%)	76,8 Bilhões de Euros (57%)	135,4 Bilhões de Euros (100%)
Reino Unido	2004	60,7 Bilhões de Euros (50%)	61,2 Bilhões de Euros (50%)	121,9 Bilhões de Euros (100%)

Fonte: MEDEIROS; ANDRADE; HELENE (2011, p.3)

Para se evitar esse cenário de custo elevado e intervenções desnecessárias além do acompanhamento da evolução das patologias nas estruturas de concreto armado das edificações, faz-se necessário planejamento que vise combater não apenas o alto custo da atividade de manutenção, como também o aumento da vida útil e conseqüentemente o desempenho da edificação.

Entre as diversas manutenções existentes a manutenção centrada em confiabilidade é uma estratégia da manutenção, que defini o tipo de manutenção a ser executado no reparo e estabelece o nível de confiança desejado para que a estrutura continue a desempenhar sua função básica durante o período projetado sob as condições de operação, baseado na análise histórica armazenada de falhas do sistema e através da aplicação do FMEA te auxilia na solução do problema.

Sendo assim, esse trabalho se justifica para implantação de rotina de inspeção e manutenção nas estruturas de concreto, parte vital da edificação, sem ela não existirá operação além do custo elevado de reparação no longo prazo.

E essa sistemática é baseada na MCC cujos os conceitos serão discutidos no capítulo 4 do trabalho.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é aplicação do conceito de manutenção centrada em confiabilidade nas estruturas de concreto armado numa edificação concebida na sua totalidade de concreto inclusive as fachadas para monitoramento e acompanhamento das patologias existentes.

1.2 JUSTIFICATIVA

O trabalho se justifica pela necessidade de se elaborar plano de manutenção que retrate as condições de estabilidade e segurança, quando se tem diversas edificações sobre seu gerenciamento, além de propiciar uma visão macro dos reais problemas existentes com a estrutura nas edificações e poder mensurar e optar pelo tipo de manutenção desejada quando julgar necessário.

1.3 METODOLOGIA

Capítulo 1 – Introdução.

Capítulo 2 – Conceitos básicos sobre vida útil/ durabilidade / desempenho.

Capítulo 3 – Neste capítulo é apresentado a definição de Manutenção Centrada em Confiabilidade desde a sua criação / Metodologia de implantação explicando cada passo até o desenvolvimento e preenchimento do FMEA / Escolha do tipo de manutenção.

Capítulo 4 – Introdução sobre a utilização de concreto armado no Brasil / Definição de patologia nas estruturas de concreto envolvendo desempenho, vida útil e durabilidade

/ E uma breve explicação sobre alguns tipos de patologia comum em estruturas de concreto, fissuras, armaduras expostas, lixiviação e destacamento do concreto.

Capítulo 5 – Estudo de Caso – Neste capítulo é apresentada aplicação do MCC em uma edificação constituída quase que na sua integridade por concreto armado, com pouca ou quase inexistentes paredes de alvenaria/ Respondidas perguntas necessárias para a sua implantação/ aplicação de FMEA para caso específico e definição do tipo de manutenção.

Capítulo 6 – Análise crítica

2. VIDA ÚTIL DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Vida útil é o “Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos” (...). (NBR 15575, 2013, p.34).

De acordo com a ISO 13823 (2012, p.3), vida útil é definida também “como o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo”.

A vida útil está ligada diretamente a durabilidade, se a edificação tiver seus produtos ou sistemas prediais duráveis consequentemente terá sua vida útil prolongada. (DEMOLINER E POSSAN, 2013).

No passado as normas brasileiras deixavam subentendido que 50 anos era o prazo de vida útil especificada em projeto. (HELENE, 2005)

Após a NBR 15575, a norma brasileira de desempenho especifica que a vida útil de projeto da estrutura de concreto é no mínimo 50 anos segundo figura 2.1, já os ingleses adotam que a estrutura deverá ter vida útil de no mínimo 60 anos, segundo figura 2.2, o que representa projetos de estruturas mais duráveis.

Figura 2.1 - Exemplos de Vida Útil de Projeto aplicando os conceitos da NBR 15575

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes, e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Estruturas auxiliares	Muro divisórias, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachada-cortina	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpo	≥ 20	≥ 25	≥ 30

Fonte: NBR 15575 (2013, p.236)

Figura 2.2 - Vida útil de projeto recomendada pelos Ingleses

BS 7543, 1992 - Guia para Durabilidade de Edifícios, elementos dos edifícios, produtos e componentes	
Vida útil	Tipo de estrutura
≤ 10 anos	temporárias
≥ 10 anos	substituíveis
≥ 30 anos	edifícios industriais e reformas
≥ 60 anos	edifícios novos e reformas de edifícios públicos
≥ 120 anos	obras de arte e edifícios públicos novos

Fonte: Helene (2003, p.10)

A subjetividade, no passado, da vida útil da estrutura de concreto durante a fase de projeto, dificultava na definição do período de intervenção para manutenção da estrutura, não que atualmente seja diferente, mas pelo menos existe uma referência de vida útil de projeto da estrutura, o que possibilita avaliar se o período da manutenção está compatível com o projetado.

Já que em muitas edificações, os problemas estruturais costumam aparecer precocemente, bem antes de seus 50 anos de vida. (SACHS, 2015)

Para a estrutura de concreto armado atingir idade de vida útil elevada próximos dos 50 anos conforme previsto em norma, depende não apenas da mão de obra de execução e da manutenção ao longo dos anos, mas também da durabilidade dos materiais que foram empregados.

2.1 DURABILIDADE

“Durabilidade é a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso” (...) (NBR 15575, 2013, p.32).

Em algumas condições a durabilidade determina a vida útil de seu componente, o que torna possível a sua quantificação, por exemplo se a vida útil de uma lâmpada é de 3000 horas, saberemos que após esse intervalo de tempo todas as suas unidades serão substituídas. (MATTOS, 2013)

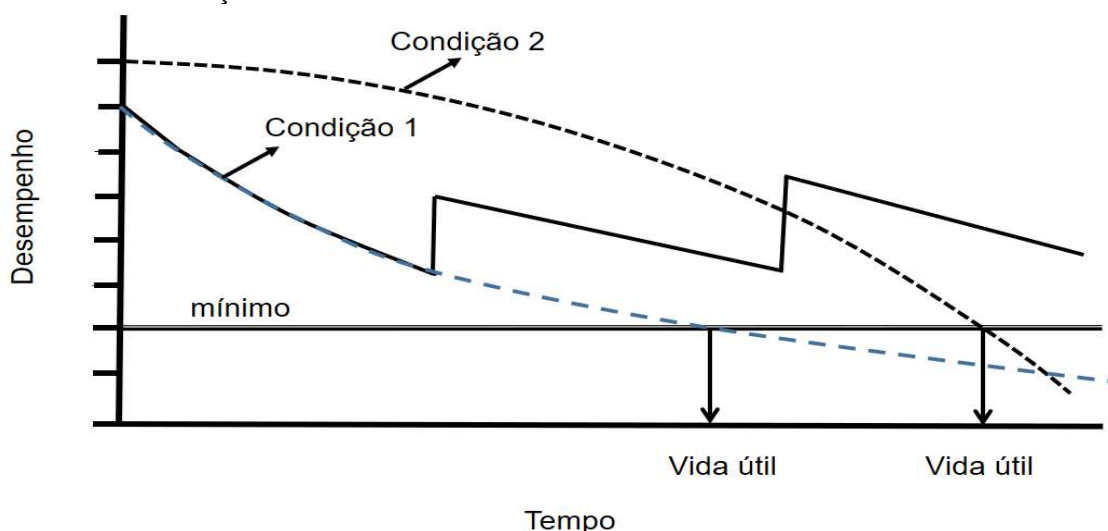
A durabilidade não é apenas a propriedade em si do material, mas sim a função relacionada a ele, no qual está exposta e submetidas a condição de utilização, as suas características e/ou componentes, durante a vida útil da edificação. (DEMOLINER E POSSAN, 2013)

De acordo com John (2006 apud MATTOS, 2013, p.29), para análise de durabilidade de um material, deve-se sempre considerar o ambiente que ele está exposto, pois as condições de degradação do mesmo, afeta diretamente na sua vida útil, conforme demonstrado na figura 2.1.1.

A edificação estará exposta durante a sua vida útil, a diversas ações após a sua concepção, tais como: Ação de intempéries (sol, chuva, vento); Agentes externos do entorno da edificação (poluição atmosférica, sonora); e Ações do próprio usuário (utilização, limpeza, reformas). (NOUR, 2003)

E o resultado dessa interação entre o ambiente e o material, incluindo os aspectos de microclima, influencia diretamente as propriedades do material que o compõe e afeta a durabilidade e conseqüentemente a sua vida útil, conforme demonstrado na figura 2.3. (JONH E SATTO, 2006)

Figura 2.3 - Função de desempenho versus tempo descrevendo a durabilidade de um produto em determinadas condições ambientais



Fonte: Jonh e Satto (2006, p.24)

O gráfico da figura 2.3 demonstra a durabilidade de um mesmo tipo de material inserida em ambiente diferenciado, observa-se que, o material exposto na condição 1, está num ambiente mais agressivo do que a condição 2, pois o material da condição 1, teve o encurtamento da sua vida útil ao longo do tempo e a execução da manutenção precocemente.

No entanto, determinar a vida útil da edificação, não depende apenas da durabilidade dos seus componentes e/ou materiais que o compõe, mas também do ambiente no qual estão inseridos, já que os elementos se deterioram em períodos distintos e em diferentes formas, ou seja, possuem durabilidades desiguais.

E a elaboração de históricos de manutenções de componentes com durabilidade desiguais auxilia na previsão das futuras manutenções e consequentemente no desenvolvimento do planejamento, estimando a durabilidade do componente ao longo da sua vida útil com a confiabilidade de que a probabilidade de falha antes do período histórico seja mínima.

2.2 DESEMPENHO

Desempenho é o “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas” (NBR 15575, 2013, p.30) e só poderá ser considerado satisfatório se atender as exigências do usuário daquela edificação. (RAMOS, 2010).

O que o torna um critério um tanto subjetivo por depender também da região e do clima no qual estão inseridas e da particularidade de cada usuário no atendimento a expectativa gerada. (BORGES, 2008)

Numa edificação, o desempenho pode ser entendido como as condições mínimas de habitabilidade (como conforto térmico, higiene, entre outros) necessárias para a utilização dos indivíduos durante determinado período de tempo. (DEMOLIER E POSSAN, 2013)

Segundo Souza (2015), o desempenho pode variar de um produto para o outro, pois as edificações são compostas de diversos produtos que estão sujeitos a um conjunto de fenômeno durante a sua vida útil denominado condições de exposições, causadas por ações de:

- a) Fenômenos naturais (variações de temperatura, umidade do ar, ação de intempéries, ações externas da edificação etc.),
- b) Cuidados no uso (manutenção)
- c) Concepção (exigências do usuário, acomodação da estrutura, ação de carga permanente).

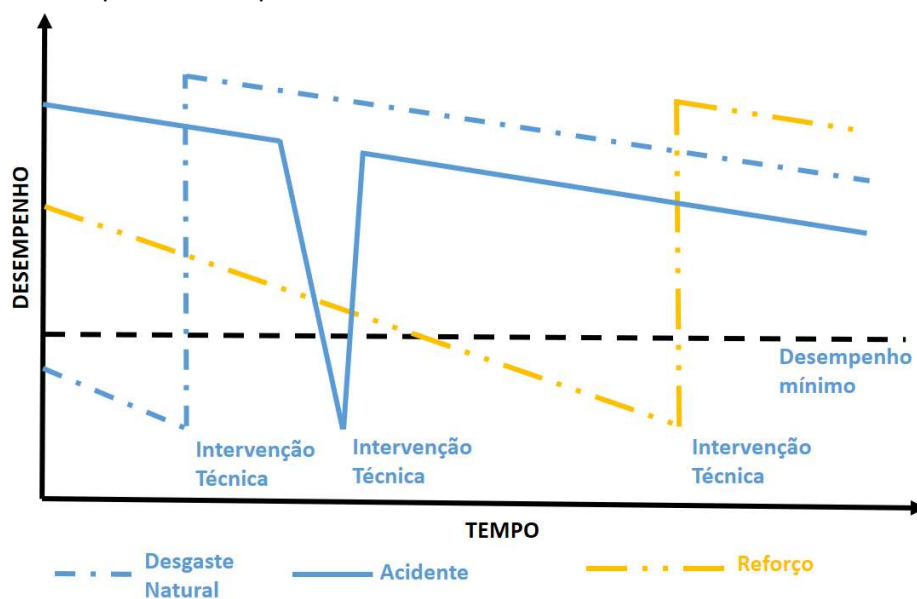
E para a análise do desempenho desses produtos na edificação deve-se considerar também a finalidade a qual foi projetada, e o atendimento aos usuários, independente do material utilizado na fase de concepção. (JONH E SATTO, 2006)

Para atingir a finalidade de se verificar o desempenho dos materiais, (...) é realizada uma investigação sistemática baseada em métodos consistentes, capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do sistema nas condições de uso definidas. (NBR 15575, 2013)

No entanto, ao longo do tempo, independente das interferências técnicas que ocorram, os materiais se deterioram, sendo necessário a intervenção da manutenção destes componentes, conforme gráfico da figura 2.4.

Porém a constatação de edificação com desempenho abaixo do mínimo requisitado, não significa necessariamente o comprometimento total da estrutura e nem que ela está totalmente condenada, mas sim, a indicação de intervenções técnicas reparadoras e/ou restauradoras imediatas, que podem ser mais custosas dependendo do tempo de recuperação e o aumento da perda do desempenho. (PEREIRA, 2011)

Figura 2.4 - Desempenho x Tempo



Fonte: RIPPER; SOUZA (1998, p.18)

3. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

A manutenção centrada em confiabilidade foi desenvolvida no final dos anos de 1960, no setor aeronáutico para o desenvolvimento de avião de grande porte e os princípios e aplicações foram documentadas na publicação de Nowlan e Heap (1978), com o objetivo principal de identificar um conjunto de tarefas que eliminam o custo de manutenção sem comprometer a segurança ou capacidade operacional.

O programa foi baseado na crença intuitiva dos desgaste das peças mecânica e na confiabilidade de que qualquer equipamento está diretamente relacionada à operação, e suas falhas não podiam ser evitadas e sim prevenidas.

O trabalho desenvolvido, demonstrou que a premissa básica da manutenção baseada no tempo era falsa para a maioria dos equipamento e a inexistência de correlação entre a falha e a taxa de idade. (Nowlan e Heap, 1978)

Futuramente foram realizados outros estudos pelo Departamento de Defesa e vários utilitários nucleares que confirmaram o trabalho de Nowlan e Heap.(NASA, 2008)

A manutenção centrada em confiabilidade é baseado em série histórica de acontecimento que considera a quantidade de falhas e a idade que o componente ou sistema predial sofre ao longo de sua vida útil, por exemplo no avião, Nowlan e Heap (1978), ao longo doas anos mapearam essa abordagem criando sua própria série histórica e executaram a manutenção dos componentes baseado nesses acontecimentos.

3.1 IMPLANTAÇÃO DO MCC

A implantação do MCC na construção civil é de difícil aplicabilidade de imediato devido a falta de dados históricos dos períodos de acontecimento das patologias e o acompanhamento da sua evolução ao longo dos anos até o tempo médio de reparo nas estruturas ou materiais.

Cabe lembrar que para estruturas de concreto, a quantidade e o tipo de patologias que a estrutura apresentará, é influenciado também pela classificação da

sua criticidade, o ambiente no qual está inserido, os materiais utilizados durante a sua concepção e possíveis falhas de projeto.

E uma das alternativas é a elaboração de metodologia baseado no mapeamento da evolução das patologias ao longo do tempo, que cria históricos e auxilia a implantação do MCC e também no acompanhamento e na solução dos problemas e aplicação do FMEA.

A MCC permite criar estratégias de manutenção conciliando manutenções corretivas baseadas em agendamento e a confiabilidade do sistema no ambiente operacional, desde que ele continue cumprindo a sua função e atendendo as expectativas do usuários no seu contexto técnico operacional utilizando políticas de manutenção disponível. (MOUBRAY,1997)

E segundo Lafraia (2014) o seu objetivo principal é preservar as funções do sistema e não o equipamento como previsto na manutenção tradicional.

Lafraia (2010, p2.) complementa que

“Confiabilidade define como sendo o nível de confiança que um sistema ou item continue a desempenhar a função básica durante o período pré estabelecido, sob condições de operação padronizada. Desta forma a confiabilidade de um ativo é dependente quase que integralmente da qualidade do programa de Manutenção, que além de custar dinheiro, os materiais utilizados no seu reparo devem ser corretamente dimensionados e adquiridos segundo os padrões técnicos especificados”.

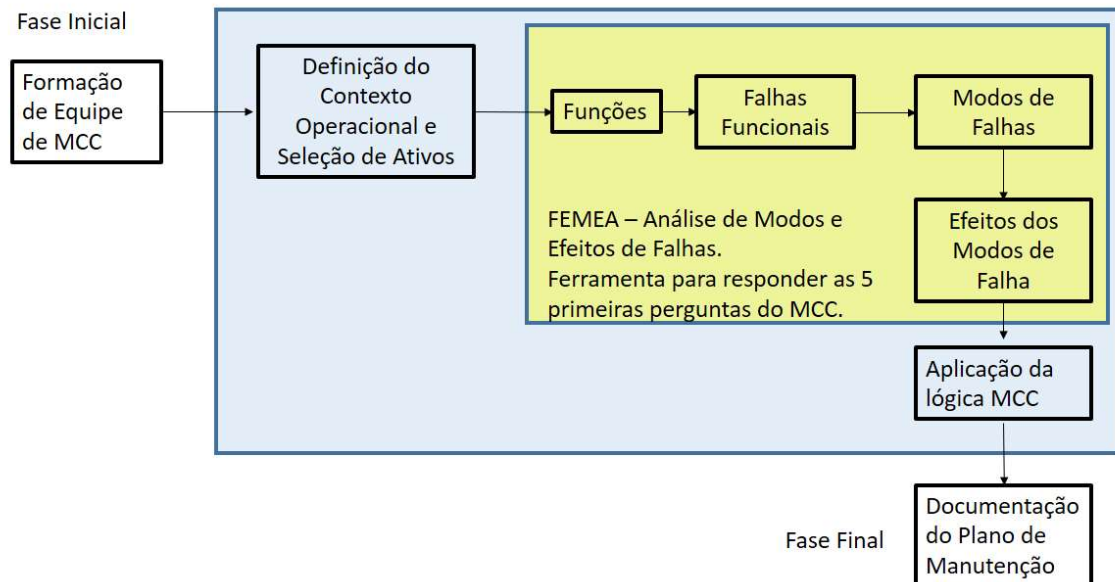
A vantagem da MCC é que integra diversas estratégias de manutenção para tirar vantagens de seus pontos fortes de modo a otimizar a operacionalidade e eficiência da instalação dos equipamentos com o objetivo de minimizar o custo do ciclo de vida da instalação para permitir o funcionamento contínuo conforme previsto com confiabilidade e disponibilidade necessária. (NASA, 2008)

Manutenção centrada em confiabilidade em estruturas de concreto é baseada no número de falhas que o componente, no caso a estrutura, terá ao longo dos anos, considerando também tempo médio de reparo e a quantidade de patologias de: corrosão na armadura, número de fissuras, eflorescência, lixiviação, deslocamento, entre outras.

A MCC é um plano de manutenção preventiva para determinado sistema, dividido em 3 fases: Fase inicial, Implantação, fase final. A fase inicial identifica as funções do sistema e suas possíveis falhas, na fase de implantação estabelece

conjunto de tarefas aplicáveis e eficazes baseado em considerações de segurança e economia e na fase final documenta o plano de manutenção, como demonstrado na figura 3.1 (et all. Marquez, 2009)

Figura 3.1 - Processo de Implantação de MCC



Fonte: Adaptado Marquez (2009, p. 174).

A MCC fornece subsídios para que as equipes decidam que manutenção necessita ser desempenhada, e também, qual manutenção não necessita ser executada, observando como cada componente do sistema contribui para manter a sua função.

Por meio de inspeções periódicas determina e preveni o avanço nas degenerações constatadas, evitando assim a degradação do sistema ou componente.

O desenvolvimento da metodologia baseia-se numa revisão de análise crítica utilizando sete perguntas, com o objetivo de preservar a função do sistema produtivo, que será respondido no estudo de caso. (MOUBRAY, 1997 p, 7):

- 1- Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?
- 2- De que forma ele falha em cumprir sua função?
- 3- O que causa cada falha funcional?
- 4- O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5- De que modo cada falha importa?

- 6- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- 7- O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

3.1.1 DEFINIÇÃO DE FUNÇÃO E PADRÃO DE DESEMPENHO

A função deve atender a expectativa para qual o ativo físico foi projetado para o obter o desempenho desejado, e também as necessidades dos usuários fazendo com que os ativos façam o que eles querem conforme projetado, para isso Moubrey (1997, p.20) cita que “devemos ter um claro entendimento das funções de cada ativo, juntamente com os padrões de desempenho”.

Os ativos físicos podem ser divididos em dois grupos de funções: primárias e secundárias.

Funções primárias: é a razão principal porque o sistema predial ou o produto foi adquirido. Normalmente esta categoria cobre questões tais como: durabilidade, velocidade, quantidade, armazenagem entre outros.

Funções secundárias: são funções reconhecidas e desejadas para que o item faça além das suas funções principais relacionadas com integridades estrutural, economia, segurança, meio ambiente e etc.

Todos os ativos físicos são passíveis de elaboração de programas de manutenção, afinal foram projetados e construídos adequadamente.

E o objetivo do programa de manutenção é assegurar que a execução da manutenção permaneça sempre acima do desempenho desejado e abaixo da capacidade inicial, caso contrário este item não é passível de manutenção, segundo demonstrado na figura 3.2.

Figura 3.2 – Uma situação não passível de manutenção



Fonte: Adaptado de Moubray (1997, p. 24)

3.1.2 FALHA

Falha é definida como a perda de sua função. De acordo com Moubray (1997, p. 46) “a definição correta de falha funcional deve distinguir claramente o estado da falha (falha funcional) e os eventos que causam o estado de falha (modos de falhas)”. Já a falha funcional é definido corretamente como a incapacidade de qualquer ativo de cumprir uma função, para um padrão de desempenho que é aceitável pelo usuário

A falha normalmente ocorre quando ultrapassa o desempenho mínimo requerido, então cabe a manutenção estimar e prever o momento da falha afim de minimizar o tempo médio de reparo (NASA, 2008)

As falhas funcionais são classificadas em totais e parciais, falhas limites inferiores e superiores e falhas contexto operacional.

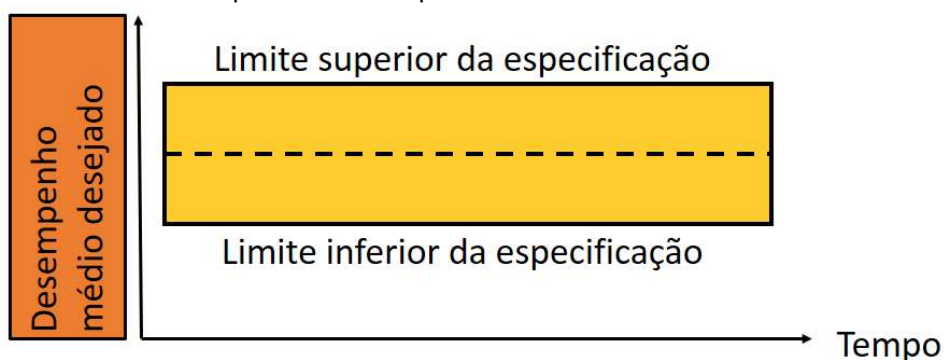
3.1.2.1 Falhas funcionais total e parcial

Falha funcional total significa perda total da função, o ativo pode até funcionar mas ultrapassa os limites mínimos exigidos. Enquanto que na falha parcial o ativo continua funcionando porém dentro dos limites exigidos de desempenho requerido pelo usuário.

3.1.2.2 Falha nos limites superiores e inferiores

São falhas funcionais que estão dentro de um determinado limite, se trabalharem acima ou abaixo desse limite são considerados falha e devem ser investigadas isoladamente, pois, podem ter modos e consequências de falhas diferentes.

Figura 3.3 - Padrão de desempenho: limite superior e inferior



Fonte: Adaptado de Moubray (1997, p.50)

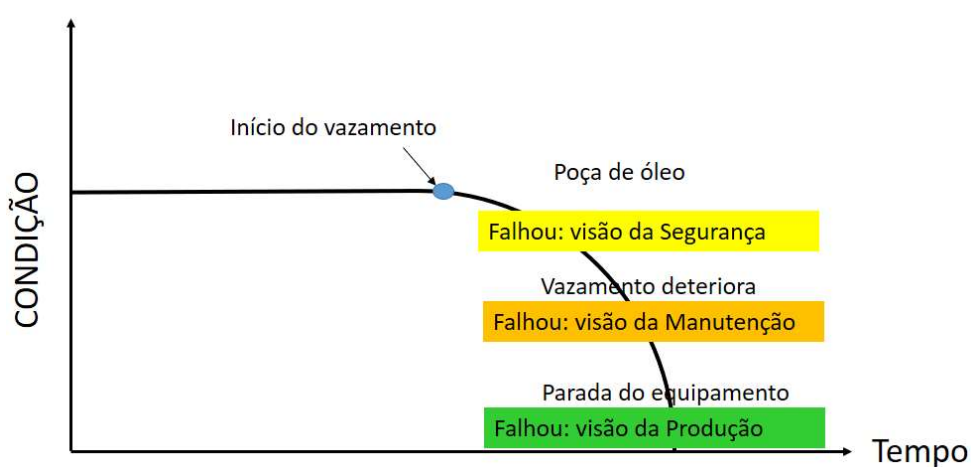
3.1.2.3 Falha de contexto operacional

“A definição exata de falha operacional depende muito do contexto que a falha está inserido, e devemos ter cautela para não generalizar a falha operacional e a função do ativo. Isto significa que, da mesma forma que não devemos generalizar sobre as funções de ativos idênticos, por isso, devemos tomar

cuidado para não generalizar sobre falhas funcionais”.
(moubray, 1997, p.50)

Porque o principal decisor que define se é paralisação ou interrupção é o “usuário”, que muitas vezes decidem por si mesmo segundo o que entende, expondo a definição em várias frentes, por exemplo vazamento de óleo de equipamento conforme demonstrado na figura 3.4.

Figura 3.4 - Visões diferentes sobre a falha



Fonte: LAFRAIA (2014, p. 257)

Quando detectado o vazamento de óleo no chão cada setor interpreta o problema de acordo com a sua visão, para a área de segurança a visão é que há risco eminente de acontecer algum acidente no local, enquanto que na visão da manutenção a falha pode ter ocorrido devido a um consumo excessivo de óleo num longo período e a equipe de produção interpreta como equipamento com possibilidade de paralisação.

3.1.3 ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DE FALHA (FMEA)

O FMEA é uma técnica/processo de identificação e antecipação da falha através de um processo técnico, indutivo e estruturado que determina e analisa a

causa (s), efeito (s) e consequência de cada modo de falha de um item do sistema predial ou produto envolvendo diversos profissionais. (LAFRAIA, 2014)

O objetivo principal da sua análise é eliminar ou compensar os efeitos da falhas pela antecipação dos modos de falhas conhecidas ou potenciais e recomendações de ações corretivas.

É uma ferramenta que pode ser utilizada para análise de atendimento as necessidades do cliente, filosofia de melhoria contínua (ISO), mudança de cultura, percepção e gestão de riscos entre outros.

A sua utilização requer a aplicação de várias perguntas que geram informações para conduzir o gestor do processo na identificação e determinação do tipo de ação para eliminar a causa da falha e amenizar ou até mesmo a extinção das consequências do efeito da falha.

E a sua aplicação requer o preenchimento dos campos do formulário da figura 3.5 que serão detalhados a seguir:

Figura 3.5 - Modelo de Formulário do FMEA

FMEA - Análise do Modo e Efeito de Falha							Data:
Sistema:							
Componente/ Processo	Função do componente e	Possíveis Falhas			Controle Atual	Ações Preventivas	
		Modo(s)	Causa(s)	Efeito(s)		Recomendada	Adotada

Fonte: AMARAL adaptado (2016, p.5)

3.1.3.1 Nome Componente ou Etapa do processo

Identificar o nome do componente na estrutura que será analisada, por exemplo: viga, pilar, laje e etc., e o ambiente no qual está inserido.

3.1.3.2 Função

É toda e qualquer atividade que o item desempenha, sob ponto de vista operacional da eficácia.

Deve-se descrever a sua função na estrutura demonstrando a sua importância, como por exemplo vigas ou pilares que localizam-se em ambientes de piscina, que estão sofrendo constantemente a ação do cloreto, um dos responsáveis pela ação da corrosão da armadura.

3.1.3.3 Modos de falha

É a descrição da forma que um item falha em cumprir a sua função, ou seja, uma não-conformidade no funcionamento do sistema, em relação ao previsto no projeto.

3.1.3.4 Tipo de falhas

É a forma como a falha se apresenta em termos físicos constatados, por exemplo numa estrutura de concreto armado, ela se apresenta através de trincas, fissuras, armaduras expostas entre outras patologias, num motor a combustão através de ruídos, vibrações deterioração de algum componente entre outros.

3.1.3.5 Efeito da falha

É a consequência que o não cumprimento da função do componente irá causar danos ao sistema.

3.2 DETERMINAÇÃO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO

Após análise do FMEA deve-se determinar o tipo de manutenção para assegurar que cada falha apontada durante a inspeção não seja recorrente e os seus efeitos sejam adequadamente tratados. Para isso definiremos os conceitos de manutenção preditiva, preventiva e corretiva.

3.2.1 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva é a realização de tarefas que atencem a falha efetuadas em períodos pré determinados conforme planejado e critérios prescritos com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha ou degradação total do sistema.

As tarefas que envolve manutenção preventiva são divididas em três tarefas: Tarefa baseada no tempo, baseada na condição e teste para descobrir a falha.

A Tarefa baseada no tempo consiste em recondicionar ou substituir os componentes do sistema ou equipamentos independentes do seu estado de conservação em intervalos de tempo pré definido, ou seja, após determinado tempo de uso no plano de manutenção do componente será substituído independente do estado que encontra. (MANUTENÇÃO MUNDIAL, 2016)

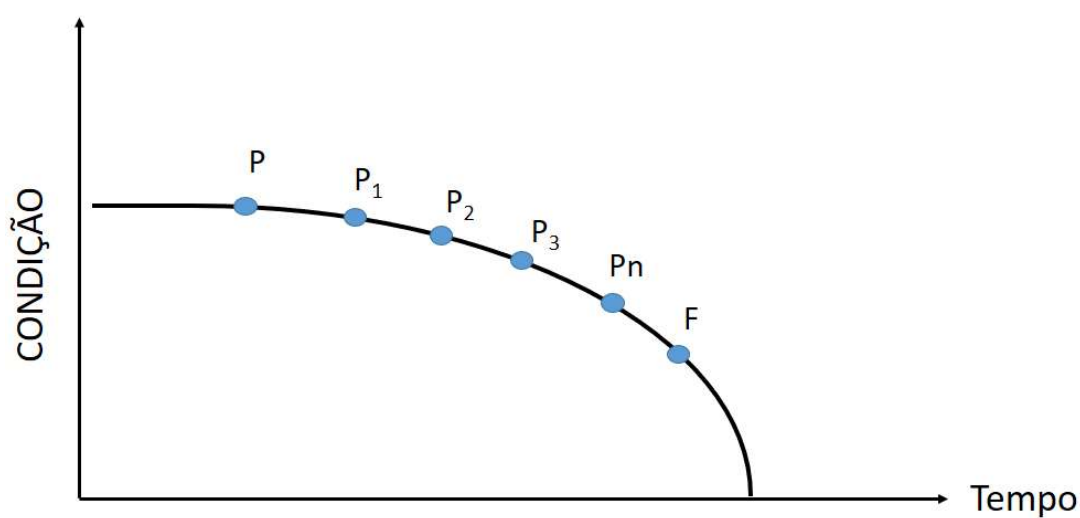
A Manutenção baseada em condição tem a característica de medir parâmetros da falha com a utilização de instrumentos ou equipamentos portáteis e estabelecer correlação com o inicialmente projetado segundo *et. Al/ Prajapati (2012)* e de acordo com Lafraia (2014, p. 266) torna-se viáveis quando:

- É possível identificar claramente o processo de deterioração;
- O tempo para falha é razoavelmente determinável;
- O intervalo das medições é menor que o intervalo para falha;
- O tempo para falha após a medição é suficiente para prevenir ou evitar as consequências da falha funcional.

Alguns exemplos são medições de espessuras, vibrações, termografia, monitoramento de corrosão e etc.

A figura 3.6, demonstra o comportamento do processo de deterioração das condições do equipamento que ocasionam a falha, fundamental no desenvolvimento de estratégia da manutenção baseada em condição e a curva que demonstra esse comportamento é chamado P- F, ela demonstra a evolução da falha ao longo do tempo.

Figura 3.6 - Curva de comportamento (P-F) da falha de equipamento



Fonte: et. all. Prajapati adaptado (2012, p.387)

O ponto P indicado na figura 3.6 é o início da falha, ou seja, quando ela começa a ocorrer e os pontos de falha ao longo do tempo até o ponto de fracasso representado pelo ponto F, chamado de falha funcional (perda de desempenho).

3.2.2 Manutenção Preditiva

“Manutenção preditiva: Esta estratégia consiste em executar as atividades de manutenção preventivas, de acordo com a análise dos diversos elementos do edifício, com base em um planejamento de inspeções. O ideal é que a programação de inspeções seja prevista ainda na fase de projeto, onde deverão ser identificados os elementos a inspecionar e a periodicidade recomendada, em função da durabilidade média dos materiais e equipamentos especificados”. (BARBOSA, 2011, p.28)

Ou seja, a manutenção preditiva em edifícios é a mesma coisa que a manutenção preventiva baseado num planejamento de inspeções periódicas dos elementos que compõe a edificação.

3.2.3 Manutenção Corretiva

É a reparação, restauração ou substituição de componentes para restaurar o sistema ao seu estado original antes da quebra, após a ocorrência, e tem função de devolver ao sistema o desempenho projetado inicialmente.

Para a Norma de desempenho (15575, 2013, p.245), manutenção corretiva é

“Caracterizada por serviços que demandam ação ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários”.

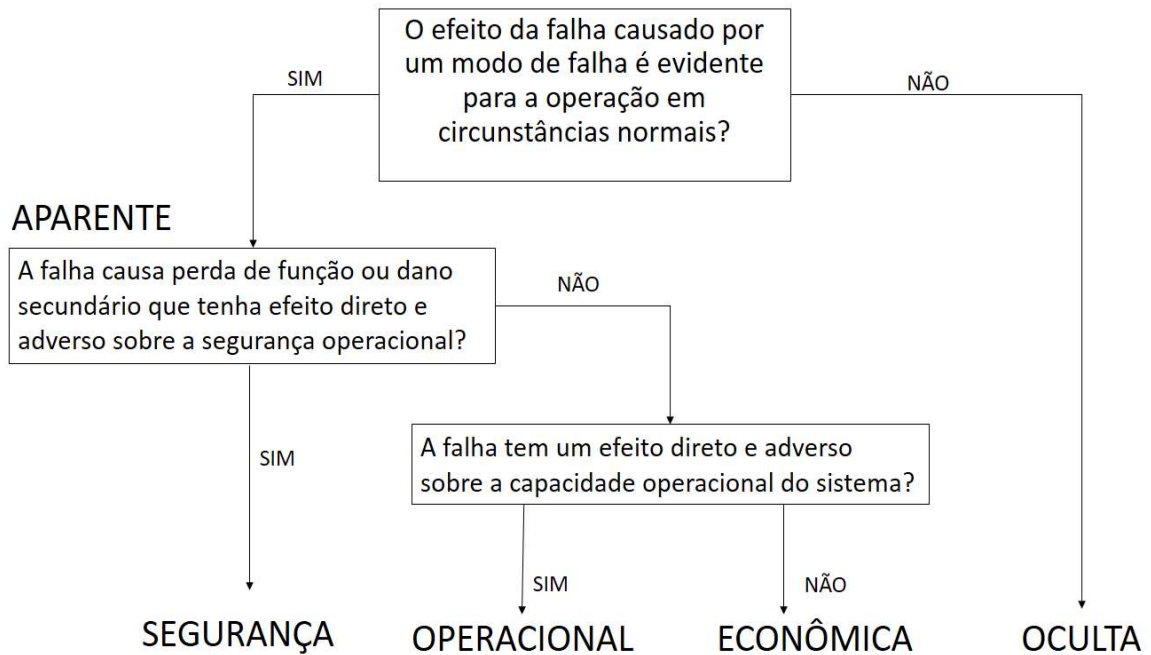
3.2.4 Definição do tipo manutenção

Os tipos de atividades de manutenção aplicáveis é estabelecido através da seleção dos efeitos das falhas (segurança, operacional, econômica e oculta)

Para isso Lafraia (2014) expõe sequencia de perguntas e respostas diretas que direciona e influencia para os modos de falha: segurança, operacional, econômico ou oculto conforme demonstrado pelo fluxograma da figuras 3.7.

A falha de segurança é quando coloca em risco a vida das pessoas, enquanto que a falha operacional é aquela que afeta a capacidade operacional da estrutura atingindo a qualidade do serviço, quantidade de atendimento e até custo, a falha econômica afeta diretamente diretamente no custo do reparo, e falha oculta é aquela que não é evidente a equipde de manutenção ou ao operador, ela está inserida de forma implícita, não detectável a olho nú.

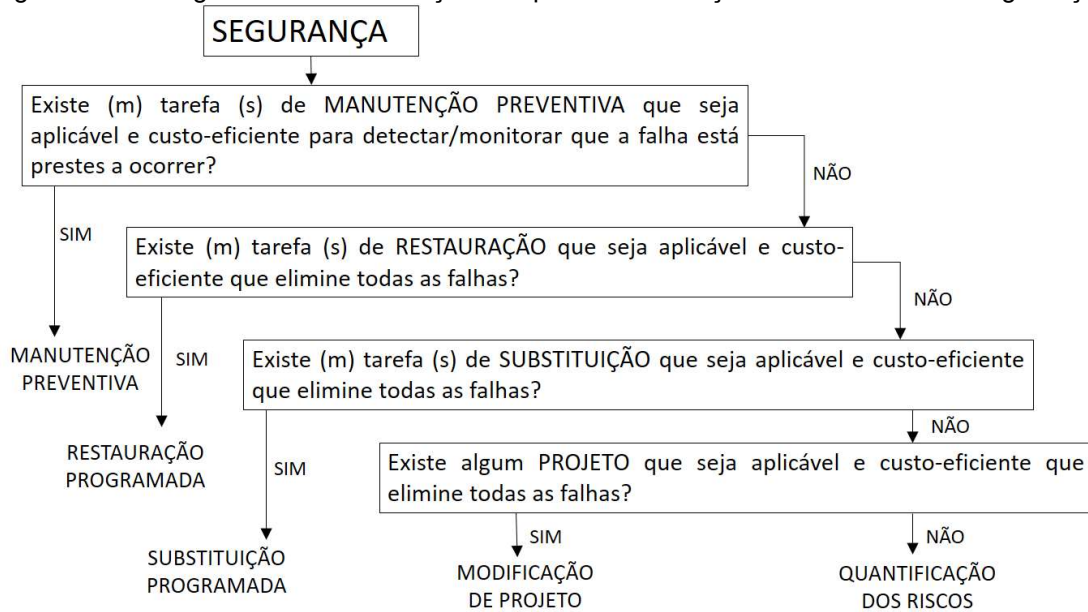
Figura 3.7 - Efeitos da falha



Fonte: Adaptado Lafraia (2014, p.268)

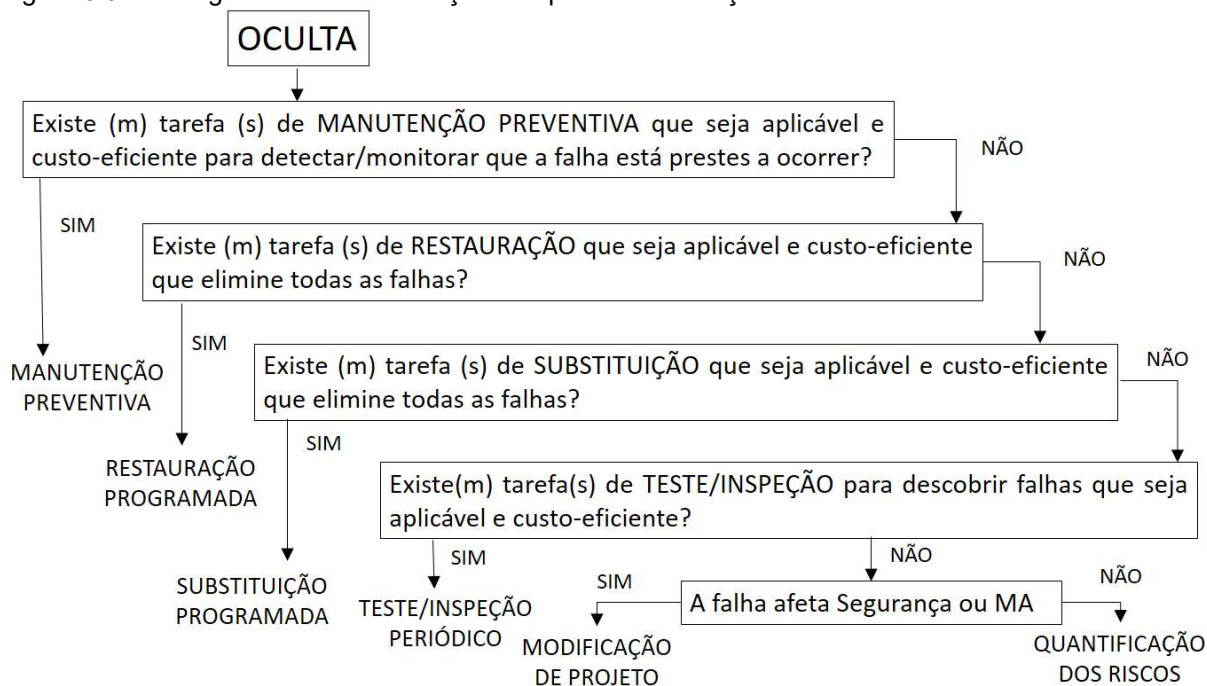
E para cada tipo de falha foi desenvolvido sequencias de novos questionamentos através de diagramas de decisão que definirão o tipo de manutenção adequado a falha identificada e ilustrado por fluxos de decisão conforme demonstrado nas figuras de 3.8 até 3.11.

Figura 3.8 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito de falha segurança.



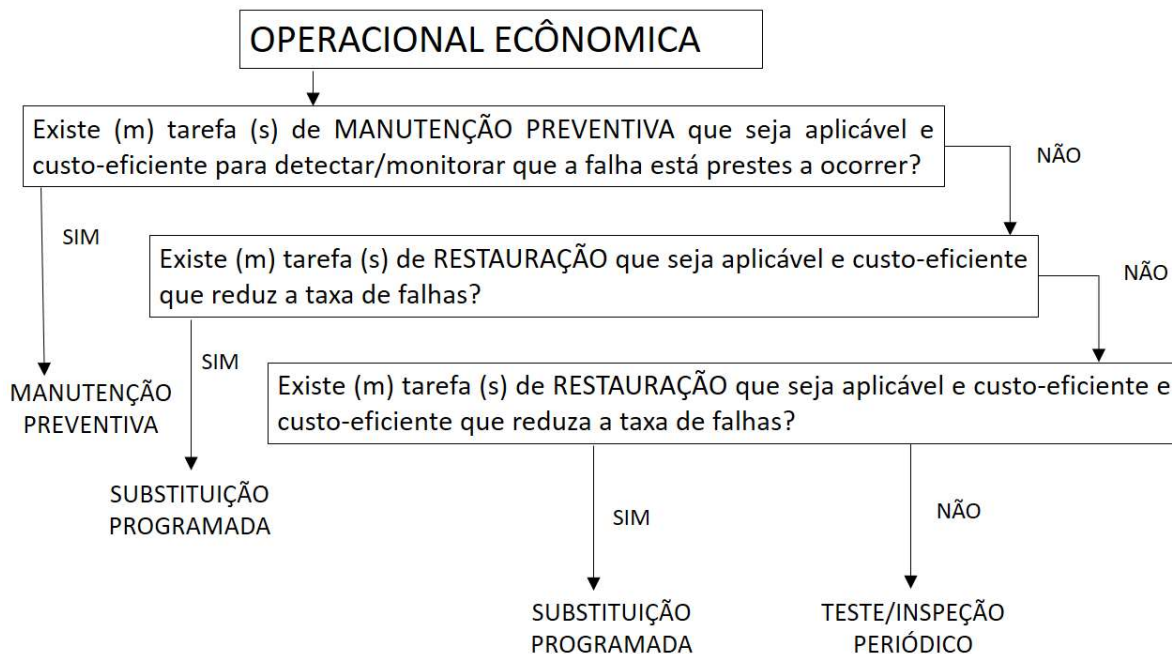
Fonte: Adaptado Lafraia (2014, p.270)

Figura 3.9 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha oculta.



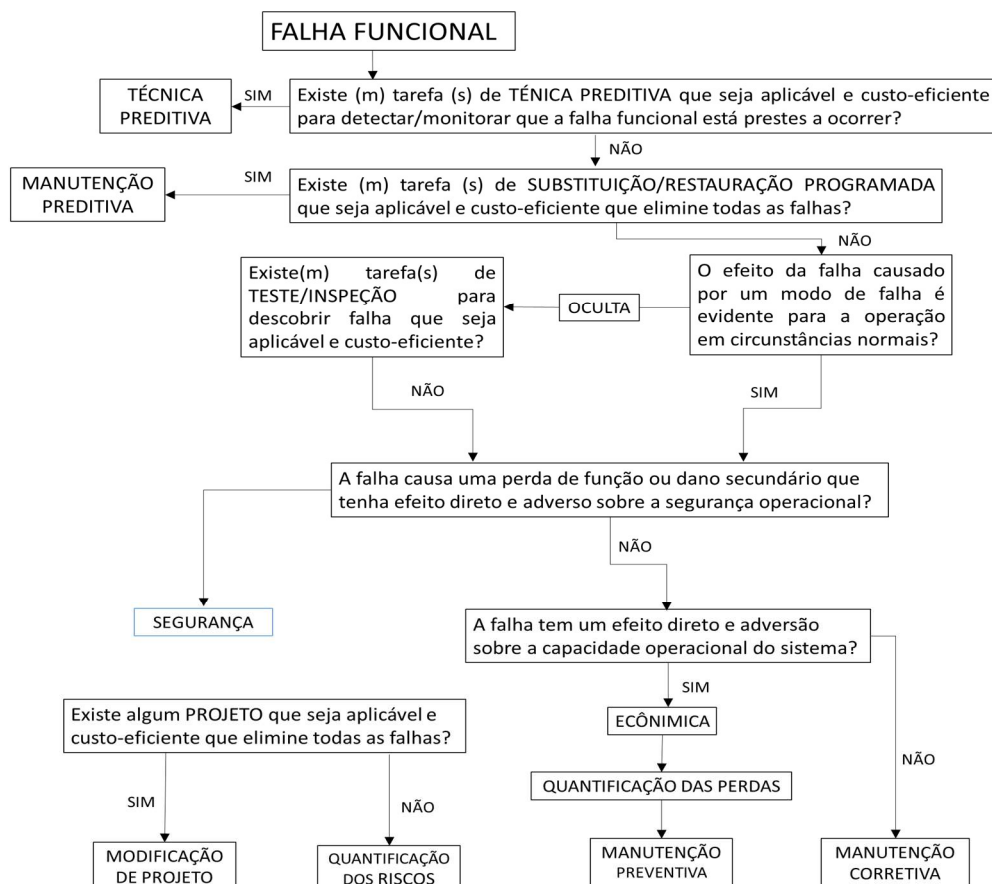
Fonte: Adaptado Lafraia (2014, p.271)

Figura 3.10 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha operacional econômica.



Fonte: Adaptado Lafraia (2014, p.272)

Figura 3.11 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha funcional.



Fonte: Adaptado Lafraia (2014, p.272)

4. ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

De acordo com Azeredo (1997, p.53)

“Concreto é uma mistura de cimento, água e materiais inertes (geralmente areia, pedregulho, pedra britada ou argila expandida) que, empregado em estado plástico, endurece com o passar do tempo, devido à hidratação do cimento, isto é, sua combinação química com a água.”

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil tanto como elementos estruturais (viga, pilar, laje etc.) ou revestimentos (fachadas), e a sua flexibilidade durante o lançamento permitiu a modelagem de peças no formato imaginado além de possuir resistência a compressão e a grandes esforços. (KRÜGER; MOREIRA; BRIK, 2013)

No Brasil a intensificação de utilização de concreto armado deu-se no começo do século XX, causado pelo crescente êxodo rural da população para os grandes centros urbanos em busca de melhores oportunidades e a verticalização foi uma das alternativas das estruturas para absorver toda essa população.

Porém naquela época não havia preocupação com o desempenho no longo prazo e as características do concreto eram baseadas essencialmente no atendimento às exigências mecânicas. (COSTA E SILVA, 2008)

Com o passar dos anos e conseqüente envelhecimento das estruturas, começaram a surgir problemas patológicos o que forçou o desenvolvimento de estudos sobre essas ocorrências, ações preventivas e também terapêuticas.

Apenas em 2013 com o surgimento da Norma de desempenho 15575 (2013, p. 59), é definiu-se as condições mínimas de exposição (sobrecarga, peso próprio, ação de intempéries entre outros) que a estrutura de concreto deve atender durante a vida útil e os seus requisitos mínimos:

- “Não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- Prover segurança aos usuários sob ação de impactos, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- Não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal requisito atendido caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta Norma;
- Não repercutir em estados inaceitáveis de fissuras de vedações e acabamentos;
- Não prejudicar a manobra normal de partes móveis, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento anormal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- Atender às disposições das normas NBR 5629, NBR 11682 e NBR 6122 relativas às interações com o solo e com o entorno da edificação”.

E uma das formas de detectar e evitar o agravamento das patologias presentes na estrutura é através da inspeção estrutural periódica para monitoramento das patologias. Com isso cria-se a possibilidade de proporcionar maneiras de garantir maior vida útil e resistência à degradação da estrutura além de ser uma forma de economizar recursos com a prevenção. (KRÜGER; MOREIRA; BRIK, 2013)

4.1 PATOLOGIAS DO CONCRETO

Para Sabatini (2003, p.1) patologia das construções é a

“Ciência que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequências das situações em que os edifícios ou suas partes deixam de apresentar o desempenho mínimo pré-estabelecido”.

Numa estrutura as manifestações patológicas comprometem a capacidade mecânica, funcional e estética da construção, o que reforça a relação entre a patologia e o desempenho da edificação conforme seu uso.

Além do desempenho há outros dois aspectos essenciais, o tempo que está associado a vida útil, e a condição de exposição que se entende como durabilidade. (ANDRADE E COSTA E SILVA, 2008)

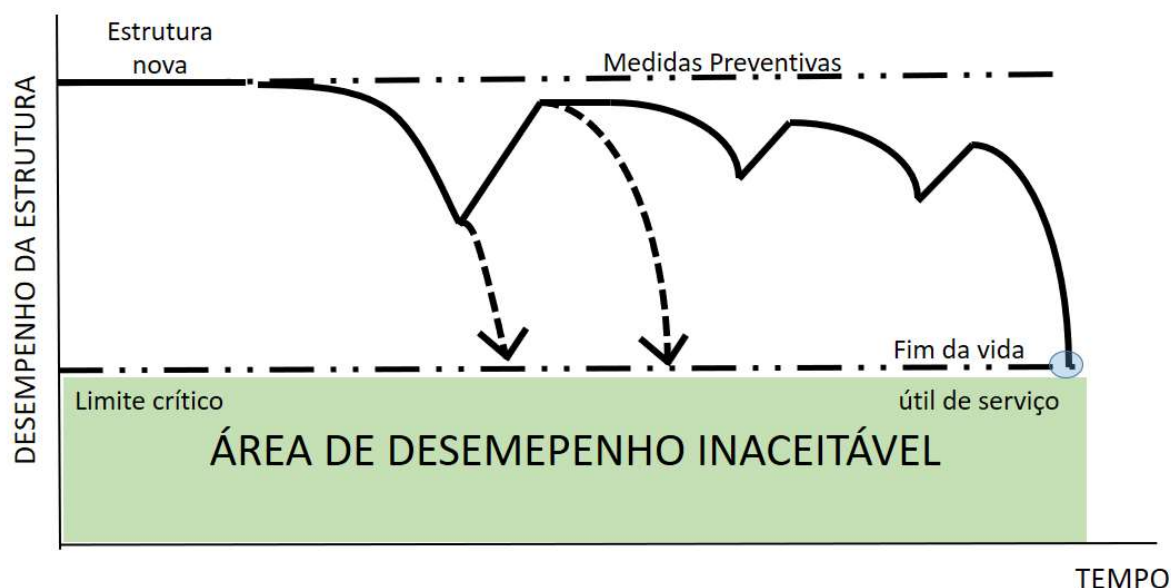
A formação das patologias está diretamente interligada a durabilidade, ou seja, a qualidade dos materiais empregados que compõe a estrutura de concreto e o desempenho ao longo do tempo está relacionado ao atendimento as necessidades dos usuários e o fim para o qual foi projetado, conforme figura 4.1, que juntos atrelados a uma política de manutenção garantem o prolongamento da vida útil da estrutura até o fim da sua vida útil de serviço, conforme demonstrado na figura 4.2.

Figura 4.1 - Conceitos gerais correlatos à patologia das construções



Fonte: ANDRADE E COSTA E SILVA (2008, p. 3)

Figura 4.2 - Variação do desempenho de uma estrutura de concreto armado ao longo do tempo



Fonte: Medeiros, Andrade e Helene (2011, p.10)

Segundo Costa e Silva (2008), a manifestação patológica mais detectada em edifícios de múltiplos pavimentos em concreto armado no Brasil é a corrosão de armadura, cujas consequências estruturais podem ser muito graves, e suas origens são ocasionadas por diversos fatores, como infiltrações de água e deslocamento em revestimentos aderidos principalmente em áreas externas.

O IBAPE (2012) complementa que são comuns nas estruturas de concreto, patologias classificadas como fissuras, trincas, rachaduras e fenda, ocasionadas pelo conflito da combinação química dos elementos ou execução, e a consequência mais comum é o destacamento do concreto ou a perda de seção da peça.

Para Junior (2013 apud Piancastelli, 2005 p. 3)

“Os principais sintomas das patologias em estruturas de concreto, suas causas e configurações pode-se enumerá-los em número de oito: 1. Eflorescência; 2. Fissuração e perda de massa (resistência); 3. Expansão e fissuração; 4. Mancharamento superficial; 5. Expansão, fissuração e lascamentos da armadura; 6. Fissuras, lascas da estrutura; 7. Fissuras verticais em contato com o elemento que restringe a contração da estrutura; e 8. Fissuras da estrutura”.

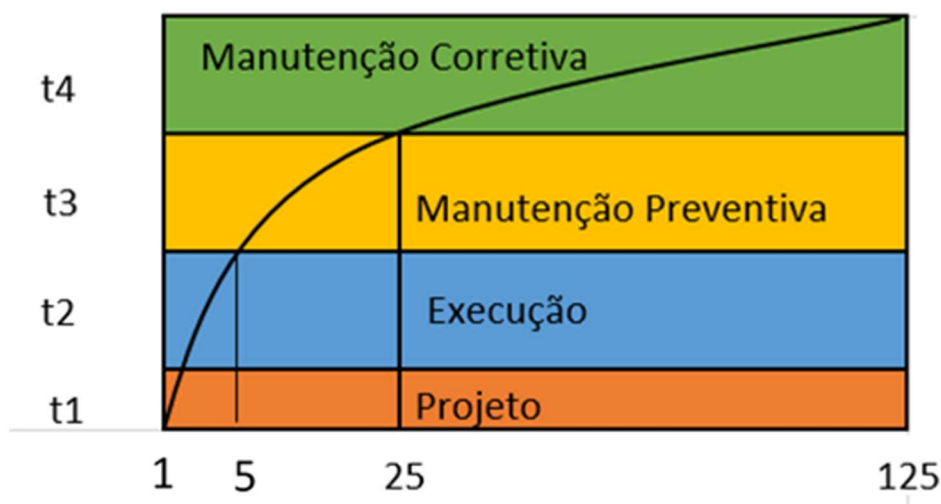
E segundo Medeiros, Andrade e Helene (2011, p.4),

“Não há limites explícitos para fissuras de corrosão, expansões por reações álcali-agregados, lixiviação tipo eflorescências, fungos, manchas, despassivação, carbonatação, perfil de cloretos e outras formas de deterioração das estruturas de concreto”.

Para Krüger (2013), a melhor forma de garantir a segurança da edificação é identificar e diagnosticar os sintomas, bem como o processo de surgimento dos agentes causadores de patologias nas estruturas de concreto através de inspeções estruturais.

Já que segundo Medeiros, Andrade e Helene (2011), o adiamento de uma terapia significa o aumento do custo numa progressão geométrica de razão igual a cinco, conhecido como regra de 5 ou lei de Sitter, demonstrado na figura 4.3, ou seja o quanto antes detectar a anomalia mais fácil e menos oneroso será o tratamento de recuperação.

Figura 4.3 - Representação da evolução dos custos em função da fase da vida da estrutura em que a intervenção é feita.



Fonte: Helene (2003, p.8)

A lei de Sitter relata que em cada fase em que os problemas de patologias do concreto não forem detectados, o custo aumenta em progressão geométrica razão de 5 até atingir a etapa de manutenção onde a suas correções podem custar até 25 vezes a mais que medidas corretas na fase de projeto e na

manutenção corretiva 125 vezes a fase de projeto segundo demonstrado no gráfico na figura 4.1.3. (Helene, 2003)

4.1.1 Definição de Fissuras, trincas, rachaduras e fendas

Segundo Thomaz (1989) as fissuras, trincas, rachaduras e fendas é a classificação adotada para a largura da fenda formada por tensões oriundas de atuação de sobrecarga ou de movimentações de materiais, dos componentes ou da obra como um todo.

De acordo com o IBAPE (2013, p. 67), as aberturas das fissuras são classificadas como:

“Fissura: É um seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um comportamento, com abertura capilar, provocando tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas em ativas (variação da abertura em função de movimentações hignotérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante), com espessura inferior a 0,5mm.

Trinca: é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa com espessura de 0,5mm a 1,0 mm.

Rachadura: é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se “ver” através dela e cuja espessura varia de 1,0 mm até 1,5 mm.

Fenda: é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, causando sua divisão em partes separadas, com espessura superior a 1,5 mm”.

Para Helene (2013), 99% das fissuras poderiam ser desprezadas por não causar qualquer redução da capacidade resistente das estruturas, porém se não tratadas no longo prazo podem trazer graves consequências como corrosão das armaduras.

4.1.2 Corrosão do aço das armaduras

A corrosão de armadura é o mecanismo de patologia de maior incidência no Brasil. CARMONA (2015).

A ASTM G15 (2008, p.2) defini corrosão como sendo “a reação química ou eletroquímica entre um material geralmente um metal, e o seu ambiente que produz uma deterioração do material e suas propriedades”.

De acordo com Figueiredo e Meira (2013), uma das origens da corrosão do aço das armaduras são derivadas de fissuras não tratadas no longo prazo que podem vir a reduzir a capacidade resistente da estrutura.

E segundo Gentil (1996), o mecanismo de corrosão pode ocorrer de duas formas:

- Corrosão por oxidação: são reações químicas e eletroquímicas que acontece na superfície do material, pela reação gás/sólido, e sua característica é a formação de uma película delgada na superfície do metal.
- Corrosão eletroquímica: sempre ocorrerá quando existir diferença no material metálico e o meio que está exposto, principalmente se for corrosivo, e ocorre por natureza expansiva da armadura e pode levar ao surgimento de elevadas trações no concreto, ocasionando fissuras e posterior lascamento do revestimento do material.

4.1.3 Lixiviação

A Lixiviação é um processo físico consequente de uma reação química entre a cal hidratada e a presença de fluxo de água na estrutura. (MEHTA et al, 1994)

E quando combinado com a presença de O_2 causado pelas fissuras oriundas da lixiviação da cal hidratada, resulta na carbonatação, que é uma das causadoras da corrosão da armadura devido à queda acentuada do pH do concreto. (THOMAZ, 2009)

A lixiviação por si só não apresenta problemas patológicos apenas estético, que quando interagido com outras patologias são prejudiciais a estrutura e apresentam as seguintes manifestações patológicas, tais como: manchas esbranquiçadas na superfície, eflorescência podendo chegar a estalactites e aumento de porosidade interna do concreto, como ilustrado na figura 4.4.

Figura 4.4 - Lixiviação de compostos hidratados



Fonte: [Http://paginasamarelasdaimper.blogspot.com.br/search/label/Patologias](http://paginasamarelasdaimper.blogspot.com.br/search/label/Patologias)

4.1.4 Deslocamento do concreto

O Deslocamento do concreto é consequência do produto da corrosão do aço que ocupa volume maior que o metal original, causando tensões de tração no cobrimento do concreto conforme relatado em entrevista por Thomas Carmona. (SACHS, 2015)

Resumidamente, em função do exposto acima foram identificadas os principais mecanismos de deterioração que a vida útil da estrutura de concreto armado, tais como: lixiviação, armadura exposta e trincas e fissuras e destacamento do concreto.

5. ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso será analisado uma edificação de uso público que possuem em suas instalações diversos ambientes como piscinas, quadras, teatro, restaurantes, odontologia, salas de atividades, área de exposição, estacionamentos, vestiários, ambulatório entre outros espaços com uso intenso de atividades que requer desempenho constante da estrutura, com intervenções artísticas que se utilizam da estrutura como parte integrante da exposição como por exemplo: pendurar objetos pesados como piano, ou sobrecarga sobre lajes, além da frequência de público de milhares de pessoas em único dia do fim de semana.

Inaugurada nos anos 90, com 25 anos de idade, com área total aproximada de 20.123,54 m², a edificação possui paredes de concreto praticamente na sua totalidade, principalmente nas fachadas.

Desde a inauguração, a edificação não possui registros de inspeções nas fachadas da edificação, assim como não foram detectados registros formais de inspeções estruturais em anos anteriores, e se existe não houve registro o que torna improvável a comparação e o acompanhamento da evolução das patologias devido à ausência de padronização nas informações neste momento, espera-se que futuramente isso seja possível.

5.1 PRÉ ANÁLISE PARA APLICAÇÃO DO MCC

O desenvolvimento da metodologia baseia-se nas respostas das 7 perguntas abaixo, já citadas no capítulo 3.1 com o objetivo de preservar a função do sistema:

1) Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?

Como função, o ativo deve garantir a estabilidade da edificação e a segurança dos usuários e o seu desempenho só será possível determinar com precisão ao longo do tempo com inspeções periódicas na estrutura para acompanhamento e monitoramento das falhas.

No momento o que se espera é que o ativo esteja sempre disponível para utilização e sem interdições que comprometa o funcionamento das atividades e o acesso do público.

2) De que forma ele falha em cumprir sua função?

Existem diversas formas de falhas para este ativo durante cumprimento da sua missão, entre elas podemos citar: Armaduras expostas e oxidações, deslocamento da superfície de concreto, concreto segregado (ninho de pedras), concreto disgregado (concreto quebrado), fissura ou trinca, junta de concretagem danificada, lixiviação, recobrimento da armadura reduzida, manchas de umidade, juntas de dilatação com infiltração, corrosão superficial, corrosão avançada e piso danificado.

3) O que causa cada falha funcional?

As causas das falhas em estrutura de concreto armado são diversas entre elas podemos ter falhas devido ação de intempéries, excesso de carga, movimentação, e falhas devido a deficiência de outros sistemas prediais como por exemplo infiltração devido a deficiência da impermeabilização da laje de cobertura, reação química de gases com os componentes do concreto entre outras.

4) O que acontece quando ocorre cada falha?

Uma das consequências das falhas apontadas nas estruturas de concreto armado é o aspecto estético percebido num curto prazo, que passa a sensação de abandono para o usuário e existência de problema grave, já num longo prazo a falha deverá ser tratada isoladamente para cada situação, a falha mais grave é a perda de resistência, deslocamento da estrutura de concreto expondo a ferragem que num longo prazo pode ocasionar em colapso da estrutura.

5) De que modo cada falha importa?

Cada falha atua isoladamente na estrutura com diferentes consequências, porém em todas elas se a recuperação não for executada com brevidade se tornará mais custosa e de difícil solução ao longo do tempo.

6) O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?

Monitoramento das falhas através de inspeção predial atrelado a um plano de manutenção preventiva e corretiva quando necessário.

7) O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Deve-se utilizar o FMEA para auxiliar na detecção do erro no processo, e propor melhorias com o objetivo de reduzir falhas e reduzir o campo de ação das inspeções, ações e manutenções.

5.2 IMPLANTAÇÃO DO MCC

Concluído a resposta das 7 perguntas citadas, deu-se sequência na implantação do MCC com o levantamento prévio das patologias e suas causas, para análise e definição do tipo de manutenção a ser aplicada ao longo do tempo.

Para isso, primeiramente foi desenvolvido o escopo de contratação de empresa especializada em inspeção estrutural de concreto armado e neste escopo foi solicitado:

1) Preenchimento de ficha técnica da edificação, contendo dados do empreendimento:

- Nome da edificação;
- Endereço;
- Data da construção;
- Motivo da solicitação;
- Nome do coordenador responsável da unidade;
- Agressividade do ambiente.
- Identificar a construtora;
- Identificar os projetistas;
- Caracterizar a edificação: número de andares, tipo de lajes, croquis do esqueleto e tipo da fundação, entre outros;
- Verificar registros de intervenções anteriores (data de execução; empresa responsável; projeto; motivo e locais de intervenção);
- Analisar os projetos da edificação;
- Observação: Comunicar a solicitação de inspeção aos projetistas e à construtora.

Devido a extensão das planilhas apresentadas foi inserido nos anexos apenas exemplos dos itens mencionados abaixo.

- 2) O mapeamento da estrutura contendo todos os ambientes e as áreas de piso, Anexo A.

O objetivo desse mapeamento é demonstrar além da localização das patologias que serão apontadas como também a dimensão do lugar que deverá ser interditado em caso de reparo.

- 3) Folha de preenchimento da inspeção de estrutura.

Esta folha é composta com localização do ativo, tipo de instalação/equipamento, fotografias da patologia com legendas, classificação quanto ao grau de criticidade, descrição da não conformidade e orientações técnicas quanto a solução do problema, conforme exemplo no Anexo B.

Cabe ressaltar que o grau de criticidade adotado para este trabalho durante a inspeção é o critério de classificação proposto pelo IBAPE em crítico, regular e mínimo.

- 4) Planilha quantitativa

Elaboração de planilha resumo com todas as patologias quantificados ou em metro quadrado ou metro, conforme exemplo no anexo C.

- 5) Planilha Resumo dos apontamentos

Todos os apontamentos do relatório deverão ser listados em planilha eletrônica, itemizada, com descrição sucinta do problema, local, criticidade (crítica,

regular ou mínima), identificação da foto no relatório e a solução sugerida, de acordo com o exemplo do modelo de tabela no anexo D.

5.3 RESULTADOS DA INSPEÇÃO

Após a inspeção é realizado o quantitativo das patologias endereçado ao ambiente que ela se encontra e com a fotografia do problema, as causas e possíveis consequências.

Para isso, foi elaborada planilha resumo segundo tabela da figura 5.1, como exemplo, que indica a área o tipo de anomalia, (armadura exposta, fissuras e trincas, sinais de lixiviação etc.) apontado naquele ambiente, o grau de criticidade, e o número do item que está relacionado ao número da folha do relatório fotográfico levantado em campo, conforme tabela da figura 5.2.

Figura 5.1 - Tabela resumo dos apontamentos.

N°	TORRE	ANDAR	DESCRIÇÃO	ÁREA TOTAL m ²	ANOMALIAS	
					TIPOLOGIA	GRAU DE CRITICIDADE
1	A	3°ss	Estacionamento para servidores e usuários	1.366,00	Fissuras e trincas (FI)	MÍNIMO
					Armadura exposta (AE)	
					Manchas de umidade (MU)	
					Sinais de lixiviação (LI)	
					Recobrimento reduzido (RR)	
					Junta de dilatação danificada (JD)	
					Concreto disgregado (CD)	
2	A	3°ss	Áreas reservadas à depósitos de setores diversos e almoxarifado	287,31	Fissuras e trincas (FI)	MÍNIMO
					Concreto disgregado (CD)	
					Manchas de umidade (MU)	
3	B	3°ss	Hall elevadores	19,15	SRF	
4	B	3°ss	Refeitório servidores	110,85	SRF	
5	B	3°ss	Área Técnica (casa de máquinas, geradores)	708,77	SRF	
6	B	3°ss	Área de circulação	46,8	SRF	
7	B	3°ss	Área de escadas	17,67	SRF	

Fonte: Autor

Figura 5.2 - Relatório fotográfico de campo - Modelo

AMBIENTE

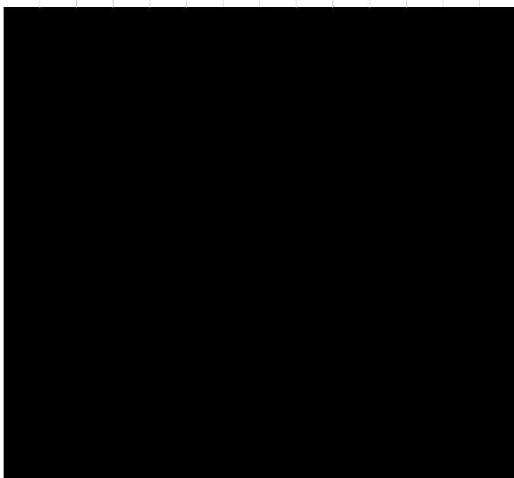
ANDA
P

FOTO Nº 22 - 1 -



FOTO Nº 22 - 2 - Detalhe de revestimento cerâmico. Infiltração acentuada pela abertura entre juntas do azulejo.



FOTO Nº 22 - 3 - Abertura no revestimento cerâmico da parede - infiltração acentuada com risco à segurança dos usuários devida à cabine elétrica (sala contígua) sujeita à empoçamentos.

DESCRIÇÃO DA NÃO CONFORMIDADE

Infiltração acentuada pelas aberturas entre revestimentos cerâmicos.

CRITICIDADE (estruturas de concreto)

CRÍTICO

ORIENTAÇÕES TÉCNICAS

Verificar causas da infiltração.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO À DEFICIÊNCIA

Necessidade de identificação das causas e da origem das infiltrações que ocasiona passagem de água para a cabine elétrica primária e secundária (sala contígua), formando poças de água - RISCO DE SEGURANÇA A USUÁRIOS (choque elétrico).

A tabela da figura 5.3, retrata o resumo do quantitativo geral da tabela geral das patologias do exemplo do anexo C, esta tabela é uma fotográfica de toda a edificação, demonstrando o tipo de patologia e o seu quantitativo e a localização, baseado nessas informações, deve-se selecionar os tipos de patologias mais graves e se achar necessário a aplicação do FMEA, que na verdade seria apenas o complemento de informações já que muitas delas estão detectadas no formulário de inspeção.

Com as informações das tabelas apresentadas, o gestor tem condições de definir seu plano de ação e recuperação baseado num registro fotográfico confiável e inspecionado por profissional especializado e habilitado para o serviço.

Figura 5.3 - Resultado do quantitativo de Patologia levantado durante a inspeção estrutural.

Patologia	Quantitativo	Unidade
Armaduras expostas e oxidadas	613,00	m ²
Desplacamento da superfície do concreto	39,00	m ²
Concreto segregado (ninho de pedras)	0,00	m ²
Concreto disgregado (concreto quebrado)	25,00	m ²
Fissura ou trinca (dimensão da abertura em mm)		
0,2 mm	1103,40	m
0,3 mm	954,23	m
0,5 mm	195,30	m
> 0,5 mm	518,37	m
Junta de concretagem danificada	48,30	m
Lixiviação	378,95	m ²
Recobrimento da armadura reduzida (insuficiente)	503,48	m ²
Manchas de umidade	924,32	m ²
Juntas de dilatação com infiltração	101,34	m ²
Corrosão superficial	15,32	m ²
Corrosão avançada	0,03	m ²
Piso danificado	2,54	m ²

Fonte: Autor

A edificação possui área total de 20123,54 m², ao compararmos a quantidade de patologia levantada em relação a área total, temos que:

As patologias representam menos que 13% da sua área total o que equivale a aproximadamente 2605 m² de locais com patologias, é insignificante para a edificação e sua operação com relação a área, ou seja, há poucas áreas de intervenção para serem resolvidas e monitoradas, porém há ambientes em que a patologia é classificada como crítica, estas requerem ações imediatas e devem ser analisadas individualmente.

5.3.1 Análise da criticidade das patologias

Para analisar as criticidades apontadas no estudo de caso utilizou-se durante a inspeção o grau de classificação desenvolvido pelo IBAPE, mínimo, regular e crítico.

5.3.1.1 Classificação mínimo

Segundo o IBAPE/SP (2012, p.67) grau de classificação mínimo – “é quando a patologia é relativa a pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário; recomendando programação e intervenção a médio prazo”.

5.3.1.2 Classificação regular

De acordo com a Norma de Inspeção Predial (IBAPE/SP, 2012, p.67), critério de classificação Regular é classificado quando a patologia “ relativo ao risco que pode provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração

precoce e pequena desvalorização, recomendando programação e intervenção a curto prazo”.

5.3.1.3 Classificação crítica

De acordo com a Norma de Inspeção Predial (IBAPE/SP, 2012, p.67), classificação crítica é quando o “Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil.”.

5.4 Classificação das patologias apontadas no relatório

5.4.1 Armaduras expostas e oxidadas e recobrimento reduzido da armadura

Foram inúmeras as evidências de armaduras expostas e oxidadas, na sua maioria, de natureza pontual. Alguns locais, entretanto, se apresentaram disseminadas em grandes áreas, como os vestiários masculino e feminino (contíguo à área da piscina), situado no subsolo, que na face inferior da estrutura de cobertura (vigas e lajes), foram afetados com a presença de vapor de cloro. Cita-se também os painéis da laje sobre a área do estacionamento de usuários, verificando-se sinais de recobrimento insuficiente da armadura subsolo devido ao ataque de poluentes químicos da fumaça proveniente dos carros devido ao fluxo intenso de veículos ao longo do dia.

Alguns dos painéis das lajes do subsolo apresentam sombreamento das armaduras, denotando recobrimento insuficiente da armadura, já com presença discreta de armaduras expostas.

Outro ambiente que foi detectado sérios problemas patológicos com gravidade classificada como crítica, foi área da piscina.

Neste local foram detectados grande quantidade de armadura exposta e deslocamento de concreto, ocasionados provavelmente pela ação direta do cloro, para este caso específico será aplicado o FMEA para detecção da causa e efeito dos problemas e determinação de possíveis soluções.

As patologias do tipo de armaduras expostas e oxidadas e recobrimento reduzido da armadura apresentada e comentada foram classificadas como críticas por apresentarem risco direto a estrutura da edificação e são derivadas de fissuras não tratadas no longo prazo que podem vir a reduzir o desempenho da estrutura.

5.4.2 Deslocamento da superfície de concreto

Embora raro, foram verificadas áreas de deslocamento nas fachadas, identificadas pelo estufamento localizado do concreto com despreendimento das suas bordas. Aparentemente é atribuível à oxidação expansiva da armadura.

Outro local que foi detectado o deslocamento é o ambiente de piscina e sua área circundante, neste local observou-se manifestação desta anomalia acentuado colocando em risco a vida dos usuários.

Os eventos anômalos de deslocamento da superfície de concreto, de um modo geral, tratam-se de áreas com armaduras oxidadas ainda não expostas.

Os deslocamento da superfície de concreto são classificados como tipo de patologia crítico, que além de afetarem diretamente a estrutura, a queda do pedaço deslocado expõe os usuários ao risco de acidentes graves dependendo da dimensão, principalmente neste ambiente de uso intenso pelo público.

5.4.3 Concreto disgregado

De uma forma geral, as áreas de concreto disgregado se denota presença de escorrimento de água. São os casos das juntas de dilatação entre coberturas, com desgaste das bordas das vigas, assim como em elementos externos.

Observou-se com certa frequência, disgregação de áreas reparadas do concreto, sejam de reparos de acabamento, como para instalação de dispositivos de utilidades, como furos em lajes, paredes e vigas.

O concreto disgregado ou concreto quebrado expõe a armadura da estrutura num médio prazo se nenhuma providência for tomada, conseqüentemente classificaremos a sua anomalia como regular.

5.4.4 Fissuras e trincas

Inúmeras fissuras e algumas trincas foram identificadas nos vários dos elementos de concreto.

Nos painéis de fachadas se manifestam de forma individualizada, sem haver concentração e tampouco alinhamento aleatório. Observa-se com alguma frequência nas proximidades das aberturas das janelas dos painéis.

Há fissuras nas lajes e vigas de cobertura dos estacionamentos do subsolo (principalmente da Torre A), assim como nas suas paredes de contenção, muitas com presença de lixiviação e sinais de infiltração de água. As fissuras das vigas são de pequena abertura, cujos alinhamentos são transversais e se localizam nas proximidades no meio do vão entre transversinas.

Por enquanto as trincas encontradas não apresentam riscos tanto para os usuários como a edificação, apenas questão estética e possibilidade maiores danos a estrutura num longo prazo por este motivo classificaremos como mínima, porém é indispensável a elaboração de planejamento para monitorar a evolução destas trincas e fissuras caso não seja tratado num curto prazo.

5.4.5 Sinais de lixiviação

Algumas áreas, principalmente nas lajes e paredes do subsolo dos estacionamentos, verificam-se áreas com manchas de lixiviação, sem presença de fissuras ou vazios de concreto. Embora com sinais oriundos da época da construção, algumas sugerem presença de concreto permeável e afloramento mais recente.

Há poucas áreas com esta patologia e não apresentam riscos num curto prazo aos usuários e a edificação, deve-se também elaborar planejamento para monitorar a evolução desta patologia, caso não seja tratada num curto prazo, para esta anomalia classificaremos o grau de criticidade como mínima.

5.4.6 Manchas de umidade

São inúmeras áreas com manchas de umidade e sinais de passagem de água que denotam falhas no sistema de drenagem e de vedação. Observa-se que há pontos de localizados de infiltração por problemas de acabamento e vedação, assim como ausência adequada de impermeabilização.

Verifica-se ainda que há aspectos falhos no sistema de drenagem e ausência de dispositivos de desvio das águas de chuva e do subsolo. Como consequência, resultam no desgaste e deterioração prematuros do concreto. Cita-se os drenos não revestidos e não canalizados das paredes de contenção do subsolo, onde se observa escorrimento aleatório pela superfície do concreto, assim como do piso, até atingir a canaleta de recolhimento.

O ambiente que mais sofre com esta patologia são os subsolos e a deficiência da drenagem já nasceu com a edificação e localiza-se principalmente no ambiente dos estacionamentos, local de apenas de passagem e não de permanência de público, porém a sua ação resulta no desgaste prematuro do concreto por este motivo a sua criticidade será classificada como regular.

5.4.7 Pisos danificado

Apenas os pisos de revestimento de concreto apresentaram anomalias. São pisos da cobertura dos prédios e dos estacionamentos dos subsolos. Os pisos da cobertura apresentam juntas de dilatação com bordas danificadas. Há danos no concreto de acabamento das escadas expostas.

Pisos dos subsolos (estacionamentos) apresentaram, em alguns trechos, danos por escoamento de água entre a parede de contenção e a canaleta de drenagem.

Para os pisos danificados classificaremos a criticidade como mínimo que além da pequena quantidade detectada durante a inspeção a sua correção não impacta diretamente na estrutura e não apresenta risco aos usuários.

5.5 FEMEA

Entre todas as patologias analisadas aquela que possui maior criticidade é o deslocamento da laje de concreto no ambiente da piscina causado pela expansão da armadura como consequência da corrosão, que além de já ter ocorrido recentemente em pequenas dimensões sem graves consequências, está em um ambiente de uso intenso e constante pelos usuários desde a sua abertura até o encerramento.

Porém o deslocamento da laje causado pela expansão da armadura neste local possui grande probabilidade de causar fatalidades dependendo da dimensão do pedaço, por este motivo requer uma análise detalhada do problema com o auxílio do FEMEA na detecção das causas.

Figura 5.4 - Diagrama do FMEA

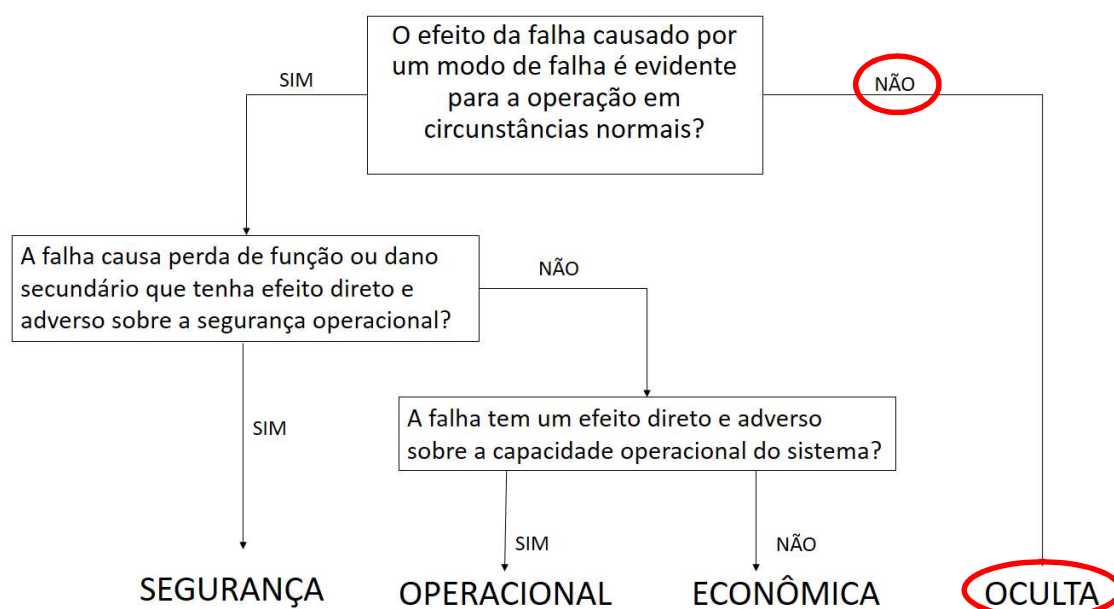
FMEA - Análise do Modo e Efeito de Falha						Data: Dez/15	
Sistema: Estrutura de Concreto							
Componente/ Processo	Função do componente	Possíveis Falhas			Controle Atual	Ações Preventivas	
		Modo(s)	Causa(s)	Efeito(s)		Recomendada	Adotada
Corrosão da Armadura	Sustentar a estrutura da cobertura da piscina	Fissuras na estrutura, acúmulo de cloreto no ambiente	Reação química com o cloreto com a armadura da estrutura, corrosão, expansão da corrosão e deslocamento	Deslocamento do concreto	Não há	<ol style="list-style-type: none"> 1) Instalar rede de proteção sob a laje imediatamente como ação paleativa para não cair pedaços da estrutura nos usuários; 2) Avaliar a eficiência do sistema de exaustão da piscina e/ou revisar o projeto de exaustão; 3) Diminuir o intervalo de tempo das inspeções na estrutura neste local; 4) Recuperar a estrutura e aplicar resina de proteção periodicamente na estrutura; 5) Realizar testes com martelo para detectar locais ocultos antes da queda da estrutura. 	Instalação de rede de proteção sob a laje em aquisição até o momento e as demais ações estão sendo executadas

Fonte: Autor

5.6 DEFINIÇÃO DO TIPO DE MANUTENÇÃO

Após análise do FMEA para o problema da corrosão da armadura que ocasionou o deslocamento da laje de concreto podemos concluir que se trata de uma falha oculta que só é detectada após o descolamento do concreto ou com a presença de fissuras, após resposta do questionamento apresentado na figura 5.5 já apresentado anteriormente no capítulo 3.

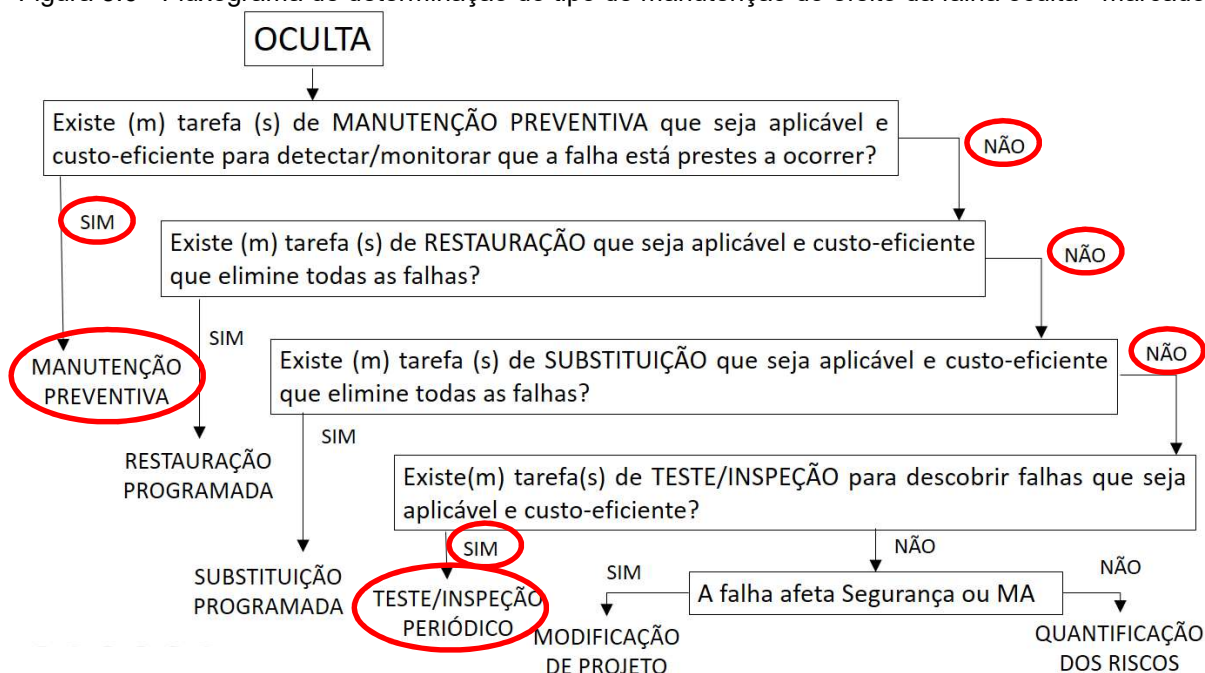
Figura 5.5 - Efeitos da falha – marcado.



Sendo assim, aplicaremos o fluxograma de falha oculta para determinar o tipo de manutenção do efeito da falha é oculta.

Para isso aplicaremos o fluxograma do efeito da falha oculta apresentado no capítulo 3 para determinar o tipo de manutenção exposto novamente na figura 5.6.

Figura 5.6 - Fluxograma de determinação do tipo de manutenção do efeito da falha oculta - marcado.



Fonte: Adaptado Lafraia (2014, p.271)

O fluxograma nos encaminha para dois tipos de manutenção após respondermos a primeira pergunta, a manutenção preventiva através da aplicação de resina para proteção da estrutura ao longo do tempo e a elaboração de um planejamento de inspeções periódicas e testes de percussão para detectar e mapear a patologia quando necessário.

Não podemos esquecer também de avaliar as condições de operação do sistema de exaustão e se for o caso revisar ou complementar o projeto.

6. ANÁLISE DA CRITICIDADE

A edificação apresenta no geral bom estado de conservação, mesmo sem o registro de execução de manutenções corretivas ou preventivas ao longo do tempo.

Baseado no resumo das informações obtidas com quantitativo de patologias levantados durante a inspeção da estrutura, tabela 5.1, anexo C atrelado a tabela 5.3 - Planilha resumo dos apontamentos, é possível a determinação dos locais

de intervenções que serão realizadas manutenções corretivas ou elaboração de planos de manutenção, dando também a opção pela não execução de manutenções corretivas naquele momento.

Após aplicação do FMEA foi possível detectar os reais problemas com o deslocamento do concreto, assim como propor ações efetivas para a solução assim como também foi possível optar pela escolha do tipo de manutenção a ser realizada respondendo os questionamentos apresentados no fluxograma, onde verificou-se que se trata de uma falha oculta que requer inspeções e manutenções preventivas periódicas após a sua correção.

E também o estudo de caso, reafirma a questão de o concreto ser um bem durável e que precisa de manutenção ao longo dos anos para garantir o prolongamento da sua vida útil.

Com isso o estudo de caso demonstrou também a importância da realização de inspeções periódicas na estrutura, não apenas para emissão de certificado de estabilidade solicitado pelo órgão público, mas também para acompanhar a evolução das patologias ao longo dos anos com o objetivo de preservar a durabilidade e o desempenho da estrutura aumento desta forma a vida útil.

E com as patologias mapeadas e quantificadas, facilita na solução dos apontamentos, tornando possível o acompanhamento e a evolução das anomalias encontradas na estrutura de concreto durante a inspeção e o direcionamento na análise e solução dos problemas no futuro, ocasionando até uma possível redução de custo de manutenção futura, proporcionando aumento na confiabilidade do sistema e consequentemente da vida útil e do desempenho das instalações.

E o estudo de Caso em questão possibilitou um maior aprendizado no sobre manutenção centrada em confiabilidade além de propor uma forma mensurar a confiabilidade nas estruturas de concreto, já que muitas edificações recebem um público com milhares de pessoas diariamente em suas instalações.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALANI, Amir; PETERSEN, Andrew, CHAPMAN, Keith. Applications of a developed quantitative model in building repair and maintenance – case study. Facilities. v.19, n.5/6, 2001. p215-221.

AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisas em Qualidade DEP UFSCAR. Disponível em <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>. Acesso em 02 Jan. 2016.

ANDRADE, T.; COSTA E SILVA, A. J. Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenções das estruturas. 2008. Artigo científico. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2012/04/considerac3a7c3b5es-sobre-durabilidade-patologia-e-manutenc3a7c3a3o-das-estruturas.pdf>> Acesso em: 10 Jan. 2016.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM G15: Standard Terminology Relating to Corrosion and Corrosion Testing. United States, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. Nbr 6118: Projetos de estrutura de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

BARBOSA, B, P. Da intenção de projeto ao uso do edifício: a busca da excelência profissional. Programa de excelência em projetos do CREA-PR. 2011. Disponível em: <http://creaweb.crea-pr.org.br/pro-crea/arquivosAula/curso54/modulo1/fontepesquisa/fasciculo5.pdf>. Acesso em 12 Jan.16.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto. Cadernos de Engenharia de Estruturas. n.8. EESC. Universidade de São Paulo.São Carlos. 1999.

BORGES, C. A. DE M. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. 2008.263 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 2008.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. – Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

COSTA E SILVA, A. J. DA. Método para gestão das atividades de manutenção de revestimentos de fachada. 2008. 221 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2008.

FIGUEIREDO, E. J. P.; MEIRA, G. R. *Corrosão das armaduras de concreto*. In *Congresso Internacional Alconpat.6. Mérida: Boletim técnico. México, 2013, p.1-30.*

GENTIL, V. CORROSÃO. 3º Ed. Rio de Janeiro. Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1996.

HELENE, P. A nova nb 1 /2003 (nbr 6118) e a vida útil das estruturas de concreto. Artigo Técnico. Disponível em < <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/185.pdf>>. Acesso em 12 Jan. 2016.

HELENE, P. Trincas, fissuras, fendas e rachaduras exigem cuidado. Artigo técnico.2013. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/trincas-fissuras-fendas-e-rachaduras-exigem-cuidado/>. Acesso em 12 Jan 2016.

IBAPE/SP – INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. Inspeção Predial: check-up predial: guia da boa manutenção, de São Paulo, editora Leud, 3ª edição, 2012.

JOHN. V. M ; N. M. K. SATTO. Construção e Meio Ambiente. In: SATTTLER, M.I A.; PEREIRA, F. O. R. Durabilidade de componentes da construção. Porto Alegre: Coleção Habitare, 2006. p.21-54.

JUNIOR, P. A DE MATTOS, Minimização das patologias na construção civil à luz das teorias sobre manutenção preventiva das edificações. Artigo técnico. Disponível em: < http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a113.pdf>. Acesso em: 12 de Jan. 2016

KRÜGER, J. A.; MOREIRA, L. DOS P.; BRIK, E. M. J. Estudo das patologias em estruturas de concreto provenientes de erros em ensaios e em procedimentos executivos. In: 8º Encontro de engenharia e tecnologia dos campos gerais, 2013, Disponível em: <<http://docplayer.com.br/2014101-Estudo-das-patologias-em-estruturas-de-concreto-provenientes-de-erros-em-ensaios-e-em-procedimentos-executivos.html>>

LAFRAIA, J. R. B. *Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade*. 1. ed. Qualitymark: Petrobras, Rio de Janeiro, 2001.

MANUTENÇÃO MUNDIAL. Portal Latino Americano de Manutenção. Disponível em: <<http://www.mantenimentomundial.com/sites/mm/tipos.asp?lang=POR>>. Acesso em: 05 Jan. 2016.

MÁRQUEZ, A.C.; LEÓN, P.M.; FERNANDEZ, J.F.G; MÁRQUEZ, C.P.; CAMPOS, M.L. *A practical view to maintenance management* , 2009. . Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 15 . n° 2, 2009, pp. 167-178.

MATTOS, M. C. Planejamento da vida útil na construção civil [manuscrito] : uma metodologia para a aplicação da Norma de Desempenho (NBR 15575) em sistemas de revestimentos de pintura. 2013. 218 f. : Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Belo Horizonte, 2013.

MEDEIROS, Marcelo H. F. ; ANDRADE, J. J. O. ; HELENE, Paulo . Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. In: Geraldo Isaia. (Org.). Concreto: Ciência e Tecnologia. 1 ed. São Paulo: Ibracon, 2011, v. 1, p. 773-808.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J.M. *Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais*. 2. ed. São Paulo, IBRACON, 2008, p. 120 - 199.

MOUBRAY, John. Reliability-Centred Maintenance. 2 ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

NASA. Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment - National Aeronautics and Space Administration – NASA - February 2008.

NOUR, A. A. Manutenção de edifícios Diretrizes para elaboração de um sistema de Manutenção de edifícios comerciais e Residenciais. 2003. 84 f. Dissertação (Especialista em Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios) - Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PEREIRA, P. S. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS PARA AS UNIDADES DE ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE DA CIDADE DE JUIZ DE FORA. 2011, 92 f. Dissertação (Mestrado apresentada ao Curso do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C.A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. Em pauta: revista técnico científica do CREA-PR, Curitiba, n.1, 2013.

PRAJAPATI A., BECHTEL J., GANESAN, S. *A practical view to maintenance management* , 2012. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 18 . n° 4, 2012, pp. 384-400.

RAMOS, G. A, Critérios de manutenção aplicados a unidades escolares da secretaria de estado de educação do paraná atendidas pela secretaria de estado de obras públicas do paraná. 2010. 98 f. Dissertação (Curso de Pós Graduação em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Maringá, 2010.

RIO DE JANEIRO. Decreto - Lei nº 6400, de 05 de Março de 2013. Determina a realização periódica por autovistoria, a ser realizada pelos condomínios ou por proprietários dos prédios residenciais, comerciais e pelo poder público, nos prédios públicos, incluindo estruturas, fachadas, empenas, marquises, telhados e obras de contenção de encostas bem como todas as suas instalações e cria laudo técnico de vistoria predial (Itvp) no estado do rio de janeiro e dá outras providências. Lex: coletânea de legislação. Edição estadual, Rio de Janeiro, p.1, 2013.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto regulamenta o art. 10 da Lei Complementar nº 284, de 27 de outubro de 1992. Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem

obedecidas na manutenção e conservação das edificações. Lex: coletânea de legislação. Edição municipal, Porto Alegre, p.2, 2013.

SACHS, A.; Tratamento intensivo - trincas, fissuras e manchas no concreto podem indicar que não devem ser ignorados e merecem reparo imediato. Em pauta: revista técnica São Paulo, n.151, p.40-44, 2015.

SOUZA, R. Conceito de desempenho aplicado a edificações. São Paulo: Ed. EPUSP, 2015.

SABBATINI, F. H.; CARDOSO, F. F.; FRANCO, L. S.; BARROS, M. M. Notas de aula. Aula 29 – Patologias – Conceitos e Metodologia do curso de Tecnologia da Construção de Edifícios II. 2003. Disponível em <<http://docslide.com.br/documents/pcc-2436-2003-aula-29-patologia-conceitos.htm>>. Acesso em: 11 Jan. 2016.

SEIXAS, Eduardo. MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE - Estabelecendo a Política de Manutenção com Base. artigo técnico. 2004. Disponível em <<ftp://ftp.ifes.edu.br/cursos/Eletrotecnica/Cassoli/Manuten%E7%E3o%20EI%E9trica/artigos%20tecnicos/artigo%20%20Manuten%E7%E3o%20centrada%20na%20confiabilidade.pdf>>. Acesso em 30 dez. 2015.

THOMAZ, E. Lixiviação x carbonatação. Em pauta: revista técnica São Paulo, n.151, p.13, 2009.

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. 1º ed. 16º tiragem. São Paulo. Ed. Pini Ltda, 2014.

ANEXOS

8. ANEXOS

8.1 ANEXO A – EXEMPLO DE MAPEAMENTO DAS ESTRUTURAS

Nº	ANDAR	DESCRIÇÃO	ÁREA TOTAL m ²
1	3ºss	Estacionamento para servidores e usuários	1400,00
2	3ºss	Áreas reservadas à depósitos de setores diversos e almoxarifado	300,00
3	3ºss	Hall elevadores	30,00
4	3ºss	Refeitório servidores	115,00
5	3ºss	Área Técnica (casa de máquinas, geradores)	980,23
6	3ºss	Área de circulação	57,60
7	3ºss	Área de escadas	38,50
10	2º ss	Sanitários	15,60
11	2º ss	Área de escadas	42,30
12	2º ss	Áreas Técnicas (DG Telefone, Gerador, Bombas)	12,30
35	térreo	Área de Jardins (entre sanitários)	12,82
36	térreo	Hall Sanitários masculino / feminino / acessível	7,94
37	térreo	Sanitários masculino / feminino / acessível	57,83
39	térreo	Área de escadas	82,83
54	1º pav	Atrium	184,38
55	1º pav	Auditório	182,15
56	1º pav	Sanitários masculino / feminino / acessível	38,45
57	1º pav	Área de circulação	43,85
58	1º pav	Área de escadas	50,21
59	1º pav	Área escada acesso Central de Atendimento	40,12
69	2º pav	Hall elevadores	53,90
71	2º pav	Áreas técnicas (shaft elétrica / ar condicionado / Hidráulica)	25,56
72	2º pav	Centro de Música	265,25
73	2º pav	Varanda	39,55
74	2º pav	Área de escadas	50,21
75	3º pav	Hall elevadores	53,90
76	3º pav	Sanitários masculino / feminino / acessível	29,25
77	3º pav	Áreas técnicas (shaft elétrica / ar condicionado / Hidráulica)	25,56
78	3º pav	Internet Livre	180,50
79	3º pav	Sala de Aula Internet Livre	72,10

Obs: O número identificado nessa tabela acompanhará o laudo em todas as tabelas.

8.2 ANEXO B – EXEMPLO DE CORPO DO LAUDO – APRESENTAÇÃO

AMBIENTE	230 - Face Sul	TORRE	B	ANDAR	Geral
		<p>FOTO N° 230 - 7 - Área com armadura exposta e concreto disgregado sobre marquise acima das janelas, 9º pavimento.</p> <p>FOTO N° 230 - 8 - Armadura exposta com deslocamento na parede, 10º pavimento.</p>			
		<p>FOTO N° 230 - 9 - Concreto disgregado no entorno do buzinode, 6º pavimento.</p> <p>FOTO N° 230 - 10 - Armadura exposta com oxidação causando deslocamento e disgregamento do concreto, 8º pavimento.</p>			
<p>DESCRIÇÃO DA NÃO CONFORMIDADE Trincas na marquise junto ao 9º pavimento. Trincas e fissuras na fachada no 7º pavimento. Recobrimento reduzido da armadura no 1º pavimento. Armadura exposta e concreto disgregado sobre marquise acima das janelas, 9º pavimento e 10º pavimento. Concreto disgregado entorno do buzinode, no 6º pavimento. Armadura exposta com oxidação causando deslocamento e disgregamento do concreto, 8º pavimento.</p>					
<p>CRITICIDADE (estruturas de concreto)</p> <p style="text-align: center;">REGULAR</p>			<p>ORIENTAÇÕES TÉCNICAS Armadura exposta (itens 8.1 e 8.2); Fissuras e trincas (itens 8.1, 8.5 ou 8.6); Concreto disgregado (itens 8.2 ou 8.3); Deslocamento (item 8.1 e 8.2); Recobrimento insuficiente (itens 8.1 e 8.4)</p>		
<p>CLASSIFICAÇÃO QUANTO À DEFICIÊNCIA As patologias constatadas foram classificadas, pela sua significância na área vistoriada e de acordo com descrição apresentada no capítulo 5 deste relatório:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Armadura exposta e oxidada (AE); - Fissuras e trincas (F1); - Concreto disgregado (CD); - Deslocamento do concreto (DE); - Recobrimento insuficiente (RR). 					

8.3 ANEXO C – EXEMPLO DE TABELA QUANTITATIVA DE ANOMALIAS

TABELA DE QUANTITATIVOS DE ANOMALIAS																									
LEGENDA																									
AE	Armaduras expostas e oxidadas				JCD	Junta de concretagem danificada						JD	Juntas de dilatação com infiltração												
DE	Desplacamento da superfície do concreto				LI	Lixiviação						CR	Corrosão superficial												
CS	Concreto segregado (ninho de pedras)				RR	Recobrimento da armadura reduzida (insuficiente)						CRA	Corrosão avançada												
CD	Concreto disgregado (concreto quebrado)				RR	Recobrimento da armadura reduzida (insuficiente)						PD	Piso danificado												
FI	Fissura ou trinca (dimensão da abertura em mm)				MU	Manchas de umidade																			
Nº	TORRE	ANDAR	DESCRIÇÃO	ÁREA m²	AE m²	DE m²	CS m²	CD m²	FI - FISSURAS (m)				ALEATÓRIAS m²	JCD m	LI m²	RR m²	MU m²	JD m	CR m²	CRA m²	PD m²	OUTROS			
									0,2mm	0,3mm	0,5mm	>0,5mm										DESCRIÇÃO	qd		
33	A	térreo	Praça externa	1.152,74	8,30	0,08						18,00							27,00	0,50			Grelhas de drenagem oxidadas/danificadas	50 m²	
223	B	cobertura	Área de escadas	24,57				0,13			15,00														
224	A	fachada	Face Norte		0,70	1,43		1,02	9,50	8,04	4,00	45,70											EFL	1,00	
225	A	fachada	Face Sul		0,15	0,16				17,30	30,50														
226	A	fachada	Face Leste		0,42	0,61		0,05		22,65	2,65	41,50				1,01							EFL+COM. TUB.	3,00	
227	A	fachada	Face Oeste		0,78	4,32		0,01	2,05	8,50	1,80	1,50				0,04									
228	B	fachada	L		0,32	0,09		0,39	3,05	9,65	20,00	11,40				0,065					0,340	CONDUITES C CORROSÃO	4,00		
229	B	fachada	Face Sul		0,36	0,70		0,03	1,30	5,60	4,80	7,95	1,5				2,90		0,33						
230	B	fachada	Face Leste		0,77	0,76		0,02	3,20	7,90	11,90	6,60											PRENCHIMENTO DE CONCRETO	,03m²	
231	B	fachada	Face Oeste		0,09	0,57			0,80	0,60		9,29				0,06	5,50								
232	A	shaft	???																						
233	B	fachada	Escada de incêndio							1,80															
RESUMO DAS ANOMALIAS					AE	DE	CS	CD	FI - FISSURAS (m)				ALEATÓRIAS	JCD	LI	RR	UM		CR	CRA	PD	OUTROS			
					m²	m²	m²	m²	0,2mm	0,3mm	0,5mm	>0,5mm	m²	m	m²	m²	m²		m²	m²	m²	DESCRIÇÃO	unid		
SOMA TOTAL					11,89	8,71	0,00	1,65	19,90	97,04	75,65	141,94	1,50	0,00	0,00	1,18	8,40	27,00	0,83	0,00	0,34				

8.4 ANEXO D – EXEMPLO TABELA RESUMO DAS PATOLOGIAS E SUA CRITICIDADE

N°	TORRE	ANDAR	DESCRIÇÃO	ÁREA TOTAL m ²	ANOMALIAS	
					TIPOLOGIA	GRAU DE CRITICIDADE
1	A	3ºss	Estacionamento para servidores e usuários	1.366,00	Fissuras e trincas (FI)	MÍNIMO
					Armadura exposta (AE)	
					Manchas de umidade (MU)	
					Sinais de lixiviação (LI)	
					Recobrimento reduzido (RR)	
					Junta de dilatação danificada (JD)	
Concreto disgregado (CD)						
2	A	3ºss	Áreas reservadas à depósitos de setores diversos e almoxarifado	287,31	Fissuras e trincas (FI)	MÍNIMO
					Concreto disgregado (CD)	
					Manchas de umidade (MU)	
3	B	3ºss	Hall elevadores	19,15	SRF	
4	B	3ºss	Refeitório servidores	110,85	SRF	
5	B	3ºss	Área Técnica (casa de máquinas, geradores)	708,77	SRF	
6	B	3ºss	Área de circulação	46,8	SRF	
7	B	3ºss	Área de escadas	17,67	SRF	
8	A	2º ss	Estacionamento para usuários	1.491,50	Fissuras e trincas (FI)	MÍNIMO
					Armadura exposta (AE)	
					Manchas de umidade (MU)	
					Sinais de lixiviação (LI)	
					Recobrimento reduzido (RR)	
					Junta de dilatação danificada (JD)	
Concreto disgregado (CD)						
9	A	2º ss	Salas supervisão predial e serviços	45,55	SEM PATOLOGIA	NÃO APLICÁVEL
10	A	2º ss	Sanitário para Manutenção e Serviços	4,35	SRF	