



PROPOSTA DE UMA SUGESTÃO DE ADAPTAÇÃO DA TABELA DE PARÂMETROS DE GRAVIDADE, URGÊNCIA E TENDÊNCIA (GUT) COM UMA ESCALA DE PARÂMETROS OBJETIVOS

SÃO PAULO
2019



JULIANA MARQUES DOS ANJOS
THAIS CARVALHO RODRIGUES
TAMIRES MÁXIMO ESPÍNDOLA

**PROPOSTA DE UMA SUGESTÃO DE ADAPTAÇÃO DA TABELA DE PARÂMETROS DE
GRAVIDADE, UEGÊNCIA E TENDÊNCIA (GUT) COM UMA ESCALA DE PARÃMETROS
OBJETIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia das Obras Civas, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Civas.

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

SÃO PAULO

2019

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos proporcionado forças para passar por todos os obstáculos durante esses anos.

Ao engenheiro civil Prof. De Luca e a todos os professores pela valiosa colaboração no levantamento de campo deste trabalho.

As nossas famílias pelo amor, paciência e incentivo ao decorrer desses 02 (dois) anos.

E por fim, a todas as pessoas e empresas que contribuíram direta ou indiretamente a elaboração deste trabalho, nosso muito obrigado.

FOLHA DE APROVAÇÃO

PROPOSTA DE UMA SUGESTÃO DE ADAPTAÇÃO DA TABELA DE PARÂMETROS DE GRAVIDADE, UEGÊNCIA E TENDÊNCIA (GUT) COM UMA ESCALA DE PARÂMETROS OBJETIVOS

Por

JULIANA MARQUES DOS ANJOS

THAIS CARVALHO RODRIGUES

TAMIRES MÁXIMO ESPÍNDOLA

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

São Paulo (SP) ____ de _____ de _____.

André Tadeu Moreno Figueiró, Esp.

Ricardo Tadeu Pinto de Faria Esp.

Carla Castro de Paula Esp.

RESUMO

No processo de avaliação de estruturas é importante estabelecer padrões claros que auxiliem na tomada de decisões, para isso a metodologia de análise através dos critérios de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) passou a ser utilizada por alguns profissionais para auxiliar na definição de prioridade de tratamentos em manifestações patológicas identificadas nas inspeções prediais, no entanto existem subjetividades que afetam a confiabilidade do método para a tomada de decisões. O presente trabalho tem como objetivo reduzir essa subjetividade através da apresentação de parâmetros de análise, voltados para inspeção de estruturas de concreto utilizando conceitos técnicos para auxiliar no direcionamento inicial das inspeções em estruturas. Foram elaboradas tabelas com a parametrização de conceitos para 3 tipos de manifestações patológicas, fissuras, danos no concreto e corrosão de armadura, com a indicação do item e sua respectiva nota. Após a definição inicial dos parâmetros, foi feita uma avaliação prática, utilizando uma inspeção como base e avaliações feitas separadamente, onde cada avaliador deveria dar as notas das anomalias de acordo com as tabelas propostas. Após a compilação e comparação dos dados foram feitos ajustes nos conceitos, seguido da avaliação de outra inspeção que novamente passou por comparações e ajustes culminando na terceira inspeção que resultando na proposta final onde as notas apresentaram valores aproximado.

Com a redução da diferença entre as notas de cada avaliador é possível concluir que os parâmetros estabelecidos permitem a classificação das manutenções patológicas de forma objetiva, que pode ser utilizada para a inspeção inicial das estruturas de concreto.

Palavras-chave: metodologia GUT, inspeção, manifestações patológicas, estruturas de concreto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pista fechada ao lado do Parque Villa-Lobos (Luiz Guarnieri/Divulgação, 2018)	13
Figura 2 - Trechos afetados com o incidente (UOL, 2018)	13
Figura 3 - Fissura de Retração Plástica - antes do endurecimento do concreto (ANTÔNIO & RECENA, 2014).....	27
Figura 4 - Representação de assentamento plástico (ANTÔNIO & RECENA, 2014, ADAPTADA)	27
Figura 5 - Retração por assentamento plástico (ANTÔNIO & RECENA, 2014).....	27
Figura 6 - Tipos de fissura (HELENE, 2017)	28
Figura 7 - Mecanismo de corrosão por efeito pilha (FUSCO, 2008)	30
Figura 8 - Corrosão na barra de aço (FUSCO, 2008).....	30
Figura 9 - Representação do processo de corrosão da armadura (adaptado de HELENE, 1993)	31
Figura 10 - Concreto segregado (pikgram.com, acessado 05/2019)	33
Figura 11 - Ruptura do concreto (INSTITUTO IPT, 2019)	35
Figura 12 - Concreto disgregado com armadura exposta e corroída (FOTOGRAFADO PELO AUTOR, 2019).....	36
Figura 13 - Fluxograma do Procedimento Metodológico	42
Figura 14 - Gráfico comparativo da proposta piloto	53
Figura 15 - Gráfico comparativo da avaliação documental da proposta revisada	64
Figura 16 - Gráfico comparativo da proposta final.....	74
Figura 17 - Gráfico comparativo de resultados das inspeções	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classe de agressividade ambiental (NBR 6118, 2014).....	17
Tabela 2 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto (NBR 6118, 2014)	17
Tabela 3 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento.....	18
Tabela 4 – Metodologia para inspeções prediais (IBAPE, 2012 adaptada pelo autor)	19
Tabela 5 - Classificação da condição da OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (NBR 9452/2016).....	21
Tabela 6 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (NBR 6118/2014)	25
Tabela 7 – Correlação entre as causas possíveis de manifestações patológicas com as fases do concreto (ALMEIDA, 2016 adaptada pelo autor).....	26
Tabela 8 – Manifestação patológica e causas prováveis (ALMEIDA, 2015, ADAPTADA	29
Tabela 9 - Evolução do comportamento do concreto em função da elevação da temperatura ambiente (CÁNOVAS, 1977 apud SOUZA & RIPPER et al., 1998).....	32
Tabela 10 - Peso utilizado para gravidade (GOMIDE & PUJADAS & FAGUNDES NETO, 2006)	38
Tabela 11 - Peso utilizado para urgência (GOMIDE & PUJADAS & FAGUNDES NETO, 2006)	38
Tabela 12 - Peso utilizado para tendência (GOMIDE & PUJADAS & FAGUNDES NETO, 2006)	38
Tabela 13 - Priorização do GUT (OLIVEIRA, 1995)	39
Tabela 14 – Parâmetros de notas para fissuras – Proposta Piloto	43
Tabela 15 – Parâmetros de notas para danos no concreto – Proposta Piloto	44
Tabela 16 - Parâmetros de notas para corrosão – Proposta Piloto	45
Tabela 17 – Descritivo das tabelas de urgência – Proposta Piloto	46
Tabela 18 - Registro fotográfico da avaliação documental – Proposta Piloto	48
Tabela 19 - Classificação da avaliação documental – Proposta Piloto	52
Tabela 20 – Parâmetros de Notas para fissuras – Revisão 1.....	55
Tabela 21 – Parâmetros de notas para danos no concreto – Revisão 1	56
Tabela 22 – Parâmetros de notas para corrosão – Revisão 1.....	56
Tabela 23 - Registro fotográfico da proposta revisada	60
Tabela 24 – Classificação da avaliação documental da proposta revisada	63
Tabela 25 - Parâmetros de notas para fissuras – Proposta Final	65
Tabela 26 - Parâmetros de notas para defeitos no concreto – Proposta Final	66

Tabela 27 - Parâmetros de notas para corrosão – Proposta Final	66
Tabela 28 – Descritivo das tabelas – Proposta Final.....	67
Tabela 29 - Registro fotográfico da proposta final	70
Tabela 30 – Classificação da proposta final	73
Tabela 31 - Resumo dos resultados	77

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	4
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	5
RESUMO.....	6
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	7
LISTA DE TABELAS.....	8
SUMÁRIO.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
1.2 OBJETIVO.....	11
1.3 HIPÓTESE	11
1.4 JUSTIFICATIVAS	11
1.4.1 Tecnológicas	11
1.4.2 Econômicas.....	12
1.4.3 Sociais.....	12
1.4.4 Ecológicas	14
1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 REQUISITOS DE QUALIDADE PARA O CONCRETO ARMADO	16
2.2 INSPEÇÃO CIVIL	18
2.2.1 Etapas da Inspeção	19
2.2.2 Nível de Inspeção	19
2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	22
2.3.1 Fissuras.....	23
2.3.2 Corrosão da Armadura	29
2.3.3 Danos no Concreto.....	31
2.4 METODO - GRAVIDADE, URGÊNCIA E TENDÊNCIA (GUT).....	37
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
4 APRESENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DA PROPOSTA.....	43
4.1 PROPOSTA PILOTO.....	43
4.1.1 Proposta Piloto para Fissuras	43
4.1.2 Proposta Piloto para Danos no Concreto	44
4.1.3 Proposta Piloto para Corrosão da Armadura	44
4.1.4 Proposta Piloto Descritivo da Urgência e Agressividade.....	45
4.1.5 Aplicação Prática da Proposta Piloto.....	46
4.1.6 Avaliação da Aplicação da Proposta Piloto.....	53
4.2 PROPOSTA REVISADA.....	54

4.2.1	Proposta Revisada para Fissuras	54
4.2.2	Proposta Revisada para Danos no Concreto.....	55
4.2.3	Proposta Revisada para Corrosão da Armadura	56
4.2.4	Aplicação Prática da Proposta Revisada.....	57
4.2.5	Comentários e Observações.....	64
4.3	PROPOSTA FINAL.....	65
4.3.1	Proposta Final para Fissuras	65
4.3.2	Proposta Final para Danos no Concreto.....	65
4.3.3	Proposta Final para Corrosão da Armadura	66
4.3.4	Proposta Final Descritivo da Urgência e Agressividade.....	67
4.3.5	Aplicação Prática da Proposta Final.....	67
4.3.6	Comentários e Observações.....	74
4.4	AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS PROPOSTAS	74
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	77
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

1. INTRODUÇÃO

Segundo MEHTA E MONTEIRO, (2008) nenhum material é propriamente durável, suas propriedades mudam com o passar do tempo. O mesmo atinge o fim da sua vida útil quando suas propriedades estiverem deterioradas de tal forma que a continuidade de sua utilização se torna insegura e antieconômica.

Nas construções brasileiras o concreto é utilizado nos pontos de maior importância, a estrutura, portanto a durabilidade dos elementos dele construídos é crucial para garantir a segurança e também a utilização das obras. Partindo do pressuposto que o processo de degradação é inevitável, o que se pode fazer retarda-lo ao máximo através de medidas desde a fase de projeto na definição do traço e demais parâmetros até o pós-obra onde se aplicam a manutenções preventivas (inspeções periódicas, avaliação das manifestações patológicas e reparos).

Manifestações patológicas são sintomas, um aviso de que algo fora do previsto está acontecendo na estrutura, assim que elas surgem, é necessária uma análise a fim de descobrir o que está ocorrendo, para poder definir a gravidade e o efeito desse problema na obra e no fim encontrar soluções de recuperação ou se necessário, soluções mais drásticas como reforço e demolição.

Alguns países adotam a manutenção planejada, cadastrando e submetendo estruturas a inspeções periódicas para correção de qualquer sinal de deterioração, evitando assim que pequenas imperfeições se tornem grandes danos, cuja recuperação tardia tem custos mais elevados e maior possibilidade de perdas materiais e humanas (SOUZA & RIPPER, 1998).

Em obras de grande porte, onde surgem inúmeras manifestações patológicas, que por sua vez possuem distintas causas, em diferentes elementos estruturais, a priorização de recuperação, em relação ao nível de gravidade, ao comprometimento funcional e ao custo, facilita no gerenciamento e tomada de decisão. Visando a avaliação da estrutura, existem alguns sistemas que nos ajudam nessa priorização, uma das metodologias mais utilizadas é a matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência). Esta ferramenta é utilizada em diversas áreas para o auxílio na solução de problemas, todavia tem diretrizes abertas, o que permite várias interpretações. O presente trabalho tem como premissa a melhoria do método GUT.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A adaptação nos parâmetros da metodologia GUT nas inspeções civis poderá minorar a subjetividade nas avaliações realizadas entre os profissionais da área?

1.2 OBJETIVO

Propor uma sugestão de adaptação da tabela de parâmetros de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) com uma escala de parâmetros objetivos, com o intuito de minorar a subjetividade durante as inspeções em estruturas de concreto realizadas por profissionais da área.

1.3 HIPÓTESE

Presume-se que a subjetividade nas inspeções civis entre os profissionais da área poderá ser minimizada se utilizada a proposta de adaptação nos parâmetros da metodologia GUT.

1.4 JUSTIFICATIVAS

Apresentam-se as justificativas em quatro vertentes, sendo estas as tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1 Tecnológicas

O aumento do uso do concreto nas construções ocasionou uma evolução tecnológica que está em constante desenvolvimento, todavia, ainda se encontram barreiras de aperfeiçoamento no que diz respeito à baixa qualidade de materiais, escassez de mão de obra qualificada, bem como falhas no planejamento e gestão de processos, podendo ocasionar danos à estrutura além das manifestações patológicas ocasionadas pelo fim da vida útil.

Na manutenção das estruturas de concreto, é fundamental que as intervenções necessárias sejam realizadas de forma eficaz, de maneira a aumentar sua durabilidade e segurança operacional, ao mesmo tempo evitando os custos potencialmente altos decorrentes de reparos emergenciais.

A introdução de um método melhorado de avaliação, onde possa agilizar e otimizar o processo de inspeção com foco em priorização, faz com que se firma a importância da qualidade e otimização de tempo para restauração da estrutura, o que pode acabar aumentando a tendência de tecnologias que tenham esses dois parâmetros como foco principal.

É considerável frisar que trazer a importância de utilização adequada da tecnologia já existente como os estudos, leis, normas e bibliografias, ressaltando o prejuízo trazido às estruturas por falhas de utilização desses meios, também é uma pauta que vem atribuído nos

laudos e inspeções e com a utilização mais eficiente do método GUT, pode se enfatizar melhor esses aspectos.

1.4.2 Econômicas

Toda ação preventiva ou corretiva em uma edificação é computada como custo e não investimento, é importante, portanto, que haja um planejamento orçamentário alinhamento de intervenções considerando as manutenções ao longo do tempo.

Como citado anteriormente, a realização de intervenções não previstas pode gerar um grande aumento nos custos de manutenção das estruturas.

Tendo em vista as dificuldades encontradas ao alocar verbas disponíveis quando se tem mais de uma estrutura em análise, bem como a indisponibilidade de metodologias de inspeção que facilitem a padronização das inspeções realizadas pelos profissionais da área, o presente trabalho estuda a probabilidade desta metodologia ordenar de ordenação do grau de deterioração das estruturas constituindo assim um gerenciamento da tomada de decisão auxiliando na priorização de intervenções, melhorando o planejamento e evitando assim o desperdício de tempo e de recursos monetários (YAZIGI, 2009) com intuito de tornar o planejamento orçamentário de manutenções mais assertivo.

Inúmeras empresas e órgãos públicos se deparam com as incertezas ao caracterizar as manifestações patológicas encontradas nas edificações.

1.4.3 Sociais

A falta de manutenção pode provocar sérios impactos para a população, tendo em vista a essencial importância que as estruturas têm para os usuários.

Pode ser citado como exemplo o caso do viaduto da Marginal Pinheiros, cujas placas cederam aproximadamente 2,00m no dia 15 de novembro de 2018, conforme demonstrado na Figura 1.



Figura 1 - Pista fechada ao lado do Parque Villa-Lobos (Luiz Guarnieri/Divulgação, 2018)

Após a ocorrência em uma das vias principais de São Paulo foram necessárias várias manobras no trânsito, incluindo a interdição de 10 km da pista expressa da marginal Pinheiros e outros desvios (UOL, 2018), conforme demonstra a imagem a seguir:



Figura 2 - Trechos afetados com o incidente (UOL, 2018)

De acordo com a NBR 14037/2011 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, a manutenção é um conjunto de atividades que serão realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e suas respectivas partes com intuito de atender às necessidades e segurança dos usuários.

O aprimoramento do método de verificação da Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) das manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto é uma ferramenta para auxiliar no processo de manutenção preventiva, reduzindo assim impactos sociais.

1.4.4 Ecológicas

A falta de manutenção em um edifício, e de processos de inspeção periódicos podem acarretar na perda de sua vida útil e aumento na degradação, sendo que o último estágio pode ser o de demolição parcial ou total que gera um grande impacto ecológico.

Estima-se que só no Brasil a construção civil gere 25% do total de resíduos da indústria e internacionalmente o consumo de recursos naturais do setor está entre 40% e 75% (MENDES, 2018).

Cada intervenção realizada em uma estrutura gera resíduos, alguns deles até perigosos e de difícil descarte como é o caso das resinas e os derivados de petróleo.

Gerenciar corretamente as intervenções em uma estrutura, considerando onde, como e quando será feito o reparo permite não só que a empresa faça a correta gestão dos insumos, como também execute o descarte adequado dos seus resíduos, minimizando os impactos ecológicos.

1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho será apresentado conforme a seguir:

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a fundamentação teórica e discorre sobre os requisitos de qualidade para o concreto armado, as etapas de inspeção, as manifestações patológicas em concreto e os critérios do método de avaliação GUT, que considera a Gravidade, Urgência e Tendência.

O **Capítulo 3** descreve os procedimentos metodológicos e apresenta a proposta de adaptação de parâmetros do método de avaliação GUT visando a minimização de subjetividade entre os profissionais da área de inspeção.

O **Capítulo 4** apresenta a validação da proposta deste estudo com base na avaliação de inspeções realizadas, descrevendo os principais ajustes necessários para finalização da proposta e as análises dos resultados das três inspeções realizadas para validação da proposta.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

O **Capítulo 6** apresenta as referências bibliográficas utilizadas na elaboração do presente trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma fundamentação teórica sobre o concreto armado, inspeção civil, manifestações patológicas e metodologia de inspeção GUT.

2.1 REQUISITOS DE QUALIDADE PARA O CONCRETO ARMADO

A Norma Brasileira Regulamentadora NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, define que as estruturas devem atender aos requisitos mínimos de qualidade classificados durante sua construção e serviço, e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto entre o autor do projeto estrutural e o contratante.

Os requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto são classificados em três grupos distintos sendo eles, a capacidade resistente, o desempenho em serviço e a durabilidade.

- Capacidade resistente: trata-se da segurança à ruptura.
- Desempenho em serviço: é definido como a capacidade da estrutura de manter-se em condições plenas de utilização, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.
- Durabilidade: é a capacidade da estrutura de resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto. As estruturas de concreto armado devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas e quando utilizadas conforme indicado em projeto, conservem sua segurança, sua estabilidade e sua idoneidade em serviço durante o período correspondente à sua vida útil, estabelecida pelo contratante.

A norma NBR 6118/2014 também define critérios distintos de deterioração do concreto, bem como classe do concreto, relação água/cimento em massa e cobrimento nominal da armadura, conforme demonstrado nas tabelas 1, 2 e 3.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Tabela 1 – Classe de agressividade ambiental (NBR 6118, 2014)

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

NOTAS

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

2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Tabela 2 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto (NBR 6118, 2014)

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Tabela 3 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento

Nominal para $\Delta c = 10$ mm (NBR 6118, 2014)

A utilização dos parâmetros descritos acima na elaboração de projetos e na execução das estruturas não isenta a importância da necessidade de um procedimento de inspeção e manutenção preventiva.

2.2 INSPEÇÃO CIVIL

Um dos primeiros relatos sobre inspeção predial no Brasil foi um trabalho apresentado no X Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia - COBREAP, no ano de 1999, dando início aos estudos sobre o tema no Brasil. Desde então novas técnicas foram implantadas e algumas adequações foram realizadas com o objetivo de adequar a Inspeção Predial às necessidades do nosso mercado (NEVES & BRANCO, 2009).

Em 2001, o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias do estado de São Paulo - IBAPE/SP elaborou a primeira norma técnica sobre o tema, proporcionando diretrizes para as atividades a serem executadas (NEVES & BRANCO, 2009).

De acordo com as normas disponíveis no Brasil, a inspeção predial se resume em:

- Ibape/SP Inspeção Predial 2012: “análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação”.
- ABNT NBR 5674/12: “Avaliação do estado da edificação e de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção”.
- ABNT NBR 15575/13: “Verificação, através de metodologia técnica, das condições de uso e de manutenção preventiva e corretiva da edificação”.

Na prática, é uma avaliação com o objetivo de identificar o estado geral da edificação e se seus sistemas construtivos, observados os aspectos de desempenho, funcionalidade, vida útil,

segurança, estado de conservação, manutenção, utilização e operação, consideradas às expectativas dos usuários (Cartilha Ibafe/SP).

2.2.1 Etapas da Inspeção

A seguir serão apresentadas as etapas de inspeções conforme orienta a norma do IBAFE/SP.

METODOLOGIA PARA A INSPEÇÃO PREDIAL	
ETAPAS	TAREFAS
1	Levantamento de dados e documentos da edificação: administrativos, técnicos, de manutenção e operação (planos, relatórios, históricos, etc.).
2	Entrevista com gestor ou síndico para averiguação de informações sobre o uso da edificação, histórico de reforma e manutenção, dentre outras intervenções ocorridas.
3	Realização de vistorias na edificação, com equipe multidisciplinar ou não, dependendo do tipo de prédio e da complexidade dos sistemas construtivos existentes.
4	Classificação das deficiências constatadas nas vistorias, por sistema construtivo, conforme sua origem.
5	Classificações dos problemas (manifestações patológicas e falhas), de acordo com grau de risco.
6	Elaboração de lista de prioridades técnicas, conforme a classificação do grau de risco de cada problema constatado. Essa lista é ordenada do mais crítico ao menos crítico.
7	Elaboração de recomendações ou orientações técnicas para a solução dos problemas constatados. Essas orientações podem estar relacionadas à adequação do plano de manutenção ou aos reparos e reformas para solução de anomalias.
9	Avaliação do uso da edificação. Pode ser classificada em regular ou irregular. Observam-se as condições originais da edificação e os seus sistemas construtivos, além de limites de utilização e suas formas.

Tabela 4 – Metodologia para inspeções prediais (IBAFE, 2012 adaptada pelo autor)

2.2.2 Nível de Inspeção

Segundo a norma do Ibafe/SP os níveis de inspeção predial podem ser classificados em nível 1, 2 e 3, considerando as características técnicas da edificação, manutenção e operação existente, assim como a complexidade e elaboração do laudo. É essencial analisar a necessidade da formação de equipe multidisciplinar e o número de profissionais envolvidos na execução das atividades.

a) Nível 1

Inspeção Predial realizada em edificações com baixa complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos. Normalmente empregada em edificações com planos de manutenção muito simples ou inexistentes.

A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados em uma especialidade.

b) Nível 2

Inspeção Predial realizada em edificações com média complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos médios e com sistemas convencionais. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos, com ou sem plano de manutenção, mas com empresas terceirizadas contratadas para execução de atividades específicas como: manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros.

A Inspeção Predial nesse nível é elaborada por profissionais habilitados em uma ou mais especialidades.

c) Nível 3

Inspeção Predial realizada em edificações com alta complexidade técnica, de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos superiores e com sistemas mais sofisticados. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos ou com sistemas construtivos com automação.

Nesse nível de inspeção predial, obrigatoriamente, é executada na edificação uma manutenção com base na NBR 5674/2012.

A Inspeção Predial neste nível é elaborada por profissionais habilitados e de especialidades distintas, podendo ser intitulado como de Auditoria Técnica.

Existe também no Brasil a norma ABNT NBR 9452:2016 “Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento”, que consiste em uma diretriz de inspeção de OAE’s (obras de arte especial). A norma tem como premissa trazer critérios de avaliação com base no tipo de estrutura, tipo de elemento e tipos de manifestações patológicas. Com notas que variam de 1 a 5, sendo 1 (um) considerada ruim e 5 (cinco) ótima. Também avalia 3 (três) parâmetros distintos, sendo elas:

- Estrutural: Relacionada à sua estabilidade e capacidade portante;
- Funcional: Ligado à sua utilização, onde avalia a capacidade da OAE de atender aos fins pela qual ela se destina, no requisito segurança e conforto;
- Durabilidade: Diretamente ligado a vida útil da obra.

A tabela a seguir define os níveis de classificação da norma 9452/2016.

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, com defeitos irrelevantes e isolados	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários	A OAE apresenta-se em perfeitas condições.
4	Boa	Danos pequenos sem comprometer a segurança estrutural.	Pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	Pequenas e poucas anomalias que comprometem sua vida útil.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A OAE apresenta desconforto aos usuários, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas e muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Tabela 5 - Classificação da condição da OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (NBR 9452/2016)

Definido então o tipo de estrutura e o tipo de peça, a norma associa os parâmetros de classificação conforme as manifestações patológicas mais frequentes e mais graves em obras de arte especial.

Vale ressaltar que a norma NBR 9452:2016 é específica para OAE's, todavia, nesse trabalho foi utilizada junto a outras normas de inspeção como parâmetro de adequação do método GUT quanto as manifestações patológicas.

2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A palavra patologia tem origem grega e significa "estudo da doença", sendo *Pathos* (doença) e *Logos* (estudo). Para HELENE (1992), patologia estuda as partes que compõem o diagnóstico do problema na Engenharia, ou seja, estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens das manifestações patológicas das construções civis.

A deterioração das estruturas não pode ser tratada como simples caso de manutenção ou "envelhecimento natural", tendo como fator preponderante, o estudo das origens, sendo elas as falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais atividades referentes ao processo da construção civil: concepção (projeto) e execução (SOUZA & RIPPER, 1998).

A norma do IBAPE (2009) classifica as falhas conforme descrição a seguir:

- De Planejamento: decorrentes de falhas de procedimentos e especificações inadequados do plano de manutenção, sem aderência a questões técnicas, de uso, de operação, de exposição ambiental e, principalmente, de confiabilidade e disponibilidade das instalações, consoante a estratégia de Manutenção. Além dos aspectos de concepção do plano, há falhas relacionadas às periodicidades de execução;
- De Execução: associada à manutenção, proveniente de falhas causadas pela execução inadequada de procedimentos e atividades do plano de manutenção, incluindo o uso inadequado dos materiais;
- Operacionais: relativas aos procedimentos inadequados de registros, controles, rondas e demais atividades pertinentes;
- Gerenciais: decorrentes da falta de controle de qualidade dos serviços de manutenção, bem como da falta de acompanhamento de custos da mesma.

Ao longo dos séculos um grande acervo científico foi reunido, o que permitiu o desenvolvimento de novas práticas de construção, abrangendo a concepção, o cálculo, o detalhamento das estruturas, a tecnologia de materiais e as respectivas técnicas construtivas adaptadas às suas necessidades. Esse avanço induziu a maiores riscos nas construções, onde se tem constatado que algumas estruturas acabam por ter desempenho insatisfatório, se confrontadas com as finalidades a que se propunham. Embora se possa argumentar que tais problemas tenham nascido com o próprio ato de construir, é certo que nas primeiras construções tais questões não se revestiam de caráter sistemático, ficando restritas a alguns poucos problemas ocasionais (SOUZA & RIPPER, 1998). A manifestação patológica tem papel fundamental na perda precoce do desempenho dos elementos e sistemas construtivos, além da redução de sua vida útil projetada (NEVES & BRANCO, 2009 & IBAPE 2009).

O presente trabalho está fundamentado nos estudos referentes as manifestações patológicas mais encontradas no concreto armado.

2.3.1 Fissuras

As fissuras são descontinuidades físicas em um elemento construtivo ou material de construção, provocadas por variações de volume ou deslocamentos resultantes de cargas que resultem em tensões superiores à sua capacidade resistente (ALMEIDA, 2015).

De acordo com a NBR 6118/2014, a fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável devido à rigidez do material e os diversos fatores externos que podem influenciar seu comportamento. As estruturas já são dimensionadas prevendo a possibilidade de fissuração que são aceitáveis desde que estejam dentro de estados limites de serviço previamente definidos, com intuito de garantir seu desempenho, durabilidade e aceitabilidade sensorial dos usuários.

As fissuras podem afetar tanto os elementos principais como os secundários, sendo normal haver uma reação em cadeia, onde a estrutura afeta a alvenaria e a alvenaria afeta o revestimento (GASPAR, 2006 *apud* ALMEIDA *et al.*, 2015).

Segundo HELENE (2017), do ponto de vista estrutural grande parte das fissuras não causam qualquer redução da capacidade resistente das estruturas, ou seja, poderiam ser desprezadas. São corrigidas, na maioria das vezes, por razões de durabilidade, infiltração de água, vazamentos, estética, conforto psicológico, etc., mas não por reduzirem a capacidade resistente da estrutura.

Para o DNIT existe também a divisão entre as trincas e fissuras, sendo a segunda de menor dimensão e considera que concreto armado, todas as trincas com abertura igual ou maior que 0,3 mm devem ser tratadas e que, nos elementos de concreto protendido, qualquer trinca é importante e nociva e deve ser estudada e tratada.

O presente trabalho não adotará termos diferentes de acordo com a abertura, considerando como fissura todas as descontinuidades ou rupturas não projetadas, nos elementos estruturais.

O DNIT também indica a divisão das fissuras entre capilares (não podem ser medidas com instrumentos usuais), médias e largas (podem ser medidas com instrumentos usuais).

2.3.1.1 Caracterização de Fissuras

São consideradas fissuras aceitáveis pela NBR 6118/2014 aquelas que possuem aberturas entre 0,2 mm e 0,4 mm.

Para o adequado diagnóstico de fissuras é necessário descrever suas características (BONSHOR, 1996 & BONE, 1989 apud ALMEIDA et al., 2016) conforme critérios a seguir:

- Dimensões – extensão e abertura, que podem ser variáveis ao longo do tempo;
- Localização – onde ela se formou, em qual ambiente ela está inserida (interno, externo);
- Profundidade – se é superficial ou passante;
- Traçado – se é contínua ou não, se possui ramificações ou formato de malha;
- Orientação – vertical, horizontal, inclinada;
- Repetitividade – agrupamento ou não de fissuras semelhantes;
- Evolução no tempo – fissuras ativas (cuja abertura aumenta gradativamente ou tem variação de abertura com o tempo) ou passivas (fissuras com dimensões estáveis);
- Preenchimento – se possui resíduos, água, matéria orgânica ou está seca e limpa; e
- Contexto – se existem fatores externos que possam afetar a edificação, como outras construções, respingos de maré etc.

Conforme o DNIT (2006), para o correto tratamento das fissuras é preciso também definir se são passivas ou ativas.

Quanto à durabilidade, as aberturas aceitáveis de fissuras previstas por norma variam também de acordo com a agressividade em que o elemento ou edificação está inserido. Sendo que o máximo admissível no ambiente menos agressivo é de 0,4mm, conforme demonstra a tabela a seguir.

Para o concreto protendido não há abertura de fissura admissível.

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

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

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

Tabela 6 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental (NBR 6118/2014)

Os esforços são distribuídos de formas diferentes em cada elemento da estrutura, as fissuras afetam tanto os elementos principais quanto os secundários, a alvenaria e o revestimento recebem os reflexos dos esforços resistidos pela estrutura (ALMEIDA, 2015).

2.3.1.2 Possíveis Causas

Conforme proposto por ALMEIDA (2016), o aparecimento de fissuras pode ocorrer em duas fases, antes do endurecimento do concreto ou depois de seu endurecimento.

As fissuras relativas à fase pré-endurecimento do concreto estão associadas aos métodos construtivos como, cuidados no processo de secagem, posicionamento das armaduras e formas, lançamento e vibração do concreto. Já a maioria das manifestações patológicas após o endurecimento, estão mais associadas a fatores externos, como veremos na tabela a seguir.

CAUSAS POSSÍVEIS		TIPO DE AÇÃO	FASE
a	Retração plástica do concreto	Plástica	Antes do endurecimento do concreto
b	Assentamento plástico do concreto		
c	Colocação incorreta das armaduras e cabos	Deslocamento em construção	
d	Remoção prematura das formas		
e	Retração do concreto	Física	Após o endurecimento do concreto
f	Fluência do concreto	Estrutural	
g	Recalque diferencial		
h	Sobrecargas acidentais		
i	Deformações excessivas dos elementos estruturais		
j	Ação sísmica		
k	Ações térmicas	Hidrotérmica	
l	Ação do fogo		
m	Ciclos gelo/degelo		
n	Ação da humidade		
o	Corrosão da armadura		
p	Ataque dos álcalis		
q	Cristalização de sais		

Tabela 7 – Correlação entre as causas possíveis de manifestações patológicas com as fases do concreto (ALMEIDA, 2016 adaptada pelo autor)

A retração plástica ocorre pela evaporação da água exsudada, entre a primeira e a sexta hora após o lançamento do concreto e se caracteriza por fissuras mapeadas, largas e com profundidades menores de 30mm, aparecem com mais frequência em peças planas (HELENE, 2017).



Figura 3 - Fissura de Retração Plástica - antes do endurecimento do concreto (ANTÔNIO & RECENA, 2014)

Já o assentamento plástico ocorre nas primeiras três horas após o lançamento do concreto, é a ascensão da água de amassamento e assentamento dos agregados finos devido à diferença de densidade entre os componentes, nos pontos onde estão os agregados graúdos e as armaduras existe uma resistência a essa movimentação provocando a fissuração (HELENE, 2017).

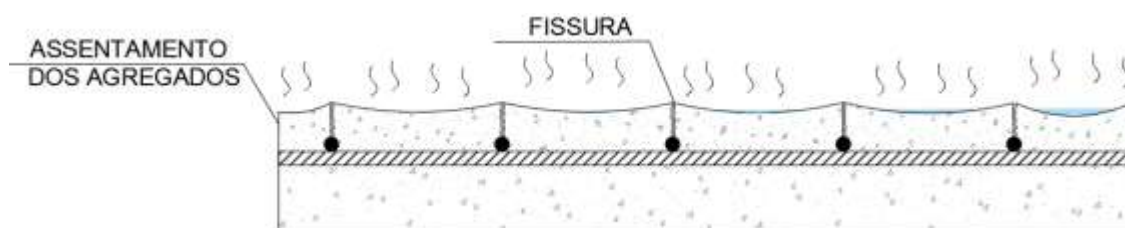


Figura 4 - Representação de assentamento plástico (ANTÔNIO & RECENA, 2014, ADAPTADA)

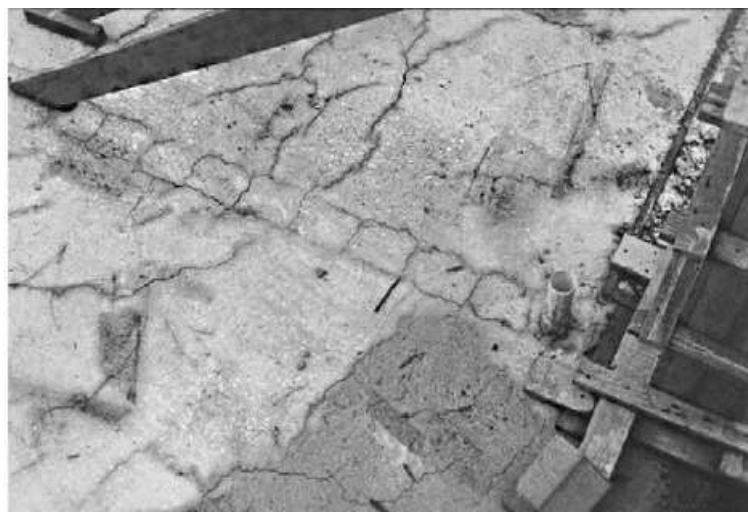


Figura 5 - Retração por assentamento plástico (ANTÔNIO & RECENA, 2014)

As fissuras por retração após o endurecimento ocorrem devido à perda de água capilar do concreto, provocando a contração de volume, principalmente em peças planas de concreto, como lajes com grande superfície exposta para secagem.

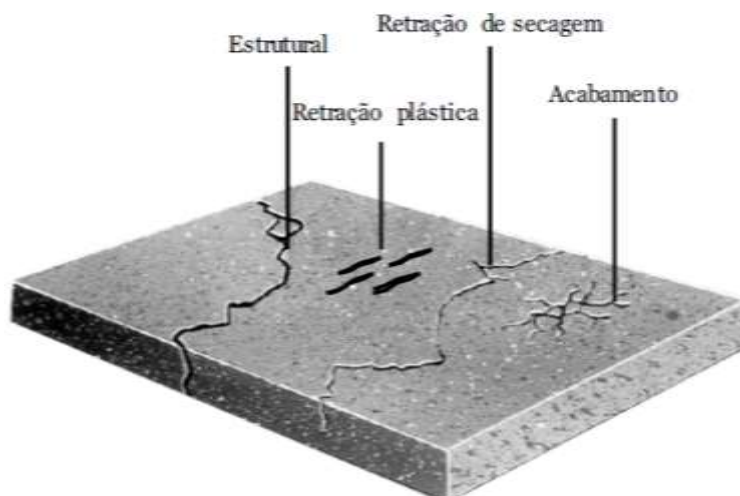


Figura 6 - Tipos de fissura (HELENE, 2017)

Sob uma perspectiva ampla, três são as características que combinadas levam o concreto a retrair: a geometria da estrutura, o traço do concreto e as condições climáticas (MONTARDO, 2009).

O concreto submetido a cargas constantes sofre deformações, em longo prazo, conhecidas como fluência do concreto. A deformação ocorre normalmente na direção em que a força é aplicada sobre ele, no entanto, se houver restrição a esse movimento, o concreto pode fissurar, ou até entrar em colapso (GROMICKO *apud* ALMEIDA *et al.*, 2015).

Os recalques diferenciais são deslocamentos que ocorrem na estrutura por deficiência na consolidação do solo ou desequilíbrio dos esforços que causam sua movimentação provocando as fissuras. As fissuras resultantes de recalque evoluem gradativamente e quanto mais rígida a estrutura for maior será sua severidade (JACOME *apud* ALMEIDA *et al.*, 2015).

A tabela a seguir resume as características das fissuras relacionadas a suas causas possíveis.

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	CAUSAS POSSÍVEIS
Fissuras mapeadas	j, p, q
Fissuras diagonais na superfície do concreto	a, e, k
Fissuras perpendiculares à direção do carregamento nas vigas	h
Fissuras diagonais inclinadas a 45° em paredes	b, i
Fissuras ao longo das armaduras	b, c, l, o
Fissuras nos limites das formas	d
Fissuras paralelas à direção do carregamento e irregulares nas vigas	f, h
Fissuras paralelas à superfície com cristalização de sais	m, q
Fissuras horizontais ou verticais em pilares	h
Fissuras verticais no terço médio de vigas e inclinadas a 45° junto aos apoios	h
Fissuras verticais em pilares	h
Fissuras inclinadas a 45° segundo retas reversas em vigas	h
Fissuras diagonais em vigas na direção aos apoios	h
Fissuras irregulares e inclinadas, em vários sentidos atravessando o elemento	j
Fissuras na laje contornando o pilar	i
Fissuras por corrosão	o

Tabela 8 – Manifestação patológica e causas prováveis (ALMEIDA, 2015, ADAPTADA)

2.3.2 Corrosão da Armadura

Os mecanismos de degradação do concreto ou das armaduras são acelerados por estados de fissuração e porosidade do concreto, assim como pelos contaminantes nos materiais constituintes do concreto e pela presença de agentes agressivos no meio ambiente. No caso dos edifícios, relativamente à estrutura, a manifestação patológica mais comum é representada pela corrosão das armaduras (THOMAZ, 2001).

SOUZA & RIPPER (1998) afirmam que a corrosão é formada pelo efeito pilha, tendo início pela corrente elétrica que se dirige do ânodo para o cátodo, por meio da solução aquosa e do cátodo para o ânodo através da diferença de potencial.

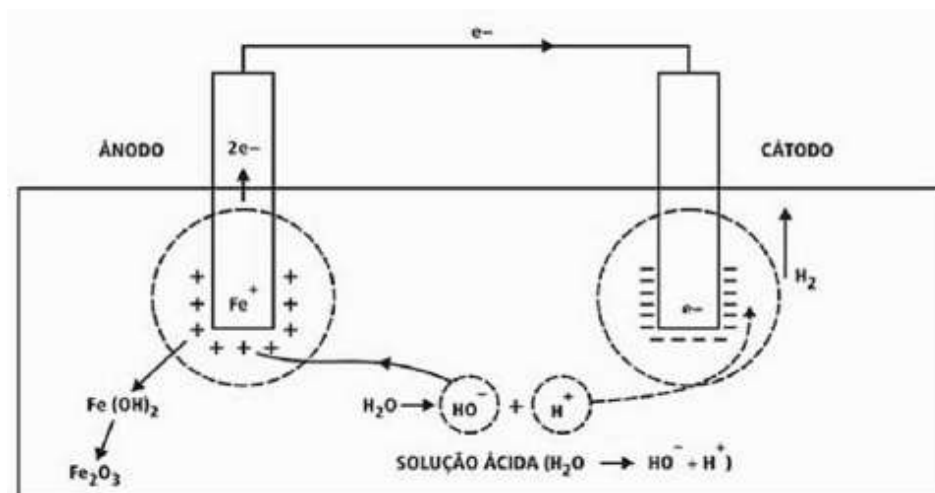


Figura 7 - Mecanismo de corrosão por efeito pilha (FUSCO, 2008)

Para TRINDADE (2015) *apud* MARCELLI *et al.*, (2007) a corrosão da armadura consiste em um processo eletroquímico, que para ocorrer necessita da presença de oxigênio, umidade e o estabelecimento de uma célula eletroquímica. A ação dessa manifestação patológica pode ser agravada por agentes agressivos que foram adicionados ao concreto, ou que foram gerados pelo ambiente.

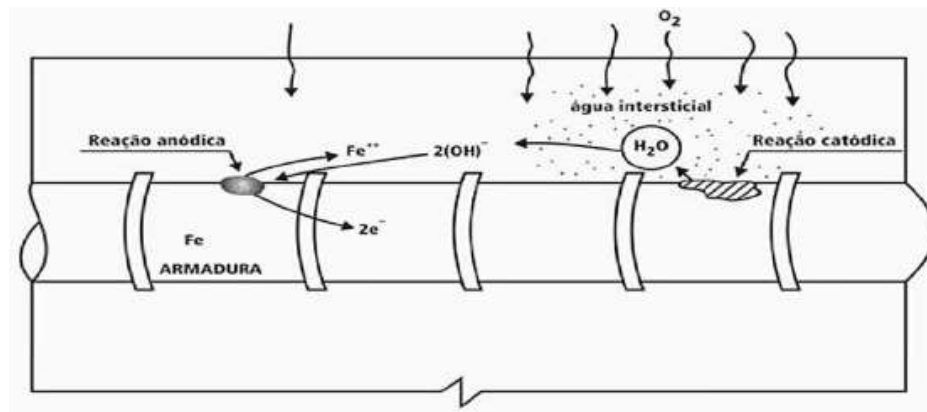


Figura 8 - Corrosão na barra de aço (FUSCO, 2008)

Durante a evolução da corrosão é perceptível que o mesmo evolui da periferia para o centro, reduzindo a resistência mecânica do aço com a substituição da armadura pela ferrugem (TRINDADE, 2015).

2.3.2.1 Tipos de corrosão

A seguir as classificações dos tipos de corrosão:

a) Corrosão generalizada: Ocorre em toda a superfície do metal.

b) Corrosão por Pite: Corrosão localizada, no qual podem aprofundar-se e causar ruptura na peça.

c) Corrosão sob tensão: Se dá devido a uma tensão de tração na armadura

No caso de corrosão de armadura no concreto, ocorre por corrosão eletroquímica em meio aquoso, como representado na Figura 9.

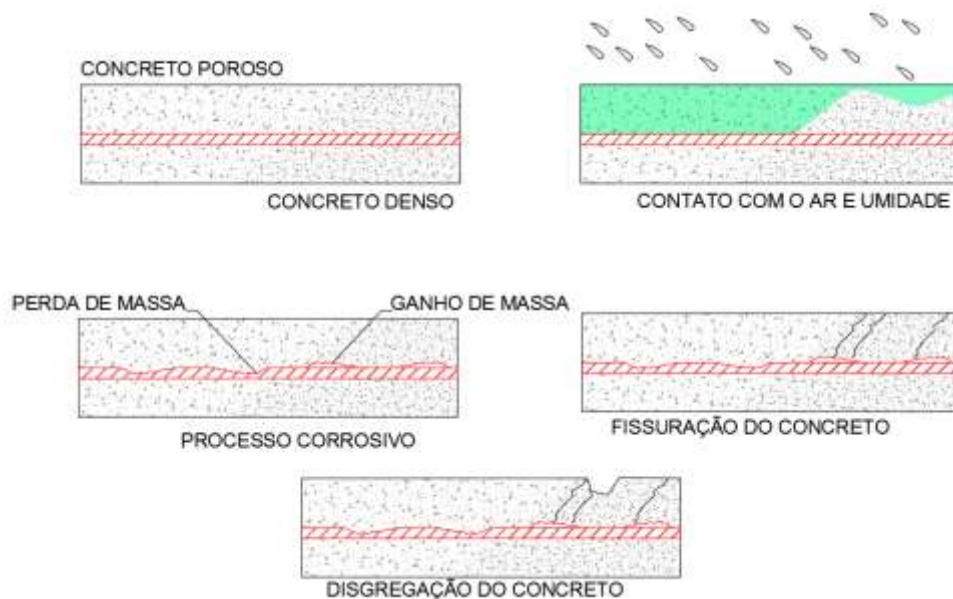


Figura 9 - Representação do processo de corrosão da armadura (adaptado de HELENE, 1993)

A armadura encontra-se protegida por uma camada passivadora, essa camada é formada devido ao pH da solução nos poros do concreto, sendo assim, para que ocorra a corrosão desta armadura, o concreto deve estar despassivado, que pode ser causado por agentes agressivos com íons de cloreto e carbonatação.

2.3.3 Danos no Concreto

A seguir serão apresentados alguns conceitos referentes aos principais danos no concreto armado.

a) Ação do Fogo

Segundo SOUZA & RIPPER (1998) a ação do fogo sob o concreto armado tem uma degradação significativa, pois por volta de 600°C ocorre a expansão dos agregados, fraturando o concreto através das tensões internas. O incidente facilita as ações de agentes agressivos no interior do concreto.

Após uma estrutura ser submetida à ação do fogo a cor do concreto é alterada podendo ser relacionada com a perda da resistência, conforme quadro abaixo.

TEMPERATURA EM °C	COR DO CONCRETO	CONDIÇÃO DO CONCRETO	PERDA DE RESISTÊNCIA
0 a 200	cinza	não afetado	0 %
300 a 600	rosa	razoavelmente bom	≤ 40 %
600 a 900	rosa a vermelho	friável, com alta sucção de água	70 %
900 a 1200	cinza avermelhado	friável	100 %
> 1200	amarelo	decomposto	100 %

Tabela 9 - Evolução do comportamento do concreto em função da elevação da temperatura ambiente (CÁNOVAS, 1977 apud SOUZA & RIPPER et al., 1998)

Apesar da grande importância da avaliação de uma estrutura quando submetida à ação do fogo, esta análise não entra neste trabalho, pois sempre que uma estrutura é exposta a esse tipo de ação é necessária uma inspeção detalhada, seguida de ensaios.

b) Desgaste Superficial

O desgaste superficial se caracteriza pela perda progressiva de massa da superfície de concreto, e pode ser motivada pela abrasão, erosão e cavitação (SANTOS, 2014).

A abrasão é um fenômeno comum em pisos industriais, pavimentos rodoviários e calçadas devido ao tráfego de pessoas, veículos e até mesmo a ação do vento, essa manifestação está relacionada com a perda da argamassa superficial e de agregados em uma área limitada, que se dá pelo mecanismo de fricção ou atrito (SANTOS, 2014).

A erosão é o desgaste superficial causado pela colisão, escorregamento ou rolagem de fluido em movimento, que arrasta as partículas sólidas em suspensão sobre a superfície do concreto. Esse tipo de desgaste é comum em barragem, calhas de vertedouros, canais de irrigação e pilares de pontes (DNIT, 2006).

O desgaste por cavitação apresenta um aspecto de forma irregular e corroída na superfície do concreto, ocorre em ambientes abertos com fluxos água pura não lineares com velocidades acima de 12 m/s (DNIT, 2006).

A cavitação é a degradação da superfície do concreto que ocorre devido à mudança brusca de velocidade ou direção da água ocasionando implosão de bolhas de vapor (LAPA, 2008, *apud* ANDRADE et al., 1992).

c) Segregação

SANTOS (2014) explica que a segregação nada mais é que espaços não preenchidos no concreto (vazios) que está relacionado à falha no processo de concretagem, podendo ser desde a falta de homogeneidade dos componentes da mistura como a insuficiência no transporte, lançamento e adensamento do concreto.

Já para NETO (2018) o problema é decorrente da utilização de agregados graúdos em concretagens onde o espaçamento da armadura é insuficiente ou a falha pode ocorrer quando as fôrmas não são estanques, permitindo que a nata de cimento percole pelas frestas, gerando acúmulo de brita na parte superior.

A segregação popularmente conhecida como bicheira está diretamente relacionada com a vibração do concreto, pois em excesso ocasiona vazios no concreto assim como a falta de vibração da mistura pode comprometer sua homogeneidade (NETO, 2018), como exemplifica a foto a Figura 10.



Figura 10 - Concreto segregado (pikgram.com, acessado 05/2019)

Os problemas de segregação citados acima podem variar do comprometimento da estrutura ocasionado por corrosão através da exposição das armaduras, além de problemas estéticos que demandam o uso extra de materiais para revestimento (MAYOR, 2018).

d) Desagregação do Concreto

A desagregação é caracterizada por agregados soltos ou de fácil remoção relacionada à baixa resistência do concreto e/ou sua perda de massa devido a ataque químico expansivo de produtos inertes (MEHTA, 2008).

SOUZA & RIPPER (1998) afirma que a desagregação do concreto é a separação física entre suas partes com perda da característica monolítica, bem como a perda da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento.

TRINDADE (2015) entende desagregação como a desintegração e perda da capacidade aglomerante do concreto, menciona também que podem ser causados por fissuras, movimentação de formas, corrosão de concreto, ataques biológicos e fenômeno da calcinação que consiste na perda da resistência.

e) Manchas no Concreto

A penetração de água ou a formação de manchas de umidade tem grande influências nas manifestações patológicas encontradas nas estruturas civis. Esses defeitos podem atingir diretamente o usuário causando desconforto e afetando a saúde, bem como prejuízos financeiros por ocasionar danos de caráter funcional da edificação, equipamentos e bens presentes nos interiores das edificações, são mais comuns em paredes, pisos, fachadas e elementos de concreto armado (SOUZA, 2008).

f) Concreto Poroso

O concreto, por ser um material essencialmente poroso, pode ter sua durabilidade comprometida. Desta forma, seu emprego em estruturas de concreto aparente deve levar em consideração o ataque do meio ambiente, partículas de CO₂ que produz efeito de carbonatação, com risco de corrosão das armaduras, a limpeza com agentes agressivos, dentre outros. Os poros existentes na massa de concreto são decorrentes de diversas causas, sendo os poros de compactação, poros devidos a incorporação de ar, poros capilares e poros do gel do cimento (FUSCO, 2008).

g) Ruptura

A ruptura se define como a quebra de continuidade de um objeto, sendo a divisão em duas ou mais partes. Em estruturas, pode se dizer que é a forma mais grave de uma falha, onde muitas vezes interfere diretamente na capacidade portante do elemento.

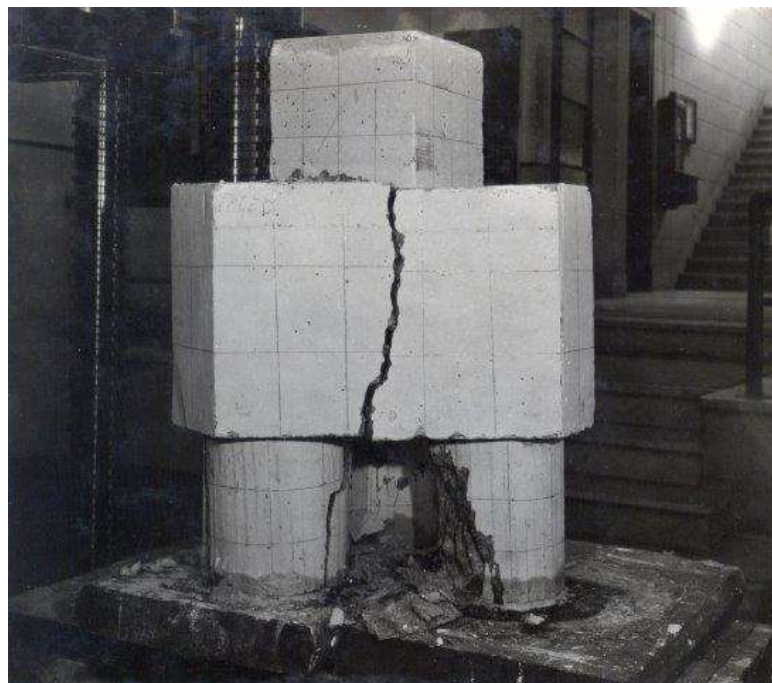


Figura 11 - Ruptura do concreto (INSTITUTO IPT, 2019)

h) Disgregação do Concreto

A disgregação do concreto se concretiza por não suportar a atuação de esforços anormais, mas geralmente apresenta as características originais de resistência (VITÓRIO, 2003).

Também conhecida por deslocamento ou esfoliação, a disgregação pode ser resultante da expansão provocada pela corrosão das armaduras, das deformações por cargas excessivas (normalmente pontuais), da reação álcali-agregado, bem como por impactos externos. O fenômeno ocorre principalmente nas partes salientes da peça de concreto (MOURA, 2014).



Figura 12 - Concreto disgregado com armadura exposta e corroída (FOTOGRAFADO PELO AUTOR, 2019)

i) Carbonatação

Segundo descreve SOUZA & RIPPER (2009) a carbonatação do concreto é resultado da redução de pH do concreto devido a ação dissolvente do anidrido carbônico (CO_2) presente no ar atmosférico, sobre o cimento hidratado, com a formação de carbonato de cálcio. E os mesmos autores afirmam que se a carbonatação ficasse restrita a espessura inferior ao cobrimento, seria até benéfica para o concreto, aumentando suas resistências químicas e mecânicas, a questão é que ao atingir a armadura, quebra o filme óxido que a protege, provocando a corrosão.

Um dos mecanismos relativos a deterioração das armaduras é a despassivação por carbonatação, que é segundo a NBR 6118/2014 a ação do gás carbono da atmosfera sobre o aço da armadura. A referida norma também descreve as medidas preventivas que seria: dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto, sendo o cobrimento das armaduras e o controle de fissuração elementos importantes para minimizarem este efeito, sendo recomendável concreto de baixa porosidade.

j) Eflorescência

Segundo SOUZA (2008) *apud* UEMOTO *et al.* (1985) eflorescência é a formação de depósito salino nas superfícies expostas a intempéries, podendo trazer problemas estéticos ou ser agressiva. Sendo constituída por sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio), solúveis ou parcialmente solúveis a água, que ao evaporar deixa na base dos elementos um depósito salino. Sendo a eflorescência originada através de três fatores, o teor de sais solúveis, a presença de água e a pressão hidrostática.

k) Ações Biológicas

Em ambientes urbanos, a incidência de degradação devido a agentes biológicos nos edifícios é maior, pois o crescimento de vegetação nas estruturas, penetração de raízes através de manifestações patológicas, falhas ou elementos das estruturas (como as juntas) são os principais agentes de deterioração. Já os cupins quando alocadas em edifícios em alvenaria estrutural ou dotado de lajes pré-fabricadas, provoca a diminuição da capacidade resistente da estrutura, ocasionando o surgimento de fissuras. No caso das formigas elas trabalham sob fundações superficiais, especialmente em edificações de pequeno porte provocando recalques diferenciais (SOUZA & RIPPER, 1998).

2.4 METODO - GRAVIDADE, URGÊNCIA E TENDÊNCIA (GUT)

Desenvolvido por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe na década de 80, o método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) é uma ferramenta de gerenciamento que tem por finalidade resolver problemas complexos em indústrias americanas e japonesas (MARTINS & PESSOA & NASCIMENTO, 2017).

Atualmente o GUT é uma das principais ferramentas empregadas na inspeção predial, contendo algumas adaptações na metodologia.

É realizada a avaliação da gravidade (G), da urgência (U) e da tendência (T) das não conformidades encontradas. A priorização é obtida através do resultado da multiplicação dos pesos atribuídos na escala de 1 a 5 em cada um dos critérios do GUT, resultando na criticidade em ordem decrescente entre as manifestações patológicas analisadas (MARTINS & PESSOA & NASCIMENTO, 2017).

Para a norma do IBAPE nacional os critérios de classificação devem considerar o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio ao constatar manifestações patológicas e falhas durante uma inspeção com a seguinte classificação:

Crítico: Pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações, aumento de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização acentuada.

Regular: 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.

Mínimo: Pode causar 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 (IBAPE, 2012).

GOMIDE & PUJADAS & FAGUNDES NETO (2006) considera os seguintes critérios de classificação e a escala de pesos:

Gravidade está relacionado com a intensidade das manifestações patológicas e falhas constatadas, conforme tabela a seguir:

GRAU	GRAVIDADE	PESO
Total	Perda de vidas humanas, do meio ambiente ou do próprio edifício	10
Alta	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou ao edifício	8
Média	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do edifício	6
Baixa	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros	3
Nenhuma	Nenhuma	1

Tabela 10 - Peso utilizado para gravidade (GOMIDE & PUJADAS & FAGUNDES NETO, 2006)

Urgência está relacionado com o tempo para ocorrer danos, conforme tabela a seguir:

GRAU	URGÊNCIA	PESO
Total	Evento em ocorrência	10
Alta	Evento prestes a ocorrer	8
Média	Evento prognosticado para breve	6
Baixa	Evento prognosticado para adiante	3
Nenhuma	Evento imprevisto	1

Tabela 11 - Peso utilizado para urgência (GOMIDE & PUJADAS & FAGUNDES NETO, 2006)

Tendência está relacionado com o desenvolvimento que a falha ou manifestação patológica terá caso não seja realizada as intervenções necessárias, pesos conforme tabela a seguir:

GRAU	TENDÊNCIA	PESO
Total	Evolução imediata	10
Alta	Evolução em curto prazo	8
Média	Evolução em médio prazo	6
Baixa	Evolução em longo prazo	3
Nenhuma	Não vai evoluir	1

Tabela 12 - Peso utilizado para tendência (GOMIDE & PUJADAS & FAGUNDES NETO, 2006)

A adaptação realizada por OLIVEIRA (1995) analisa as manifestações patológicas considerando a hipótese de não haver intervenção, qual prazo deve se tomar uma decisão e quanto tempo o problema pode aumentar sua proporção caso nenhuma das alternativas anteriores seja solucionada. A tabela a seguir demonstra os critérios e pesos:

Pontos	Gravidade	Urgência	Tendência
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de decisão	Proporção do problema no futuro
5	Prejuízos extremamente graves	É necessário ação imediata	Se nada for feito, agravamento imediato
4	Muito graves	Com alguma urgência	Vai piorar a curto prazo
3	Graves	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco graves	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar

Tabela 13 - Priorização do GUT (OLIVEIRA, 1995)

De maneira sucinta o método GUT foi criado para gerenciamento de risco da decisão econômica. Hoje, a metodologia é ajustada para uso das inspeções prediais na engenharia Civil.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este tópico apresente brevemente a metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho.

Este documento é fundamentado na avaliação de bibliografias existentes sobre manifestações patológicas em estruturas de concreto e sobre o uso de tabelas de critérios baseadas no método GUT para avaliação de inspeções previamente realizadas. A partir dos conhecimentos adquiridos, foram propostas tabelas com critérios de notas para as manifestações patológicas para os conceitos de Gravidade, Urgência e Tendência. Realizaram-se avaliações documentais de inspeções efetivadas anteriormente ao início deste trabalho.

Foram desenvolvidas três tabelas, sendo que cada uma delas leva em consideração as manifestações patológicas mais recorrentes no concreto armado, tais como: fissuras, danos no concreto e corrosão.

Cada tabela segue a estrutura original do GUT sendo subdividida através dos critérios de Gravidade, Urgência e Tendência, porém foi observado que apenas a pontuação final adquirida através da multiplicação dos três parâmetros não era suficiente, por isso também foram obtidos as médias e o desvio padrão, como detalhado no capítulo 4.

Foi considerada a escala crescente de 1 a 5, sendo 5 o pior caso, com intervalos variando de 0,25 a 1,5. Os intervalos entre os itens foram definidos de acordo com a similaridade entre eles.

Para definição de notas de gravidade, foram considerados os conceitos apresentados na fundamentação teórica, relacionando a manifestação patológica com suas possíveis causas e consequências sobre o desempenho estrutural do elemento.

As notas de urgência têm como critério os conceitos relacionados à segurança como frequência de visitação e permanência no ambiente, importância do elemento e o impacto sobre o uso e operação do edifício.

O critério de tendência foi baseado em características que afetem a durabilidade do elemento, no caso de fissuras foram usados os conceitos que relacionam a agressividade do ambiente com sua abertura.

A seleção das inspeções para avaliação documental seguiu os critérios a seguir: ser realizada em obras de concreto armado, ter sido inspecionada ou acompanhada por uma das componentes do grupo, ter relatório detalhado que permita a avaliação das demais integrantes.

Seguindo a orientação da norma do Ibape/SP a proposta apresentada será indicada para inspeções de nível 1, limitada somente para inspeção visual, não dispensando ensaios caso

o profissional responsável pela avaliação julgue necessário, a inspeção dispensa equipe multidisciplinar sendo elaborada por profissionais habilitados na especialidade da Engenharia Civil.

Após a avaliação do relatório, acompanhado da apresentação da obra (histórico, tipo de uso e informações relevantes) as manifestações patológicas receberam as notas de acordo com a interpretação de cada uma das tabelas propostas, como apresentado no capítulo 4.

As notas das avaliações foram comparadas e a partir dessa comparação foram realizados ajustes nos critérios, até que alcançada uma redução significativa (desvio padrão inferior a 0,25) nas diferenças entre elas, e conseqüentemente da subjetividade, resultando nas tabelas finais propostas neste trabalho.

Para cada proposta foi selecionada uma inspeção diferente e conhecida apenas por uma integrante do grupo com intuito de evitar classificações combinadas ou tendenciosas. Para efeito de comparação os nomes das manifestações patológicas foram padronizadas em todas as avaliações documentais. As avaliações foram executadas por três engenheiras Juniores, apresentando menos de 05 anos de formada, com experiência na área de inspeção predial e de OAE, com idade entre 25 a 30 anos. Não houve nenhum tipo de comunicação entre as partes durante a análise e classificação das inspeções.

A seguir o fluxograma exemplificando o procedimento metodológico utilizado na avaliação documental conforme descrito acima.

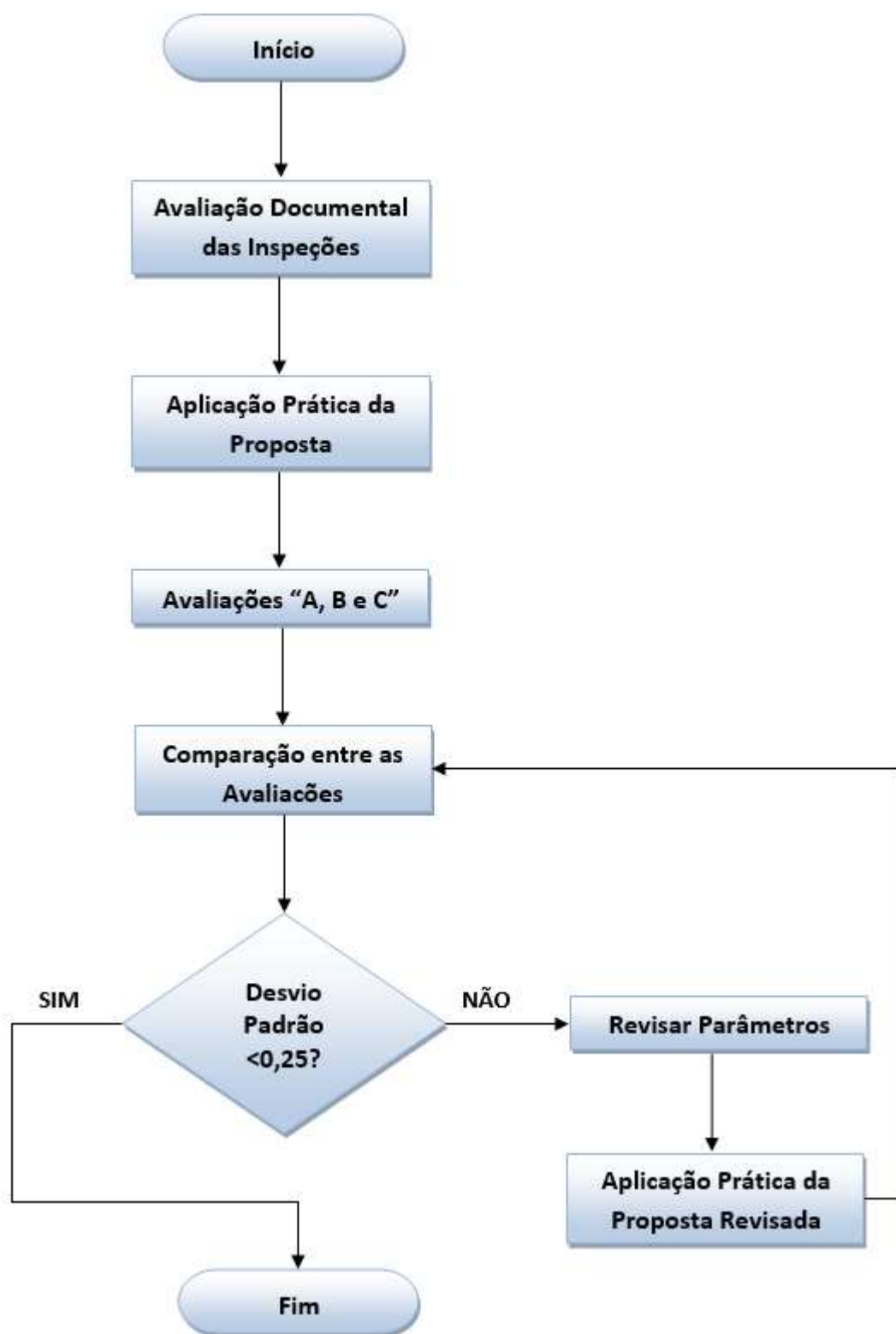


Figura 13 - Fluxograma do Procedimento Metodológico

4 APRESENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DA PROPOSTA

Para validação das adaptações propostas apresentadas na planilha do GUT foi realizada três avaliações documentais de inspeções com a equipe responsável por este trabalho afim de comparar os resultados e analisar as diferenças que apareceram entre as avaliações.

Após cada avaliação documental as planilhas de critérios GUT foi estudada e reestruturada com base nas observações e dificuldades encontradas pelos profissionais. Essas alterações tiveram como objetivo a redução da subjetividade durante o trabalho de avaliação das estruturas de concreto.

4.1 PROPOSTA PILOTO

A seguir será apresentada a primeira versão da proposta de aprimoramento do GUT através das tabelas de caracterização e classificação de manifestações patológicas em concreto, utilizada como auxílio para primeira avaliação documental.

4.1.1 Proposta Piloto para Fissuras

A proposta inicial para classificação de fissuras foi baseada nos conceitos descritos na fundamentação teórica, para cada tipo de fissura foi determinada uma gravidade que será acompanhada pela urgência, de acordo com as características do local e a tendência, de acordo com o a agressividade do ambiente e a abertura, conforme demonstrado na Tabela 14.

FISSURAS																					
GRAVIDADE (G)															URGÊNCIA (U)		TENDÊNCIA (T)				
FISSURAS MAPEADAS																					
1	1,25	FISSURAS DIAGONAIS NA SUPERFÍCIE DO CONCRETO														1	2	3	4	5	
	1,5	FISSURAS PERPENDICULARES À DIREÇÃO DO CARREGAMENTO NAS VIGAS																			
	1,75	FISSURAS DIAGONAIS INCLINADAS A 45º EM PAREDES																			
	2	FISSURAS AO LONGO DAS ARMADURAS																			
	2,25	FISSURAS NOS LIMITES DAS FORMAS																			
	2,5	FISSURAS PARALELAS À DIREÇÃO DO CARREGAMENTO E IRREGULARES NAS VIGAS																			
	2,75	FISSURAS PARALELAS À SUPERFÍCIE COM CRISTALIZAÇÃO DE SAIS																			
	3	FISSURAS HORIZONTAIS EM PILARES																			
	3,25	FISSURAS VERTICAIS NO TERÇO MÉDIO DE VIGAS E INCLINADAS A 45º JUNTO AOS APOIOS																			
	3,5	FISSURAS VERTICAIS EM PILARES																			
	3,75	FISSURAS INCLINADAS A 45º SEGUNDO RETAS REVERSAS EM VIGAS																			
	4	FISSURAS DIAGONAIS EM VIGAS NA DIREÇÃO AOS APOIOS																			
	4,25	FISSURAS IRREGULARES E INCLINADAS, EM VÁRIOS SENTIDOS ATRAVESSANDO O ELEMENTO																			
	4,5	FISSURAS NA LAJE CONTOURNANDO O PILAR																			
	5	FISSURAS EM CONCRETO PROTENDIDO																			
	1	ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA																			CAA I < 0,4mm CAA II e CAA III < 0,3mm CAA IV < 0,2mm
2	ELEMENTO EM ÁREA DE POUCA RELEVÂNCIA														CAA I < 0,4mm						
3	ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE														CAA II ou CAA III > 0,3 mm						
4	ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE														CAA IV > 0,2 mm						
5	ELEMENTO EM ÁREA VITAL OU ESTRATÉGICA														CAA I < 0,4mm CAA II e CAA III < 0,3mm CAA IV < 0,2mm						
SECA																					
1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	LIXIIVAÇÃO													
CAA I > 0,4mm CAA II e CAA III > 0,3mm CAA IV > 0,2mm																					

4.1.2 Proposta Piloto para Danos no Concreto

Para a classificação de danos foram utilizados os mesmos conceitos aplicados na tabela de fissuras para gravidade e urgência, mas para a tendência foram elencadas características de agentes externos que possam acelerar a degradação do elemento conforme descrito na Tabela 15.

DANOS NO CONCRETO														
GRAVIDADE (G)					URGÊNCIA (U)					TENDÊNCIA (T)				
DESGASTE SUPERFICIAL	DESPLACAMENTO	DESAGRAGAÇÃO	SEGREGAÇÃO	COLAPSO PARCIAL OU TOTAL	ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA DE POUCOA RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA VITAL OU ESTRATÉGICA	CONCRETO POROSO	AÇÕES BIOLÓGICAS/ FUNGOS E BACTÉRIAS	INFILTRAÇÃO	AMBIENTE AGRESSIVO	CAVITAÇÃO
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Tabela 15 – Parâmetros de notas para danos no concreto – Proposta Piloto

4.1.3 Proposta Piloto para Corrosão da Armadura

A proposta piloto para classificação de corrosão considera a característica da manifestação patológica no item de gravidade, mantém o mesmo conceito de urgência dos tópicos anteriores e indica na tendência as características externas que influenciam no aumento da corrosão da armadura, como indica a Tabela 16.

CORROSÃO														
GRAVIDADE (G)					URGÊNCIA (U)					TENDÊNCIA (T)				
MANCHA DE OXIDAÇÃO	ARMADURA EXPOSTA	ARMADURA CORROIDA	PERDA DE ≤ 10% DA SEÇÃO	PERDA DE > 10% DA SEÇÃO	ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA DE POUCA RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA VITAL OU ESTRATÉGICA	CARBONATAÇÃO	EFLORESCENCIA	AMBIENTE AGRESSIVO	BAIXO COBRIMENTO	CORROSÃO PONTUAL
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Tabela 16 - Parâmetros de notas para corrosão – Proposta Piloto

4.1.4 Proposta Piloto Descritivo da Urgência e Agressividade

Na Tabela 17 são apresentados os conceitos adotados para urgência, utilizados nos 3 tópicos já citados e a agressividade do ambiente adotada na tabela de Fissuras.

DESCRIPTIVO DA URGÊNCIA E AGRESSIVIDADE DOS AMBIENTES	
Elemento em área sem relevância	Local onde não há visitação, o elemento é secundário e sua ruína não impacta o uso e a operação do edifício.
Elemento em área de pouca relevância	Local onde há raras visitas, o elemento é secundário e sua ruína não impacta o uso e a operação do edifício.
Elemento em área relevante	Local onde há circulação de pessoal, o elemento é importante e, mas sua ruína não tem grande impacto no uso e operação do edifício.
Elemento em área muito relevante	Local onde há circulação e/ou permanência de pessoas, o elemento é importante e sua ruína impacta no uso e operação do edifício.

Continuação...

DESCRIPTIVO DA URGÊNCIA E AGRESSIVIDADE DOS AMBIENTES	
Elemento em área vital ou estratégica	Local onde há circulação e/ou permanência de pessoas, armazena itens de grande valor ou essenciais, o elemento é importante e sua ruína tem grande impacto no uso e operação do edifício.
CAAI	Agressividade Fraca em ambiente Rural ou Submerso , com risco insignificante a deterioração da estrutura.
CAAI	Agressividade Moderada em ambiente Urbano , com risco pequeno de deterioração da estrutura.
CAAI	Agressividade Forte em ambiente Marinho ou Industrial , com risco grande de deterioração da estrutura.
CAAI	Agressividade Muito Forte em ambiente com Respingos de Maré ou Industrial , com risco elevado de deterioração da estrutura.

Tabela 17 – Descritivo das tabelas de urgência – Proposta Piloto

4.1.5 Aplicação Prática da Proposta Piloto

A primeira avaliação trata-se da inspeção de 4 (quatro) estruturas, sendo 3 (três) reservatórios R1, R2, R3 e um reservatório elevado RE.

Os 03 (três) reservatórios são de concreto armado, constituídos por paredes, laje, vigas e pilares. Ressalta-se que o reservatório 03 (três) encontra-se semienterrado.

Os reservatórios 01 (um) e 02 (dois) foram construídos na década de 70 (setenta) tendo em torno de 50 (cinquenta) anos e o reservatório 03 (três) na década de 90, tendo por volta de 30 (trinta) anos. As obras possuem classe de agressividade ambiental (CAA) II – Moderada, segundo a tabela 6.1 da norma NBR 6118/2014.

A seguir o relatório fotográfico da avaliação documental referente a proposta piloto.

FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	01	Armadura exposta e corroída Disgregação do concreto		10	Disgregação do concreto Corrosão Disgregação do concreto
	02	Disgregação do concreto		11	Eflorescência
	03	Segregação do concreto		12	Disgregação do concreto
	04	Eflorescência e umidade		13	Segregação do concreto Armadura exposta e corroída
	05	Fissura com infiltração		14	Segregação do concreto Armadura exposta e corroída
	06	Fissura com umidade Disgregação do concreto Armadura exposta e corroída		15	Segregação do concreto Armadura exposta e corroída
	07	Disgregação do concreto Armadura corroída		16	Mancha de corrosão

Continuação...

FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	08	Armadura exposta e corroída Disgregação do concreto Segregação do concreto Fissura		17	Desgaste superficial
	09	Fissura Corrosão Desplacamento		18	Disgregação do concreto Armadura exposta e corroída

Tabela 18 - Registro fotográfico da avaliação documental – Proposta Piloto

A tabela a seguir apresenta a classificação das manifestações patológicas utilizada na avaliação documental para validação da Proposta Piloto.

Além do cálculo do GUT pela multiplicação dos parâmetros, para cada nota foi calculada a média geométrica (μ_g) e o desvio padrão (DP) finalizando com a média aritmética total por avaliação.

Com a verificação do DP por linha é possível verificar a divergência entre as notas avaliadas e onde é necessário realizar ajustes nos parâmetros das tabelas.

A tabela a seguir apresenta a classificação das manifestações patológicas utilizada na avaliação documental para validação da Proposta Piloto.

Além do cálculo do GUT pela multiplicação dos parâmetros, para cada nota foi calculada a média geométrica (1) e o desvio padrão (2) finalizando com a média aritmética total por avaliação.

O uso das médias resulta em notas dentro do intervalo padrão do GUT (1-5) facilitando a interpretação dos dados.

Com a verificação do DP por linha é possível verificar a divergência entre as notas avaliadas e onde é necessário realizar ajustes nos parâmetros das tabelas. Foi definido como limite aceitável de desvio entre as notas o valor de 0,25, na tabela os itens que superam esse limite foram destacados em rosa. A seguir fórmula utilizada para média aritmética e desvio padrão

$$\mu g = \sqrt[3]{GUT} \quad (1)$$

$$DP = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n}} \quad (2)$$

$$MS = \frac{x1+x2+x3+xn}{n} \quad (3)$$

Onde:

μg = média geométrica

GUT = múltiplo da gravidade, urgência e tendência

DP = desvio padrão, sendo o limite aceitável de 0,25.

Xi = média geométrica de cada avaliação

$\bar{X}$ = média aritmética das médias geométricas de cada avaliação

n = tamanho da população

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
1	Reservatório 1	Parede	Armadura exposta e corroída	01	2	3	4	24	2,88	2	2		0	2,00	2	2	1	4	1,59	0,54
2	Reservatório 1	Parede	Disgregação do concreto	01	2	3	4	24	2,88				0		2	2	1	4	1,59	0,65
3	Reservatório 1	Parede	Disgregação do concreto	02	2	3	4	24	2,88				0		1	1	1	1	1,00	0,94
4	Reservatório 1	Parede	Segregação do concreto	03	4	3		0	3,46	4	2		0	2,83	1	1	1	1	1,00	1,04
5	Reservatório 1	Parede	Eflorescência e umidade	04	1	3	1	3	1,44	1	2	2	4	1,59	1	1	1	1	1,00	0,25
6	Reservatório 1	Beiral	Fissura com infiltração	05	2	2	3,5	14	2,41	3	3	4	36	3,30	3	1	4	12	2,29	0,45
7	Reservatório 1	Beiral	Fissura com umidade	06	3	2	4	24	2,88	4	3	4	48	3,63	3	1	4	12	2,29	0,55
8	Reservatório 1	Beiral	Disgregação do concreto	06	2	2	3	12	2,29	2	3	3	18	2,62	2	2	1	4	1,59	0,43
9	Reservatório 1	Beiral	Armadura exposta e corroída	06	3	2		0	2,45	2	3		0	2,45	2	2	2	8	2,00	0,21
10	Reservatório 1	Beiral	Disgregação do concreto	07	2	2	4	16	2,52	2	3		0	2,45	2	2	2	8	2,00	0,23
11	Reservatório 1	Beiral	Armadura corroída	07	3	2	4	24	2,88	3	3	4	36	3,30	2	2	2	8	2,00	0,54
12	Reservatório 2	Parede	Armadura exposta e corroída	08	2	3	4	24	2,88	2	3	4	24	2,88	2	2	2	8	2,00	0,42
13	Reservatório 2	Parede	Disgregação do concreto	08	2	3	4	24	2,88	2	3	1	6	1,82	2	2	1	4	1,59	0,57

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
14	Reservatório 2	Parede	Segregação do concreto	08	4	3	1	12	2,29	4	3	1	12	2,29	2	2	1	4	1,59	0,33
15	Reservatório 2	Beiral	Fissura	08	3,5	2	2	14	2,41				0		2	2	1	4	1,59	0,41
16	Reservatório 2	Beiral	Fissura	09	2	2	2	8	2,00	4	3	1,5	18	2,62	2	2	1	4	1,59	0,42
17	Reservatório 2	Parede	Corrosão	09				0		4	3	4	48	3,63	2	2	1	4	1,59	1,02
18	Reservatório 2	Parede	Desplacamento	09	2	3		0	2,45				0		2	2	1	4	1,59	0,43
19	Reservatório 2	Parede	Disgregação do concreto	10				0		3	3		0	3,00	2	1	2	4	1,59	0,71
20	Reservatório 2	Beiral	Corrosão	10				0					0		2	2	1	4	1,59	0,00
21	Reservatório 2	Beiral	Disgregação do concreto	10				0		3	3	3	27	3,00	2	2	1	4	1,59	0,71
22	Reservatório 3	Beiral	Eflorescência	11		2	3	0	2,45				0		2	1	1	2	1,26	0,59
23	Est. elevatória	Pilar	Disgregação do concreto	12		5		0	5,00	3	3		0	3,00	2	1	1	2	1,26	1,53
24	Est. elevatória	Pilar	Segregação do concreto	13	4	5	1	20	2,71				0		4	4	4	64	4,00	0,64
25	Est. elevatória	Pilar	Armadura exposta e corroída	13	3	5		0	3,87				0		4	4	4	64	4,00	0,06
26	Est. elevatória	Pilar	Segregação do concreto	14	2	5	1	10	2,15	5	4		0	4,47	5	5	5	125	5,00	1,24

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
27	Est. elevatória	Pilar	Armadura exposta e corroída	14	1	5		0	2,24	5	4		0	4,47	5	5	5	125	5,00	1,20
28	Est. elevatória	Pilar	Segregação do concreto	15	4	5	1	20	2,71	5	4		0	4,47	5	5	5	125	5,00	0,98
29	Est. elevatória	Pilar	Armadura exposta e corroída	15	3	5		0	3,87	5	4		0	4,47	5	5	5	125	5,00	0,46
30	Est. elevatória	Viga	Mancha de corrosão	16	1	4	5	20	2,71	1	3	5	15	2,47	1	1	2	2	1,26	0,64
31	Est. elevatória	Viga	Desgaste superficial	17		4		0	4,00	3	3		0	3,00	2	1	1	2	1,26	1,13
32	Est. elevatória	Pilar	Disgregação do concreto	32	3	5	5	75	4,22				0					0		0,00
33	Est. elevatória	Pilar	Armadura exposta e corroída	32	3	5	5	75	4,22	3	3		0	3,00	2	2	1	4	1,59	1,07
MÉDIA					2,52	3,38	3,12	14,15	2,90	3,13	3,04	3,04	8,85	3,03	2,44	2,19	2,06	22,64	2,16	0,62

Tabela 19 - Classificação da avaliação documental – Proposta Piloto

4.1.6 Avaliação da Aplicação da Proposta Piloto

Ao finalizar a primeira avaliação verificou-se que a utilização do aprimoramento da metodologia GUT resultou em diferenças significativas entre as médias finais conforme observado no gráfico a seguir, também se verifica que a média dos desvios (DP) ficou 0,62, ou seja, 0,37 pontos acima do limite estabelecido.

Houve dificuldades em localizar manifestações patológicas na planilha de parâmetros, principalmente da tabela de fissuras e diferença de interpretação tanto da gravidade quanto da tendência na tabela de danos no concreto. Devido a essas dificuldades os itens ficaram sem classificação e destacado em cinza na Tabela 19.

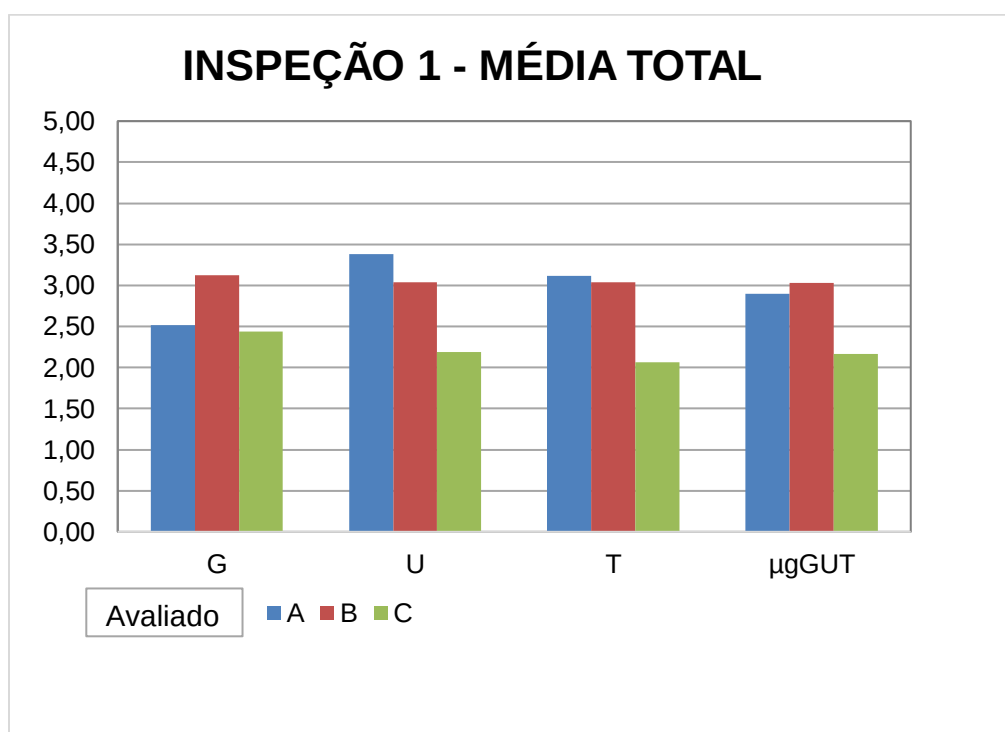


Figura 14 - Gráfico comparativo da proposta piloto

As diferenças acontecem por vários motivos, sendo eles, experiências prévias, interpretação dos métodos e conhecimento da obra que enfatizaram a necessidade de revisão dos parâmetros.

A revisão será apresentada no item a seguir e contemplou as seguintes alterações: Na gravidade, foram revistas às descrições das manifestações patológicas, levando-se em conta suas características técnicas que podem afetar o desempenho estrutural, foi necessário também agrupar algumas anomalias.

Foram considerados na tendência os parâmetros que afetam a durabilidade do elemento, características do ambiente como agressividade e a presença ou não de umidade.

4.2 PROPOSTA REVISADA

Após a análise dos resultados obtidos discutiu-se e identificou as dificuldades de classificação de manifestações patológicas utilizando a proposta piloto. Foram realizadas alterações em cada uma das tabelas para ajuste das diferenças, conforme descrito nos tópicos a seguir.

4.2.1 Proposta Revisada para Fissuras

Após a classificação das manifestações patológicas para a primeira avaliação, foram identificados 33 itens sendo 5 deles como fissuras.

Nos critérios de Gravidade foi identificada a necessidade de ajustar as notas, alterando os intervalos entre itens para dar o peso mais adequado, itens com a mesma nota foram unificados em uma mesma linha resultando na redução de 16 para 11 itens, conforme apresentado na Tabela 20.

Os critérios de Urgência foram mantidos, visto que as diferenças identificadas foram devidas à falta de conhecimento da edificação entre os elementos do grupo, situação que foi melhor discutida para a próxima avaliação. Nos critérios de Tendência foi incluída a fissura passante.

4.2.2 Proposta Revisada para Danos no Concreto

A tabela foi revisada considerando a necessidade de acrescentar manifestações patológicas na gravidade e unificar alguns itens que possuem o mesmo peso.

Os critérios de urgência permaneceram os mesmos e os critérios de Tendência foram revisados totalmente incluindo as características identificadas na primeira avaliação e colocando o incremento para ambiente agressivo, conforme descrito na Tabela 21.

DANOS NO CONCRETO														
GRAVIDADE (G)					URGÊNCIA (U)					TENDÊNCIA (T)				
MANCHAS	DESGASTE SUPERFICIAL	FALHAS NO CONCRETO (DESAGREGAÇÃO, DISCREGREGAÇÃO, SEGREGAÇÃO E DESPLACAMENTO)	FALHAS NO CONCRETO COM EXPOSIÇÃO DA ARMADURA	RUPTURA	ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA DE POUCA RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA VITAL OU ESTRATÉGICA	AÇÃO DE ELEMENTO EXTERNO OU FALHA EXECUTIVA	FUNGOS E BACTÉRIAS	EFLORESCÊNCIA/ CARBONATAÇÃO	ESCORRIMENTO DE ÁGUA OU EXPOSIÇÃO DE AGREGADOS GRAUDOS	CORROSÃO DA ARMADURA OU CAVITAÇÃO
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	AMBIENTE NÃO AGRESSIVO			AMBIENTE AGRESSIVO	
										1	1,5	2	2,5	3
													3,5	4
													4,5	5

Tabela 21 – Parâmetros de notas para danos no concreto – Revisão 1

4.2.3 Proposta Revisada para Corrosão da Armadura

Das 33 manifestações patológicas identificadas, 11 se enquadraram na tabela de corrosão. Foram mantidos os itens de urgência e os itens de gravidade sofreram pouca alteração já a tendência foi alterada completamente, considerando as influências do ambiente como balizador conforme apresentado a seguir.

CORROSÃO														
GRAVIDADE (G)					URGÊNCIA (U)					TENDÊNCIA (T)				
MANCHA DE CORROSÃO	AFLOREAMENTO DA ARMADURA	ARMADURA EXPOSTA	PERDA DE ≤ 10% DA SEÇÃO	PERDA DE > 10% DA SEÇÃO	ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA DE POUCA RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA VITAL OU ESTRATÉGICA	ELEMENTO SUBMERSO	AÇÃO DE ELEMENTO EXTERNO OU FALHA EXECUTIVA	INFILTRAÇÃO	AÇÃO DE ELEMENTO EXTERNO OU FALHA EXECUTIVA	INFILTRAÇÃO
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	AMBIENTE NÃO AGRESSIVO			AMBIENTE AGRESSIVO	
										1	2	3	4	5

Tabela 22 – Parâmetros de notas para corrosão – Revisão 1

Foram mantidos os conceitos de urgência e agressividade ambiental descritos na Tabela 17.

4.2.4 Aplicação Prática da Proposta Revisada

A segunda avaliação foi realizada em uma estação elevatória de esgoto em concreto armado, composta por uma edificação para armazenamento dos equipamentos e o poço de chegada dos efluentes, constituída por laje, parede, marquise e vigas. Construída em 1978, tendo em torno de 40 (quarenta) anos. A obra possui classe de agressividade ambiental (CAA) IV – Muito forte segundo a tabela 6.1 da norma NBR 6118/2014.

A seguir o relatório fotográfico referente a segunda avaliação documental baseada nas tabelas de melhorias do GUT revisão 1.

FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	01	Porosidade superficial Disgregação do concreto		12	Fissura com mancha de corrosão
	02	Porosidade superficial		13	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída e Mancha Porosidade superficial
	03	Porosidade superficial		14	Porosidade superficial
	04	Porosidade superficial Disgregação do concreto		15	Fissura com mancha de corrosão

Continuação...

FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	05	Disgregação do concreto		16	Disgregação do concreto com exposição da armadura
	06	Porosidade superficial		17	Eflorescência
	07	Porosidade superficial Disgregação do concreto		18	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída Fissura
	08	Porosidade superficial		19	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída Mancha

Continuação...

FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	09	Porosidade superficial		20	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída Desgaste Superficial
	10	Porosidade superficial Armadura exposta e corroída		21	Mancha
	11	Porosidade superficial Armadura exposta		22	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída e Fissura

Tabela 23 - Registro fotográfico da proposta revisada

Na sequência a classificação das manifestações patológicas utilizada na avaliação documental referente a proposta revisada:

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
1	EEE	P1	Porosidade superficial	01	2	4	3,5	28	3,04	1	2	3,5	7	1,91	2	3	3,5	21	2,76	0,48
2	EEE	P1	Disgregação do concreto	01	3	4	3,5	42	3,48	2	2	3,5	14	2,41	2	3	3,5	21	2,76	0,44
3	EEE	P2	Porosidade superficial	02	2	4	3,5	28	3,04	1	2	3,5	7	1,91	2	3	3,5	21	2,76	0,48
4	EEE	P3	Porosidade superficial	03	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20
5	EEE	P6	Porosidade superficial	04	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20
6	EEE	P6	Disgregação do concreto	04	3	4	3,5	42	3,48	3	2	3,5	21	2,76	3	3	3,5	31,5	3,16	0,29
7	EEE	P6	Disgregação do concreto	05	3	4	3,5	42	3,48	3	2	3,5	21	2,76	3	3	3,5	31,5	3,16	0,29
8	EEE	P9	Porosidade superficial	06	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20
9	EEE	P12	Porosidade superficial	07	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20
10	EEE	P12	Disgregação do concreto	07	3	4	3,5	42	3,48	3	2	3,5	21	2,76	3	3	3,5	31,5	3,16	0,29
11	EEE	P11	Porosidade superficial	08	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20
12	EEE	P10	Porosidade superficial	09	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
13	EEE	P7	Porosidade superficial	10	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20
14	EEE	P7	Armadura exposta e corroída	10	3	4	4	48	3,63	2	2	4	16	2,52	3	3	4	36	3,30	0,47
15	EEE	P4	Porosidade superficial	11	1	4	3,5	14	2,41	1	2	3,5	7	1,91	1	3	3,5	10,5	2,19	0,20
16	EEE	P4	Armadura exposta	11	3	4	4	48	3,63	2	2	4	16	2,52	3	3	4	36	3,30	0,47
18	EEE	Laje	Fissura com mancha de corrosão	12	2,5	4	2,5	25	2,92	2,5	2	2,5	12,5	2,32	3	3	4,5	40,5	3,43	0,46
19	EEE	Laje	Disgregação do concreto c/. armadura exposta e corroída	13	4	4	3,5	56	3,83	4	2	3,5	28	3,04	4	3	3,5	42	3,48	0,32
20	EEE	Laje	Mancha	13	1	4	1	4	1,59	1	2	1	2	1,26	1	3	1	3	1,44	0,13
21	EEE	Laje	Porosidade superficial	13	2	4	3,5	28	3,04	1	2	3,5	7	1,91	2	3	3,5	21	2,76	0,48
22	EEE	Laje	Porosidade superficial	14	2	4	3,5	28	3,04	1	2	3,5	7	1,91	2	3	3,5	21	2,76	0,48
23	EEE	Laje	Fissura com mancha de corrosão	15	3	4	4,5	54	3,78	2,5	2	2,5	12,5	2,32	3	3	4,5	40,5	3,43	0,62
24	EEE	Marquise	Disgregação do concreto c/. exposição da armadura	16	4	4	5	80	4,31	4	2	3,5	28	3,04	4	3	3,5	42	3,48	0,53
26	EEE	Marquise	Eflorescência	17	1	4	4	16	2,52	1	2	1,5	3	1,44	1	3	2	6	1,82	0,45

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
27	EEE	Marquise	Disgregação do concreto c/. armadura exposta e corroída	18	4	4	5	80	4,31	4	2	3,5	28	3,04	4	3	3,5	42	3,48	0,53
28	EEE	Marquise	Fissura	18	2,5	4	2,5	25	2,92	3	2	2,5	15	2,47	3	3	2	18	2,62	0,19
29	EEE	Marquise	Disgregação do concreto c/. armadura exposta e corroída	19	4	4	5	80	4,31	4	2	3,5	28	3,04	4	3	3,5	42	3,48	0,53
30	EEE	Marquise	Mancha	19	1	4	4	16	2,52	1	2	3,5	7	1,91	1	3	1,5	4,5	1,65	0,36
31	EEE	Viga	Disgregação do concreto c/. armadura exposta e corroída	20	4	4	5	80	4,31	4	2	3,5	28	3,04	4	3	3,5	42	3,48	0,53
32	EEE	Viga	Desgaste Superficial	20	2	4	3,5	28	3,04				0					0		0,00
33	EEE	Viga	Mancha	21	1	4	5	20	2,71	1	2	1,5	3	1,44	1	3	1,5	4,5	1,65	0,56
34	EEE	Parede	Disgregação do concreto c/. armadura exposta e corroída	22	3	3	4	36	3,30	3	2	3,5	21	2,76	3	3	3,5	31,5	3,16	0,23
35	EEE	Parede	Fissura	22	1	3	3		2,08	1	2	1		1,26	1	3	1		1,44	0,35
MÉDIA					2,18	3,94	3,68	34,00	3,06	1,97	2,00	3,16	12,78	2,22	2,19	3,00	3,22	22,31	2,67	0,35

Tabela 24 – Classificação da avaliação documental da proposta revisada

4.2.5 Comentários e Observações

A tabela 25 apresenta a redução de 28% do desvio padrão em relação a primeira proposta, porém ainda acima do valor limite (0,25). A maior divergência está entre as notas do critério de urgência devido à forma de interpretação dos três aspectos a serem observados (local da edificação, o elemento inspecionado e o impacto no uso).

O gráfico abaixo aponta a diferença entre notas da urgência (U) resultante da avaliação de cada profissional que impacta diretamente no resultado final.

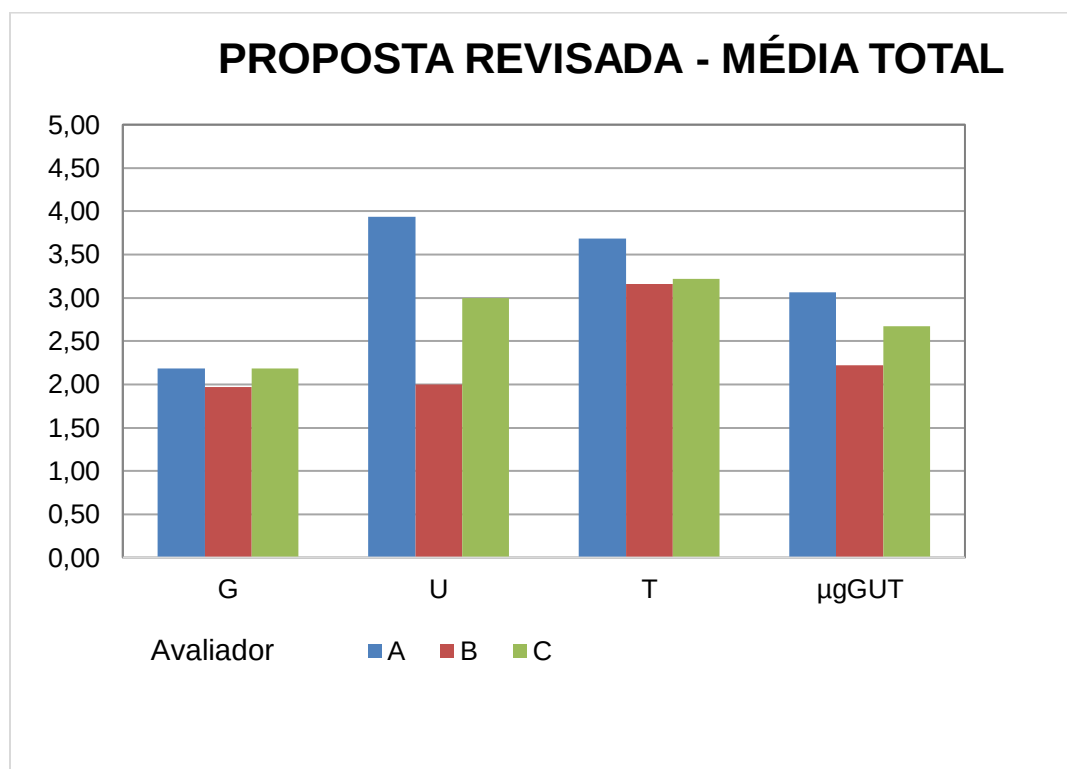


Figura 15 - Gráfico comparativo da avaliação documental da proposta revisada

Também houve julgamento diferente na classificação da manifestação patológica demonstrada na foto 20 da tabela 24, onde a avaliadora “A” considerou como desgaste superficial e as avaliadoras “B e C” identificaram uma falha na proteção superficial, não sendo o foco deste trabalho, justificando assim os valores zerados e destacados em cinza.

Devido aos fatores descritos acima houve uma reavaliação nas tabelas de caracterização e classificação da proposta de aprimoramento do GUT com o principal objetivo a alteração na legenda referente a urgência.

4.3 PROPOSTA FINAL

A seguir as tabelas referente a proposta final, sendo utilizadas como subsídio para terceira avaliação documental.

4.3.1 Proposta Final para Fissuras

Como para o critério de fissuras não houve revisão, apenas os conceitos de urgência foram alterados, conforme descrito no item 4.3.4.

FISSURAS																			
GRAVIDADE (G)										URGÊNCIA (U)					TENDÊNCIA (T)				
	FISSURAS POR RETRAÇÃO ou NA JUNTA DE CONCRETAGEM										ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA				CAA I < 0,4mm CAA II e CAA III < 0,3mm CAA IV < 0,2mm				
	FISSURAS DIAGONAIS INCLINADAS A 45º EM PAREDES										ELEMENTO EM ÁREA DE POUCA RELEVÂNCIA				CAA I < 0,4mm CAA II e CAA III < 0,3mm CAA IV < 0,2mm				
	FISSURAS AO LONGO DAS ARMADURAS										ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE				CAA I ≥ 0,4mm				
	FISSURA POR CORROSÃO										ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE				CAA II ou CAA III ≥ 0,3 mm				
	FISSURAS PARALELAS E/OU PERPENDICULARES À DIREÇÃO DO CARREGAMENTO E IRREGULARES NAS VIGAS										ELEMENTO EM ÁREA VITAL OU ESTRATÉGICA				CAA IV ≥ 0,2 mm E/OU PASSANTE				
	FISSURAS HORIZONTAIS OU VERTICAIS EM PILARES OU LAJES														CAA I < 0,4mm CAA II e CAA III < 0,3mm CAA IV < 0,2mm				
	FISSURAS VERTICAIS NO TERÇO MÉDIO DE VIGAS E INCLINADAS A 45º JUNTO AOS APOIOS														CAA I ≥ 0,4mm				
	FISSURAS INCLINADAS A 45º SEGUNDO RETAS REVERSAS EM VIGAS														CAA II ou CAA III ≥ 0,3 mm				
	FISSURAS MAPEADAS POR ATAQUE DE ALCALIS														CAA IV ≥ 0,2 mm E/OU PASSANTE				
	FISSURAS DIAGONAIS EM VIGAS NA DIREÇÃO AOS APOIOS																		
	FISSURAS DIAGONAIS NOS CANTOS DAS LAJES																		
	FISSURAS NA LAJE CONTORNANDO O PILAR																		
	FISSURAS EM CONCRETO PROTENDIDO																		

DANOS NO CONCRETO													
GRAVIDADE (G)					URGÊNCIA (U)					TENDÊNCIA (T)			
MANCHAS/POROSO	DESGASTE SUPERFICIAL	FALHAS NO CONCRETO (DESAGREGAÇÃO, DISGREGAÇÃO, SEGREGAÇÃO E DESPLACAMENTO)			FALHAS NO CONCRETO COM EXPOSIÇÃO DA ARMADURA			RUPTURA OU MAIS DE 50% DO ELEMENTO DETERIORADO		ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA DE POUCA RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE
1	2	ATÉ 10%	10 A 25%	25 A 50%	ATÉ 10%	10 A 25%	25 A 50%	5	1	2	3	4	5
										AMBIENTE NÃO AGRESSIVO			
										1	2	3	4
										AMBIENTE AGRESSIVO			
										1,5	2,5	3,5	5

Tabela 26 - Parâmetros de notas para defeitos no concreto – Proposta Final

4.3.3 Proposta Final para Corrosão da Armadura

Os itens de gravidade e urgência foram mantidos, na tendência foi incluído o item de baixo cobrimento, identificado como agravante para os casos de corrosão.

CORROSÃO													
GRAVIDADE (G)					URGÊNCIA (U)					TENDÊNCIA (T)			
MANCHA DE CORROSÃO	AFLOREAMENTO DA ARMADURA	PERDA DE ≤ 10% DA SEÇÃO	ARMADURA EXPOSTA	PERDA DE > 10% DA SEÇÃO	ELEMENTO EM ÁREA SEM RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA DE POUCA RELEVÂNCIA	ELEMENTO EM ÁREA RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA MUITO RELEVANTE	ELEMENTO EM ÁREA VITAL OU ESTRATÉGICA	ELEMENTO SUBMERSO	AÇÃO DE ELEMENTO EXTERNO OU FALHA EXECUTIVA	INFILTRAÇÃO	BAIXO COBRIMENTO
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	AMBIENTE NÃO AGRESSIVO			
										1	2	3	4
										AMBIENTE AGRESSIVO			
										2,5	3,5	5	

Tabela 27 - Parâmetros de notas para corrosão – Proposta Final

4.3.4 Proposta Final Descritivo da Urgência e Agressividade

Como citado anteriormente, o conceito de urgência foi o que gerou maior divergência de interpretação nessa avaliação portanto foram incluídas as frequências de visitação/circulação no ambiente, reduzindo assim a subjetividade.

DESCRITIVO DA URGÊNCIA E AGRESSIVIDADE DOS AMBIENTES	
Elemento em área sem relevância	Local onde há raras visitas (até 2 vezes por mês em média).
Elemento em área de pouca relevância	Local onde há poucas visitas de pessoas (até 2 vezes por semana em média).
Elemento em área relevante	Local onde há circulação constante de pessoas.
Elemento em área muito relevante	Local onde há fluxo e/ou permanência de pessoas.
Elemento em área vital ou estratégica	Local onde há grande fluxo e/ou permanência de pessoas.
CAAI	Agressividade Fraca em ambiente Rural ou Submerso , com risco insignificante a deterioração da estrutura.
CAAI	Agressividade Moderada em ambiente Urbano , com risco pequeno de deterioração da estrutura.
CAAI	Agressividade Forte em ambiente Marinho ou Industrial , com risco grande de deterioração da estrutura.
CAAI	Agressividade Muito Forte em ambiente com Respingos de Maré ou Industrial , com risco elevado de deterioração da estrutura.

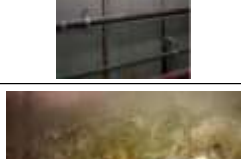
Tabela 28 – Descritivo das tabelas – Proposta Final

4.3.5 Aplicação Prática da Proposta Final

A terceira avaliação documental trata-se de uma estação de Metrô, localizada na região metropolitana de São Paulo. A estrutura de concreto é predominantemente composta por paredes, pilares, laje e vigas em sua maioria moldadas no local, com acabamento em concreto aparente envernizado nas áreas públicas e sem tratamento nas áreas técnicas.

A Estação entrou em operação em maio de 2010 e está dividida em 6 níveis, sendo dois acessos, galeria técnica, mezanino, plataforma, porão de cabos e canal de exaustão.

A seguir o relatório fotográfico da proposta final referente a terceira avaliação documental.

FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	01	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída		19	Mancha de escorrimento
	02	Mancha de infiltração		20	Defeitos superficiais e infiltração
	03	Mancha de infiltração		21	Fissura com efflorescência
	04	Mancha de escorrimento		22	Fissura com infiltração
	05	Mancha de infiltração		23	Fissura com infiltração
	06	Fissura		24	Concreto disgregado com armadura exposta e corroída

Continuação...

FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	07	Fissura		25	Fissura com eflorescência
	08	Fissura com eflorescência		26	Fissura com eflorescência
	09	Disgregação do concreto		27	Mancha de infiltração
	10	Fissura		28	Fissura com eflorescência
	11	Defeitos superficiais		29	Disgregação do concreto
	12	Armadura exposta e corroída		30	Segregação do concreto com armadura exposta e corroída

Continuação...

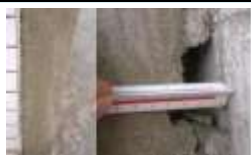
FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA	FOTO	Nº	MANIFESTAÇÃO PATÓLOGICA
	13	Segregação do concreto		31	Segregação do concreto
	14	Defeitos superficiais		32	Lixiviação e infiltração
	15	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída		33	Segregação do concreto com armadura exposta
	16	Fissura		34	Fissura
	17	Mancha		35	Mancha de umidade com infiltração
	18	Mancha de infiltração		36	Mancha de umidade com infiltração

Tabela 29 - Registro fotográfico da proposta final

Na sequência a classificação das manifestações patológicas empregada na proposta final:

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
1	ESTAÇÃO	Parede	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída	01	3	1	4	12	2,29	4	1	1	4	1,59	3	1	4	12	2,29	0,33
2	ESTAÇÃO	Laje	Mancha de infiltração	02	1	2	2	4	1,59	1	2	2	4	1,59	1	1	1	1	1,00	0,28
3	ESTAÇÃO	Parede	Mancha de infiltração	03	1	2	2	4	1,59	1	2	2	4	1,59	1	1	2	2	1,26	0,15
4	ESTAÇÃO	Parede	Mancha de escorrimento	04	1	2	2	4	1,59	1	2		0	1,41	1	1	4	4	1,59	0,08
5	ESTAÇÃO	Parede	Mancha de infiltração	05	1	1	4	4	1,59	1	1		0	1,00	1	1	4	4	1,59	0,28
6	ESTAÇÃO	Viga	Fissura	06	1	4	1,5	6	1,82	2	4	1,5	12	2,29	1	4	2	8	2,00	0,19
7	ESTAÇÃO	Viga	Fissura	07	1	4	1,5	6	1,82	2	4	1,5	12	2,29	1	4	2	8	2,00	0,19
8	ESTAÇÃO	Viga	Fissura com eflorescência	08	2,5	4	4	40	3,42	2,5	4	4	40	3,42	1	4	3	12	2,29	0,53
9	ESTAÇÃO	Viga	Disgregação do concreto	09	3	4	1	12	2,29	3	4	1	12	2,29	3	4	1	12	2,29	0,00
10	ESTAÇÃO	Viga	Fissura	10	1	4	2	8	2,00	2	4	2,5	20	2,71	1	4	2	8	2,00	0,34
11	ESTAÇÃO	Viga	Defeitos superficiais	11	2	4	1	8	2,00	2	4	1	8	2,00	1	4	1	4	1,59	0,19
12	ESTAÇÃO	Viga	Armadura exposta e corroída	12	4	4	4	64	4,00	4	4	1,5	24	2,88	3	4	4	48	3,63	0,46
13	ESTAÇÃO	pilar	Segregação do concreto	13	3	4	1	12	2,29	3	4	1	12	2,29	3	4	4	48	3,63	0,63

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
14	ESTAÇÃO	Viga	Defeitos superficiais	14	2	4	1	8	2,00	2	4	1,5	12	2,29	1	4	1	4	1,59	0,29
15	ESTAÇÃO	Parede	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída	15	4	1	1	4	1,59	4	1	1	4	1,59	4	1	1	4	1,59	0,00
16	ESTAÇÃO	Viga	Fissura	16	1	1	3	3	1,44	2	1	1	2	1,26	1	1	4	4	1,59	0,13
17	ESTAÇÃO	Parede	Mancha	17	1	1	2	2	1,26	1	1	2	2	1,26	1	1	4	4	1,59	0,15
18	ESTAÇÃO	Parede	Mancha de Infiltração	18	1	1	2	2	1,26	1	1		0	1,00	1	1	2	2	1,26	0,12
19	ESTAÇÃO	Parede	Mancha de escorrimento	19	1	1	4	4	1,59	1	1		0	1,00	1	1	4	4	1,59	0,28
20	ESTAÇÃO	Piso	Defeitos superficiais e infiltração	20	2	1	2	4	1,59	2	1	2	4	1,59	1	1	1	1	1,00	0,28
21	ESTAÇÃO	Laje	Fissura com eflorescência	21	1	1	5	5	1,71	1	1	5	5	1,71	1	1	4	4	1,59	0,06
22	ESTAÇÃO	Piso	Fissura com infiltração	22	1	1	4	4	1,59	1	1	5	5	1,71	1	1	4	4	1,59	0,06
23	ESTAÇÃO	Laje	Fissura com infiltração	23	1	1	3,5	3,5	1,52	1	1	5	5	1,71	1	1	4	4	1,59	0,08
24	ESTAÇÃO	Parede	Disgregação do concreto com armadura exposta e corroída	24	4	1	1	4	1,59	4	1	2	8	2,00	4	1	1	4	1,59	0,19
25	ESTAÇÃO	Laje	Fissura com eflorescência	25	1	1	5	5	1,71	1	1	5	5	1,71	1	1	4	4	1,59	0,06
26	ESTAÇÃO	Laje	Fissura com eflorescência	26	1	1	5	5	1,71	1	1	5	5	1,71	1	1	4	4	1,59	0,06

Nº	LOCAL	ELEMENTO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	FOTO Nº	CLASSIFICAÇÃO GUT "A"					CLASSIFICAÇÃO GUT "B"					CLASSIFICAÇÃO GUT "C"					DP
					G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	G	U	T	GUT	µg	
27	ESTAÇÃO	Parede	Mancha de infiltração	27	1	1	4	4	1,59	1	1	3	3	1,44	1	1	4	4	1,59	0,07
28	ESTAÇÃO	Parede	Fissura com eflorescência	28	1	1	5	5	1,71	2,5	1	5	12,5	2,32	1	1	4	4	1,59	0,32
29	ESTAÇÃO	Laje	Disgregação do concreto	29	3	1	2,5	7,5	1,96	1	1	3	3	1,44	3	1	2	6	1,82	0,22
30	ESTAÇÃO	Laje	Segregação do concreto com armadura exposta e corroída	30	4	1	4	16	2,52	4,75	1	1	4,75	1,68	4	1	4	16	2,52	0,40
31	ESTAÇÃO	Viga	Segregação do concreto	31	3	1	1	3	1,44	3	1	1	3	1,44	3	1	1	3	1,44	0,00
32	ESTAÇÃO	Laje	Lixiviação e infiltração	32	1	1	2,5	2,5	1,36	2,5	1	5	12,5	2,32	1	1	2	2	1,26	0,48
33	ESTAÇÃO	pilar/Viga	Segregação do concreto	33	4,25	1	5	21,25	2,77	4,25	1	1	4,25	1,62	4,5	1	4	18	2,62	0,51
34	ESTAÇÃO	Parede	Fissura	34	2	1	2,5	5	1,71	2	1	2,5	5	1,71	2	1	4	8	2,00	0,14
35	ESTAÇÃO	Laje	Mancha de umidade com infiltração	35	1	1	2	2	1,26	1	1	5	5	1,71	1	1	1	1	1,00	0,29
36	ESTAÇÃO	Laje	Mancha de umidade com infiltração	36	1	1	2	2	1,26	1	1	5	5	1,71	1	1	1	1	1,00	0,29
MÉDIA					1,85	1,83	2,75	8,49	1,84	2,04	1,83	2,66	7,42	1,81	1,71	1,75	2,75	7,81	1,77	0,23

Tabela 30 – Classificação da proposta final

4.3.6 Comentários e Observações

Na avaliação documental referente a terceira inspeção constatou-se poucas divergências entre os avaliadores do GUT com a média final do desvio padrão dentro do valor aceitável ($DP < 0,25$).

Observando o gráfico a seguir pode-se notar que a terceira avaliação evidenciou um resultado satisfatório, pois a média das notas de todos os parâmetros do GUT apresentou valores semelhantes.

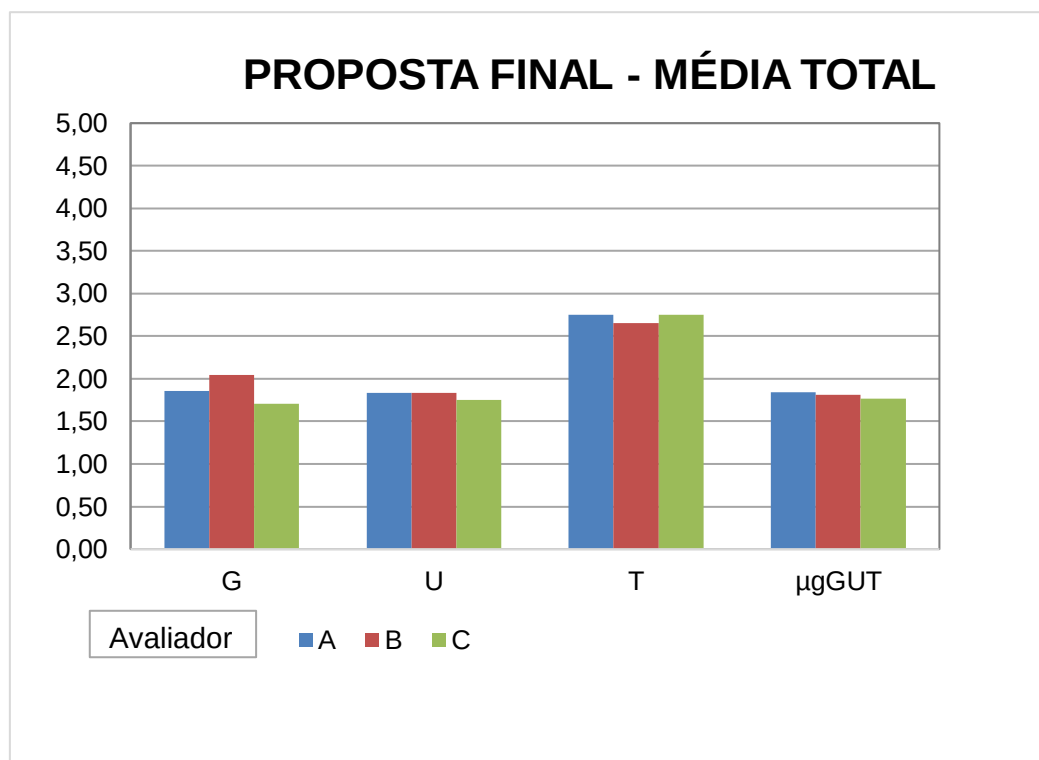


Figura 16 - Gráfico comparativo da proposta final

4.4 AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE AS PROPOSTAS

Tendo em vista o exposto durante esse estudo, foi possível demonstrar as dificuldades de equilibrar as avaliações realizadas entre avaliadores com visão e perspectivas diferentes sobre as manifestações patológicas de uma mesma obra, e assim reduzir os fatores que possam trazer divergências avaliativas ao se utilizarem o método GUT.

O gráfico abaixo demonstra de forma perceptível a evolução das tentativas de concordância entre as avaliações documentais realizadas.

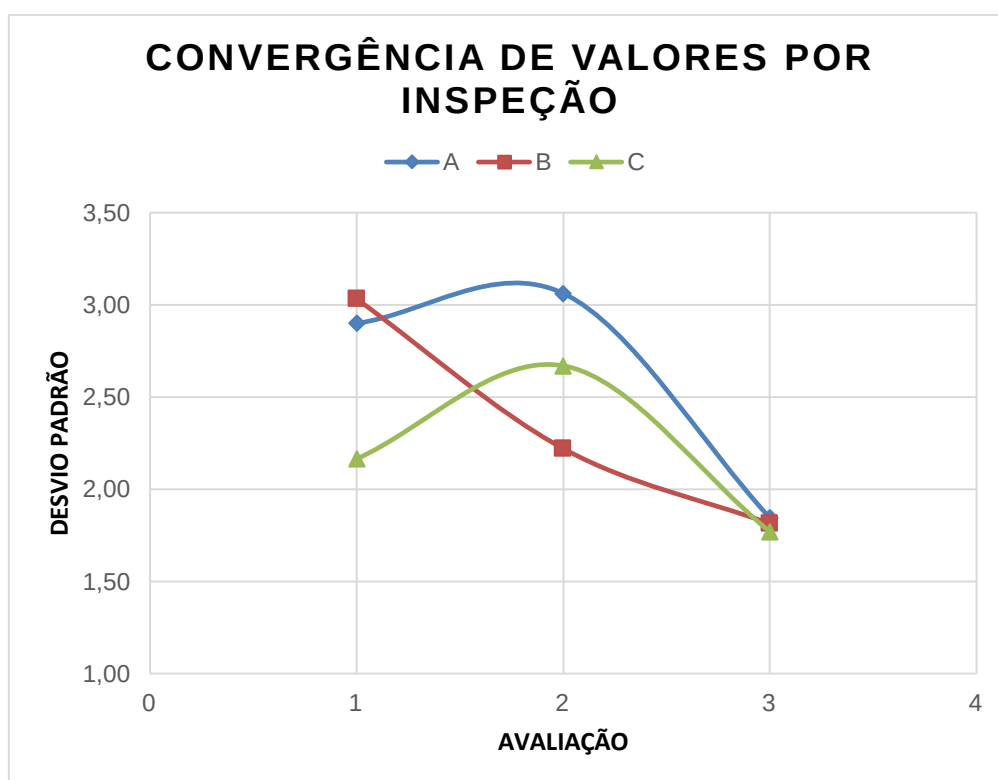


Figura 17 - Gráfico comparativo de resultados das inspeções

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para novos estudos na área.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que foram atingidos os objetivos iniciais dessa pesquisa, que a hipótese foi corroborada e pode-se observar que:

Quanto a proposta piloto verificou-se que o profissional B aplicou nota inferior aos demais avaliadores. Esta diferença está relacionada à ausência de critérios, principalmente em relação a gravidade e a tendência, gerando assim uma dificuldade em atrelar as manifestações patológicas encontradas com as existentes na tabela da Proposta Piloto. Devido a essa dificuldade os itens ficaram sem classificação, conforme mostrado em vermelho na Tabela 19.

Quanto a proposta revisada notou-se que a maior diferença entre as notas foi no parâmetro de Urgência, verificamos que como haviam três abordagens possíveis (frequência de visitação do ambiente, importância do elemento e impacto sobre o uso e operação do edifício), cada avaliadora considerou de forma diferente esse parâmetro, que necessitou de revisão. Foi considerada na urgência apenas a segurança do usuário, levando-se em consideração a frequência de visitação e/ou permanência no ambiente inspecionado.

Quanto a proposta final foi possível verificar a redução das diferenças nas notas por avaliação documental, conforme demonstrado no gráfico final do capítulo anterior.

A diferença das notas entre as componentes foi maior no critério de Gravidade, sendo de 4% entre A e B, 5% A e C e 9% entre B e C. Na Urgência a maior diferença foi de 2% e na Tendência 3%. De 36 itens apenas 9 apresentaram o $DP > 0,25$ sendo o maior valor 0,51 (item 33).

A Tabela 31 apresenta o resumo dos resultados do trabalho na qual é possível verificar a queda percentual do DP pelo intervalo estabelecido para o GUT (5).

RESUMO DOS RESULTADOS			
AVALIADOR	μ gGUT 1	μ gGUT 2	μ gGUT 3
A	2,90	3,06	1,84
B	3,03	2,22	1,81
C	2,16	2,67	1,77
MÉDIA	2,699	2,651	1,809
MÉDIA DP	0,618	0,351	0,226
DP/5	12,4%	7,0%	4,5%

Tabela 31 - Resumo dos resultados

Considerou-se as diferenças como mínimas e aceitáveis para o objetivo de redução da subjetividade do critério GUT na avaliação de estruturas de concreto armado. Conclui-se, portanto, que a hipótese deste trabalho foi confirmada e que a subjetividade foi reduzida após a nova conceituação proposta.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Colocar parâmetros de ponderação da nota, considerando a área dos elementos danificados.
- Aprimorar os cálculos da metodologia GUT.
- Expandir as planilhas de parâmetros para abranger outros sistemas civis, como hidráulica, estruturas metálicas, vedação, entre outros.
- Incluir previsão de custos para direcionamento de recursos de acordo com a classificação do GUT para a priorização de tratamentos.
- Desenvolver aplicativo ou programa para inspeções com o cálculo de notas por edificação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. F. N. F., **Sistematização dos Padrões de Fissuração Correntes em Edifícios**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Técnico Lisboa. Lisboa, 2015.

ANTÔNIO, F.; RECENA, P. **Retração do Concreto**. Porto Alegre: Edipucrs, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5492 – Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674 - Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projetos de Estruturas de Concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037 - Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013

CÂNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 1977.

CASCUDO, O. **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto**. São Paulo: São Paulo, 1964.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na Construção Civil**. Monografia (Especialização em Construção Civil) Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2009.

DNIT. ES 083/2006: **Tratamento de trincas e fissuras – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. ES 090/2006: **Patologias do concreto – Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

DOLÁCIO, A. C. **Inspeção Predial: Qualidade, Desempenho e Segurança**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/a/inspecao-predial-qualidade-desempenho-e-seguranca_14469> Acesso em 07/09/2018.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do Concreto Estrutural – Tópicos Aplicados**. São Paulo: Pini, 2008.

GASPAR, P. L.; COLEN, F. I. B.; Jorge D. **Técnicas de diagnóstico e classificação de fissuração em fachadas rebocadas**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280098489_Tecnicas_de_Diagnostico_e_Classificacao_de_Fissuracao_em_Fachadas_Rebocadas>. Acesso em 13/12/2018.

GOMIDE, T.; PUJADAS, F.; NETO, J. **Técnicas de Inspeção e Manutenção Predial**. São Paulo: Pini, 2006.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armadura do Concreto Armado**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo - **Norma de Inspeção Predial**, 2012.

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. **Inspeção Predial: check-up predial: guia da boa manutenção** - 2ª edição, 2009.

LAPA, S. J. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Belo Horizonte 2008, *apud* ANDRADE M. C. *et al.* Manual **para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. Tradução e adaptação de Antônio Carmona e Paulo Helene. 1. ed. São Paulo: Pini, 1992.

LIMA, R. C. A. **Investigação do Comportamento de Concretos em Temperaturas Elevadas**. Tese de Doutorado (Programa de pós-graduação em engenharia civil) - Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MAYOR, V. A. **Vazios de concretagem põem em risco desempenho de estruturas de concreto armado**. ABCP. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/vazios-de-concretagem-poem-em-risco-desempenho-de-estruturas-de-concreto-armado_14605_0_0> Acesso em: 23/01/2019.

MARTINS, N.; PESSOA, R.; NASCIMENTO, R. **Priorização na Resolução de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado: Método GUT**. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.25286/repav2i3.707>>. Acesso em: 28/11/2018.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MENDES, H. **A construção civil e seu impacto no meio ambiente**. Green Domus, 2018. Disponível em: <http://greendomus.com.br/a-construcao-civil-e-seu-impacto-no-meio-ambiente/>. Acesso em: 04/12/ 2018.

MONTARDO J. P. **A Retração do Concreto**, **Boletim Técnico 16**, ANAPRE, 2009. Disponível em: <http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao16.asp> Acesso em: 11/11/2018

NETO, H. E. **Vazios de concretagem põem em risco desempenho de estruturas de concreto armado**. Disponível em <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/vazios-de-concretagem-poem-em-risco-desempenho-de-estruturas-de-concreto-armado_14605_0_0>. Acesso em: 23/01/2019.

NEVES, D. R. R.; BRANCO, L. A. M. N. **Estratégia de Inspeção Predial**. Disponível em: <www.fumec.br/revistas/construindo/article/download/1733/1103>.

Acesso em 28/08/2018.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas Para o Aprimoramento da Qualidade**. São Paulo, Thomson Pioneira, 1995.

PIANCASTELLI, E. M. Apostila, Disciplina: **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Minas Gerais, 2014.

RECENA, F. A. P. **Retração do Concreto**. Porto Alegre: Edipucrs, 2014.

SANTOS, F. C. **Patologia de Estruturas de Concreto Armado**. TCC (Graduação de Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria 2014.

SIMAVORIAN, D. **Análise do efeito do escoramento no comportamento de lajes de betão armado**. IST TÉCNICO LISBOA, 2015. Disponível em: <<http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/EBAP/ReabReforcoPontes/modulo2-1.pdf>>. Acesso em 28/11/2018.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1^{ed}. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1^a.ed. São Paulo: Pini, 2009.

SOUZA, F. M. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Monografia (Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008 *apud* TRINDADE, S. D. *et al.* **Patologia em Estruturas de Concreto Armado**. Santa Maria, 2015.

SOUZA, F. M. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Monografia (Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

THOMAZ, E. **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção**. São Paulo: Pini, 2001.

TRINDADE, S. D. **Patologia em estruturas de concreto armado**. TCC (Graduação de Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015 *apud* MARCELLI, M. *et al.* **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos causados por eflorescência. Tecnologia de Edificações**. São Paulo: Pini, 1988.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. DER-PE – Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar** - 10^a ed. São Paulo: Pini, 2009.

ZANOTTO, G.; LANTELME, E.; COSTELLA, M.; LAVAL, L. G. **Atendimento Ao Requisito Manutenibilidade da NBR 15575:2013 em um Empreendimento Habitacional**. São Carlos: SIBRAGEC ELAGEC, 2015.