



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
CLEIDE CABRAL
KAROLINY SCHWINDEN DE FREITAS

**INSPEÇÃO E ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE
CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASOS EM FLORIANÓPOLIS-SC**

Palhoça
2021



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
CLEIDE CABRAL
KAROLINY SCHWINDEN DE FREITAS

**INSPEÇÃO E ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE
CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASOS EM FLORIANÓPOLIS-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Ricardo Moacyr Mafra, Msc.

Palhoça

2021

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, amigos e professores, que nos deram força nos momentos difíceis e nos motivaram durante a jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meu Deus, criador das circunstâncias que me fizeram ser a pessoa que sou, e por me dar a oportunidade de realizar um sonho, abrindo um caminho perfeito de oportunidades para mim, por ter me capacitado e por não permitir que os percalços do caminho me tirasse o foco.

Quero agradecer ao meu esposo, Juliano Sperb, fiel incentivador, que nunca mediu esforços para me apoiar e motivar, sempre me ajudando a enxergar o lado bom de cada adversidade, por ser um “Porto Seguro” em momentos difíceis, por ser um profissional de sucesso com um perfeito caráter de quem me orgulho muito e em quem me espelho. Obrigada por tudo.

Quero agradecer a meu pai e meus irmãos, pelo apoio, pela fé depositada, pelo incentivo, e principalmente pelas orações.

Quero agradecer a todos os meus familiares e amigos pelo pensamento positivo e por sempre torcerem pelo meu sucesso.

Quero agradecer a instituição em si, por oferecer um local, agradável, um ambiente completo e seguro, com bons recursos para o estudante ir além, e descobrir um mundo de conhecimento.

Quero agradecer, aos Diretores, e Coordenadores, sempre com boas ideias para agregar nosso aprendizado.

Quero agradecer aos professores homens e mulheres prontos para vencer os desafios e nos transmitir seu conhecimento, incansáveis nas formas de nos ajudar, pacientes e determinados, sem vocês nada seria possível.

Quero agradecer aos amigos e colegas de classe, pela companhia, pelas conversas, por ouvir os desabafos, por dividir o aprendizado, e as gargalhadas, pelos grupos de estudos na biblioteca, pelos grupos de atividades, onde dividimos além de tudo experiências.

Cleide Cabral Sperb

Agradeço, acima de tudo, aos meus pais, Valdeci e Zelio, que me guiaram em todos os momentos da minha vida e me deram apoio incondicional aos meus estudos.

Aos meus irmãos, Fabio e Kelly, pelo carinho e os ensinamentos.

A todos os amigos e familiares que torcem pelo meu sucesso.

Aos colegas que conheci ao longo da graduação, com os quais dividi momentos de estudo e aprendizado.

Por todo conhecimento conquistado, agradeço aos meus professores, em especial, aos nossos orientadores, professor Ricardo Moacyr Mafra e professor Roberto Rodrigues de Melo, pela paciência, confiança e orientação neste trabalho.

Karoliny Schwinden de Freitas

“Um livro, uma caneta, uma criança e um professor podem mudar o mundo.”
(MALALA YOUSAFZAI)

RESUMO

As pontes são classificadas como Obras de Arte Especiais. Estas obras estão inseridas em ambientes de elevada classe de agressividade ambiental, sendo susceptíveis a diversas manifestações patológicas que comprometem a vida útil das estruturas. Desta forma, este trabalho tem como objetivo realizar a inspeção e análise de patologias de 4 (quatro) pontes de concreto armado, localizadas no município de Florianópolis-SC, seguindo os roteiros de inspeção rotineira da NBR 9452:2019 e da Norma DNIT 010/2004, a fim de se analisar o estado de conservação das OAEs da região. Previamente a realização das inspeções fez-se o levantamento bibliográfico das tipologias das pontes, vida útil e o levantamento das manifestações patológicas recorrentes nessas estruturas, bem como, os principais roteiros de inspeção vigentes no Brasil. O estudo de casos dispôs da inspeção visual das pontes, testes de pacômetria e de fenolftaleína. Através da metodologia adotada foi possível avaliar o estado de conservação das estruturas e realizar a comparação dos métodos utilizados, chegando-se a conclusão de que as pontes apresentam condições insatisfatórias resultantes da falta de manutenção por parte dos órgãos públicos.

Palavras-chave: Pontes. Obras de Arte Especiais. Manifestações patológicas. Inspeção. Concreto armado.

ABSTRACT

Bridges are classified as Special Engineering Structures. These works are inserted in high-class environments of environmental aggressiveness, being susceptible to several pathological manifestations that compromise the useful life of the structures. Thus, this work aims to carry out the inspection and analysis of the pathologies of 4 (four) reinforced concrete bridges, located in the city of Florianópolis-SC, following the routines of routine inspection of NBR 9452: 2019 and Standard DNIT 010/2004 , in order to analyze the conservation status of OAEs in the region. Previously, inspections were carried out with a bibliographic survey of the typologies of the bridges, their useful lives and the survey of the recurrent pathological manifestations in these structures, as well as the main inspection routes in force in Brazil. The case study provided visual inspection of the bridges, pacometry and phenolphthalein tests. Through the adopted methodology it was possible to evaluate the state of conservation of the structures and to carry out the comparison of the used methods, reaching the conclusion that the bridges present unsatisfactory conditions resulting from the lack of maintenance on the part of Organs public agencies.

Keywords: Bridges. Special engineering structures. Pathological manifestations. Inspection. Reinforced concrete.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Lei de Sitter.....	18
Figura 2 - Partes da estrutura de uma ponte	23
Figura 3 - Representação dos elementos longitudinais da ponte.....	24
Figura 4 - Representação dos elementos transversais da ponte.....	25
Figura 5 - Pontes retas ortogonais	27
Figura 6 - Pontes retas esconsas	27
Figura 7 - Pontes curvas	28
Figura 8 - Pontes horizontais	28
Figura 9 - Pontes retilíneas	29
Figura 10 - Pontes curvilíneas	29
Figura 11 - Origem dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso das obras civis.....	40
Figura 12 - Algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante	41
Figura 13 - Pilha eletroquímica de corrosão no concreto armado.....	42
Figura 14 - Morfologia da corrosão.....	43
Figura 15 - Carbonatação relacionada a umidade do ar e sua profundidade ao tempo	45
Figura 16 - Teste com fenolftaleína em um dos corpos de prova extraídos da empena NE revelou 3,25 cm de avanço da frente de carbonatação na face interna da empena	46
Figura 17 - Eflorescência no fundo de uma laje de concreto	47
Figura 18 - Prédios de Santos, São Paulo com recalque diferencial	48
Figura 19 - Mato crescendo na junta de dilatação em viaduto	50
Figura 20 - Fluxograma de gerenciamento da OAE.....	56
Figura 21- Esclerômetro de reflexão	57
Figura 22 - Ensaio com Esclerômetro	57
Figura 23 - Área de ensaio e pontos de impacto	58
Figura 24 - Scanner de Parede D-tect 150.....	59
Figura 25 - Extratora de testemunhos de concreto	60
Figura 26 - Monitoramento de Fissura	61
Figura 27 - Avanço da carbonatação nos intervalos de tempo.....	63
Figura 28 - Localização das pontes	66
Figura 29 - Localização da ponte sobre o Rio Sangradouro.....	69

Figura 30 - Ensaio de pacômetria em pilar da ponte do Rio Sangradouro.....	70
Figura 31 - Pilar circular da ponte do Rio Sangradouro.....	70
Figura 32 - Espessura aproximada do aparelho de apoio.....	71
Figura 33 - Identificação das vigas.....	72
Figura 34 - Ensaio de pacômetria em viga da ponte do Rio Sangradouro.....	72
Figura 35 - Corrosão da armadura e deslocamento do concreto.....	73
Figura 36 - Teste de carbonatação com fenolftaleína.....	73
Figura 37 - Patologias identificadas na laje da ponte do Rio Sangradouro.....	74
Figura 38 - Corrosão das armaduras da laje.....	74
Figura 39 - Guarda corpo deteriorado na ponte do Rio Sangradouro.....	75
Figura 40 - Altura do guarda corpo.....	76
Figura 41 - Manutenção inadequada do guarda corpo.....	76
Figura 42 - Drenos na sarjeta.....	77
Figura 43 - Sinalizações na pista.....	78
Figura 44 - Localização da ponte sobre o Rio Tavares.....	79
Figura 45 - Pilares da Ponte sobre o Rio Tavares.....	79
Figura 46 - Ensaio de pacômetria do pilar da ponte do Rio Tavares.....	80
Figura 47 - Aparelho de apoio.....	80
Figura 48 - Teste de pacômetria das vigas da ponte do Rio Tavares.....	81
Figura 49 - Pingadeiras da ponte do Rio Tavares.....	82
Figura 50 - Vegetação nascendo na estrutura da pingadeira.....	82
Figura 51 - Pontos de corrosão na laje.....	83
Figura 52 - Guarda corpos da ponte sobre o Rio Tavares.....	84
Figura 53 - Deslocamento de concreto e armadura exposta em guarda corpo.....	84
Figura 54 - Altura do guarda corpo.....	85
Figura 55 - Defeitos no pavimento.....	85
Figura 56 - Extremidade do dreno causando manchas de umidade e limo.....	86
Figura 57 - Ervas daninhas crescendo na sarjeta.....	86
Figura 58 - Tubulação metálica anexa a ponte.....	87
Figura 59 - Localização da ponte da Lagoa da Conceição.....	88
Figura 60 - Teste de pacômetria da viga.....	89
Figura 61- Desagregação do concreto.....	89
Figura 62 - Musgo e fezes de animais na estrutura.....	90
Figura 63 - Erosão e cavitação do concreto.....	90

Figura 64 - Pilares revestidos por blocos.....	91
Figura 65 - Corrosão das armaduras na viga longitudinal.....	92
Figura 66 - Deslocamento de concreto e armadura corroída na viga transversal.....	92
Figura 67 - Armadura exposta e degradação do concreto	93
Figura 68 - Corrosão na face inferior da laje.....	93
Figura 69 - Deslocamento do concreto no montante do guarda corpo	94
Figura 70 - Deslocamento de concreto e armadura exposta	94
Figura 71- Manutenção inadequada do guarda corpo	95
Figura 72 - Pavimento em bom estado de conservação.....	95
Figura 73 - Irregularidades no passeio	96
Figura 74 - Tubulação metálica na lateral da ponte.....	97
Figura 75 - Corrosão da tubulação metálica e suportes.....	97
Figura 76 - Localização da ponte sobre o Canal da Barra.....	98
Figura 77 - Bloco de coroamento	99
Figura 78 - Pilares circulares da ponte sobre o Canal da Barra.....	99
Figura 79 - Teste de pacômetria no pilar	100
Figura 80 - Aparelho de apoio	101
Figura 81 - Corrosão das armaduras e deslocamento de concreto da viga longarina.....	101
Figura 82 - Ensaio de pacômetria das vigas longitudinais	102
Figura 83 - Patologias na laje	102
Figura 84 - Guarda corpo metálico da ponte do Canal da Barra	103
Figura 85 - Medição do guarda corpo metálico.....	103
Figura 86 - Tubulação da drenagem.....	104
Figura 87 - Extremidade das tubulações de drenagem.....	105
Figura 88 - Trinca no encontro	105
Figura 89 - Contenção do tipo Gabião.....	106
Figura 90 - Placa de sinalização	106
Figura 91 - Instalações públicas	107
Figura 92 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Sangradouro segundo a norma DNIT 010/2004	110
Figura 93 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Sangradouro segundo a norma NBR 9452:2019	112
Figura 94 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Tavares segundo a norma DNIT 010/2004..	114
Figura 95 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Tavares segundo a norma NBR 9452:2019.	116

Figura 96 - Ficha de inspeção da ponte da Lagoa da Conceição segundo a norma DNIT 010/2004.....	118
Figura 97 - Ficha de inspeção da ponte da Lagoa da Conceição segundo a norma NBR 9452:2019.....	120
Figura 98 - Ficha de inspeção da ponte sobre o Canal da Barra segundo a norma DNIT 010/2004	122
Figura 99 - Ficha de inspeção da ponte sobre o Canal da Barra segundo a norma NBR 9452:2019	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classe de agressividade ambiental	35
Quadro 2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.....	36
Quadro 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta_c = 10$ mm	37
Quadro 4 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura em função das classes de agressividade ambiental.....	38
Quadro 5 - Classificação da condição da OAE	52
Quadro 6 - Classificação da condição da OAE	55
Quadro 7 - Cronograma	68
Quadro 8 - Classificação da AOE segundo a Norma DNIT 010/2004.....	108
Quadro 9 - Classificação da AOE segundo a NBR 9452:2019	109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo geral	19
1.2.2	Objetivos específicos	19
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	20
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	PONTES DE CONCRETO ARMADO.....	22
2.1.1	Requisitos fundamentais para uma ponte.....	22
2.1.2	Componentes constituintes das pontes	22
2.1.3	Elementos geométricos das pontes.....	23
2.1.4	Classificação dos tipos de pontes	25
2.1.4.1	Segundo a extensão	25
2.1.4.2	Segundo a duração.....	26
2.1.4.3	Segundo a natureza do tráfego	26
2.1.4.4	Segundo o desenvolvimento planimétrico.....	26
2.1.4.5	Segundo o desenvolvimento altimétrico	28
2.1.4.6	Segundo o sistema estrutural da superestrutura.....	29
2.1.4.7	Segundo o tipo de construção da superestrutura	30
2.1.5	Ações a considerar nas pontes.....	31
2.1.5.1	Ações permanentes	31
2.1.5.2	Ações variáveis.....	32
2.1.5.3	Ações excepcionais	32
2.2	DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS	33
2.2.1	Durabilidade das estruturas de concreto armado.....	33
2.2.2	NBR 6118	34
2.2.2.1	Agressividade do ambiente.....	34
2.2.2.2	Drenagem	35
2.2.2.3	Qualidade do concreto de cobrimento.....	35
2.2.2.4	Controle de fissuração e proteção das armaduras.....	37

2.2.2.5	Inspeção e manutenção preventiva.....	38
2.2.3	Vida útil das estruturas de concreto armado	39
2.3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES.....	39
2.3.1	Fissuras e trincas	40
2.3.2	Corrosão das armaduras	42
2.3.2.1	Oxidação.....	43
2.3.2.2	Corrosão	43
2.3.3	Carbonatação.....	44
2.3.4	Lixiviação	46
2.3.5	Recalque de fundação	47
2.3.6	Juntas de dilatação danificadas	49
2.4	INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO	50
2.4.1	Norma DNIT 010/2004 – PRO – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento	50
2.4.1.1	Planejamento das inspeções	50
2.4.1.2	Registro das inspeções.....	52
2.4.1.3	Procedimentos nas inspeções	53
2.4.2	Norma ABNT NBR 9452:2019 – Inspeções de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento.....	53
2.4.2.1	Tipos de inspeções.....	53
2.4.2.2	Critérios de classificação	54
2.5	ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS PARA ESTRUTURAS EM CONCRETO.....	56
2.5.1	Ensaio de esclerometria	57
2.5.2	Ensaio de pacometria	59
2.5.3	Extração de testemunhos	60
2.5.4	Monitoramento de fissuras.....	61
2.5.5	Solução de fenolftaleína	62
3	METODO DA PESQUISA	64
3.1	METODOLOGIA ADOTADA	64
3.2	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA.....	65
3.2.1	Revisão bibliográfica.....	65
3.2.2	Verificação dos locais/estruturas a serem analisadas no estudo.....	65
3.2.3	Definição dos parâmetros a serem estudados.....	66

3.2.4	Procedimentos para a realização das inspeções e análise patológicas.....	67
3.2.5	Organização e apresentação dos resultados.....	67
3.2.6	Cronograma.....	68
4	ESTUDO DE CASOS - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSÕES..	69
4.1	VISTORIAS REALIZADAS.....	69
4.1.1	Ponte sobre o sobre o Rio Sangradouro.....	69
4.1.2	Ponte sobre o Rio Tavares.....	78
4.1.3	Ponte da Lagoa da conceição.....	87
4.1.4	Ponte sobre o Canal da Barra.....	98
4.2	CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	107
4.2.1	Classificação da ponte sobre o Rio Sangradouro de acordo com a Norma DNIT 010/2004.....	109
4.2.2	Classificação da ponte sobre o Rio Sangradouro de acordo com a NBR 9452:2019 111	
4.2.3	Classificação da ponte sobre o Rio Tavares de acordo com a Norma DNIT 010/2004.....	113
4.2.4	Classificação da ponte sobre o Rio Tavares de acordo com a NBR 9452:2019... 	115
4.2.5	Classificação da ponte da Lagoa da Conceição de acordo com a Norma DNIT 010/2004.....	117
4.2.6	Classificação da ponte da Lagoa da Conceição de acordo com a NBR 9452:2019 119	
4.2.7	Classificação da ponte da sobre o Canal da Barra de acordo com a Norma DNIT 010/2004.....	121
4.2.8	Classificação da ponte da sobre o Canal da Barra de acordo com a NBR 9452:2019.....	123
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS METODOS DA NORMA DNIT 010/2004 E A NBR 9452:2019.....	125
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES.....	126
	REFERÊNCIAS.....	128

1 INTRODUÇÃO

Pontes são estruturas cuja finalidade é dar continuidade ao leito normal de uma via através da transposição de obstáculos. Essas estruturas são chamadas de Obras de Artes Especiais (OAEs), pois são construções da engenharia que possuem características específicas que requerem habilidades técnicas especiais para sua execução e manutenção (MITRE, 2005).

Essas construções possuem grande magnitude no cotidiano de uma cidade, pois reduzem as distancias e anulam as limitações dos acidentes geográficos, facilitando o tráfego, de modo que, são consideradas de grande importância estratégica para o desenvolvimento econômico de uma região.

Segundo Universidade Federal do Paraná (2018) as primeiras pontes surgiram nos primórdios da humanidade e eram feitas de forma natural, através da queda de troncos e cipós. Existem indícios da construção dessas estruturas, feitas em forma de arco, desde 4000 a.C. na Mesopotâmia e Egito. Mas foram os Romanos que aperfeiçoaram as técnicas e construíram projetos que duram até hoje, como a Ponte Sant Angelo sobre o Rio Tibre, onde teriam usado a pozzolana¹ para a sua construção. Eles foram os primeiros a utilizarem a tecnologia do cimento que após a era Romana foi sendo substituído por tijolo e argamassa.

As primeiras pontes em concreto surgiram a partir de 1900. Inicialmente eram pontes de concreto simples em arco triarticulado, o concreto passou a substituir a utilização da pedra nas construções dessas obras. O concreto armado, naquela época chamado de “concreto de ferro” já era utilizado na execução dos tabuleiros das pontes de concreto simples. Porém foi a partir de 1912 que começaram as construções de pontes de viga e pórtico em concreto armado, primeiramente para vãos de até 30 metros, mas com o tempo essas dimensões se tornavam cada vez maiores. Na Suécia, em 1941-1945 transcorreu a construção da ponte de Sandö na qual tinha 280 metros de vão livre construídos com essa tecnologia (LEONHARDT, 1979).

Ao longo da história, o avanço do desenvolvimento urbano foi coadjuvado em função da construção das pontes, facilitando a conexão entre as localidades e possibilitando deslocamento em grande escala de pessoas e cargas (MITRE, 2005).

Apesar de o concreto ser considerado um material de grande durabilidade, há construções que apresentam diversas patologias em intensidade e incidência significativas, o que convém lembrar que este não é um material eterno. Estas manifestações patológicas geram

¹ Pozzolana são cinzas vulcânicas encontradas na região de Pozzuoli, estas cinzas quando trituradas e misturadas com cal formam uma argamassa resistente.

elevados custos para sua correção. Havendo o comprometimento estético e, na maioria das vezes, a redução da capacidade resistente, causando até o colapso parcial ou total da obra (HELENE, 1992).

A NBR 6118 aponta em seu item 6.2.1 o conceito de vida útil de projeto como sendo:

Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor [...], bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais (ABNT, 2014, p. 15).

Para garantir o prolongamento da vida útil e desempenho na qual a estrutura foi projetada é necessário a implantação de uma gestão, que através de inspeções periódicas, identifique as patologias e elabore um programa de manutenções (VITÓRIO, 2005).

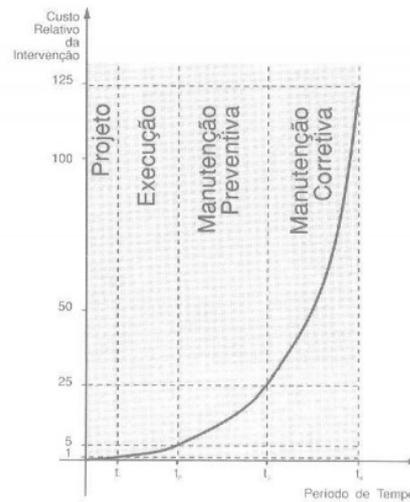
De acordo com a Norma do DNIT 010/2004, a realização da inspeção em uma ponte deve ser feita de forma organizada e sistemática garantindo que todo o elemento estrutural seja inspecionado (DNIT, 2004).

As OAEs estão susceptíveis a diversos tipos de classes de agressividade, geralmente, os ambientes em que são construídas as pontes possuem a classe de agressividade mais forte, esta classificação é apresentada na NBR 6118 (ABNT, 2014).

A degradação das estruturas das pontes está vinculada a questões como: idade, má execução de projeto, utilização inadequada, exposição ao meio onde está inserida e manutenção ineficiente.

Os problemas patológicos tendem a evoluir e se agravar ao longo do tempo. Pode-se afirmar que os custos das correções serão mais baratos e efetivos quando forem executadas mais cedo. A Lei de Sitter mostra o crescimento desses custos através de uma progressão geométrica de razão cinco (05), conforme o gráfico mostrado na Figura 1:

Figura 1 - Lei de Sitter



Fonte: Helene (1992 *apud* Sitter, 1984).

De acordo com Helene (1992) esse gráfico pode ser interpretado da seguinte forma:

Projeto: adoção de medidas realizadas nesta etapa de projeto cujo objetivo é proteger e aumentar a durabilidade da estrutura.

Execução: Medidas tomadas durante a obra. Estas possuem um custo cinco (05) vezes superior que as realizadas na etapa de projeto. Um exemplo disto é alterar o fator água/cimento para garantir a durabilidade. Esta medida tomada na fase de projeto possibilitaria o redimensionamento da estrutura, reduzindo as dimensões dos componentes estruturais e consequentemente acarretando a diminuição dos custos.

Manutenção preventiva: Medidas tomadas com antecedência para prevenir o surgimento de problemas e têm um custo vinte e cinco (25) vezes superior que o custo das medidas na etapa de projeto. Caso houvessem tomado medidas de proteção nas fases anteriores menos gastos ocorreriam com manutenção preventiva.

Manutenção corretiva: Envolve a correção dos problemas evidentes. Essa manutenção apresenta um custo cento e vinte e cinco (25) vezes superior aos custos das medidas que poderiam ter sido tomadas na etapa de projeto.

1.1 JUSTIFICATIVA

A deterioração de uma estrutura geralmente ocorre de forma gradual, possibilitando a detecção através de observação e ensaios específicos, sendo assim é possível obter a

identificação e diagnóstico para solucionar as patologias antes que estas cheguem a proporções graves.

A inspeção e análise das manifestações patológicas das pontes inseridas em rodovias estaduais no Município de Florianópolis irão quantificar e diagnosticar os principais problemas existentes destas estruturas na região, servindo também para a verificação do grau de risco em que elas apresentam, obtendo a melhor compreensão sobre as patologias, seu diagnóstico e os critérios de classificação de acordo com as normas vigentes.

A falta de inspeções previa e manutenção de uma estrutura são fatores que contribuem para o surgimento de manifestações patológicas. A consequência disto a longo prazo é um alto custo destinado a restauração, o tráfego interrompido, gerando ônus às atividades econômicas e principalmente os riscos causados aos usuários.

O tema do trabalho se justifica em função da degradação aparente dessas pontes e do aumento do fluxo de veículos na cidade, sobrecarregando-as. A ocorrência disto é consequência da falta de uma gestão na região por parte dos órgãos responsáveis que priorizem a conservação dessas OAEs.

Visto a grande dependência que a cidade tem na utilização dessas obras é imprescindível um programa de manutenções e avaliações criteriosas com o propósito de se evitar transtornos a comunidade e atender aos níveis de segurança e funcionalidade dessas estruturas

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Inspecionar e avaliar as manifestações patológicas de pontes através do estudo de casos inseridas em rodovias no Município de Florianópolis.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) estudar as principais manifestações patológicas existentes em pontes;
- b) estudar os tipos de inspeção em pontes vigentes no Brasil;
- c) levantar os dados das estruturas analisadas;
- d) realizar inspeções visuais;
- e) realizar ensaios de avaliação;
- f) avaliar as prováveis origens patológicas;

- g) avaliar as condições das estruturas com base nas normas brasileiras;
- h) comparar os métodos de avaliações da norma.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Os órgãos responsáveis pelas obras públicas no Brasil priorizam a etapa da execução de uma OAE e desprezam a questão da conservação da estrutura ao longo dos anos.

Segundo Bastos e Miranda (2017) por mais que a construção das Obras de Artes Especiais seja feitas de forma adequada, utilizando os melhores materiais e equipamentos, isso não garante a durabilidade e desempenho da estrutura se não houver a inspeção e manutenções de rotina evitando a degradação das mesmas.

Visto isso, qual o estado de conservação das pontes do sistema rodoviário de Florianópolis?

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada foi composta a partir da revisão bibliográfica relacionada sobre o tema do trabalho e também através do estudo de caso.

Foi realizado um levantamentos bibliográficos referente a patologias, inspeções e ensaios de avaliação, voltados para as pontes de concreto armado, o qual possibilitou o desenvolvimento teórico do trabalho.

De acordo com Fachin (2006, p. 122) entende-se por o levantamento bibliográfico:

[...] todas as obras escritas, bem como matéria constituída por dados primários ou secundários que possam ser utilizados pelo pesquisador ou simplesmente pelo leitor. Uma das etapas da pesquisa bibliográfica é o levantamento dos livros, periódicos e demais materiais de origem escrita que servem como fonte de estudo ou leitura.

Após a fundamentação teórica com base nessas pesquisas, foi realizado o estudo de caso de algumas pontes localizadas na cidade de Florianópolis, para análise prática da situação em questão.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O **Capítulo I** apresenta o tema através da introdução, salientando a problemática e a justificativa da escolha do assunto abordado, mostrando os objetivos e a metodologia do mesmo.

O **Capítulo II** aborda a revisão bibliográfica, mencionando os conceitos teóricos referentes ao tema, buscando analisar os principais métodos existentes de inspeção de pontes, as manifestações patológicas e os aspectos mais relevantes sobre o assunto.

O **Capítulo III** descreve o método de escolha e as obras analisadas, bem como os processos utilizados para a realização da inspeção e análise patológica para o estudo de caso.

No **Capítulo IV** apresenta o estudo de caso mostrando os ensaios efetuados e os resultados obtidos das inspeções, além de avaliar as obras pelos métodos estudados.

A **Conclusão** faz uma abordagem acerca das contribuições ao meio técnico e as sugestões para o desenvolvimento de novas pesquisas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PONTES DE CONCRETO ARMADO

De acordo com Coêlho (2008) o concreto é um material que possui alta resistência à compressão, porém baixa resistência aos esforços de tração, em razão disto, ocorreu a necessidade da utilização de outro componente para que os esforços de tração fossem combatidos, este material seria o aço. Em consequência, nasceu o “concreto armado” que possui a premissa de atribuir ao concreto à função de resistir aos esforços de compressão e ao aço os de tração.

2.1.1 Requisitos fundamentais para uma ponte

Além de atender as funções para qual foi construída, satisfazendo as exigências de capacidade de escoamento do tráfego de veículos, e entre outras coisas mais, esta estrutura deverá atender aos requisitos de segurança, onde os materiais constituintes sejam solicitados por esforços que neles provoquem tensões menores que as admissíveis. Outros quesitos solicitados são a estética, devendo apresentar um aspecto agradável e harmonioso com o ambiente em que se apresenta, a durabilidade, carecendo atender as exigências de uso durante o período previsto, e a economia, obtendo-se o resultado mais econômico que cumpra a todas as exigências estabelecidas (MARCHETTI, 2008).

2.1.2 Componentes constituintes das pontes

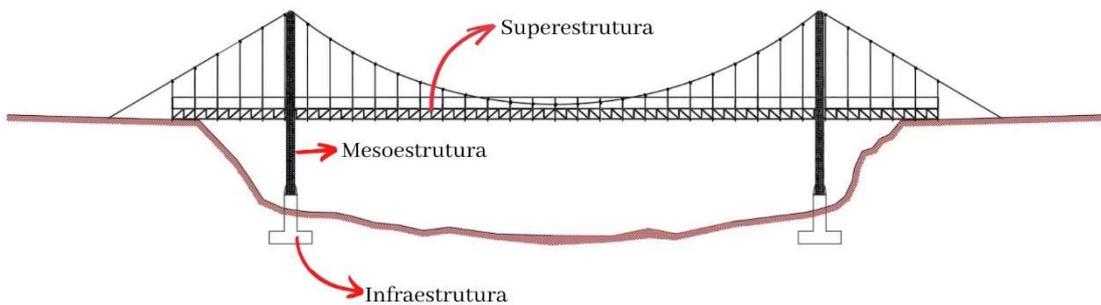
Segundo Pfeil (1979) as pontes podem ser divididas em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura, conforme mostra a Figura 2.

A infraestrutura na qual também é chamada de fundação compreende a região que transmitirá os esforços recebidos da mesoestrutura para o terreno de implantação da obra. Os elementos integrantes dessa região são formados por encontros e elementos de fundação, estes podem ser sapatas, estacas, tubulões ou blocos. Os encontros são as peças de ligações entre os elementos.

A mesoestrutura é a região da ponte que transmite para a infraestrutura os esforços que recebe da superestrutura em conjunto com os esforços de outras forças solicitantes da construção, tais como o vento.

A superestrutura é constituída por elementos estruturais principais em que são classificados como as lajes e vigas, estas peças possuem a função de vencer o vão livre, e elementos secundários que são formados pelos tabuleiros, região que recebe as cargas de circulação e transmite para os elementos estruturais principais.

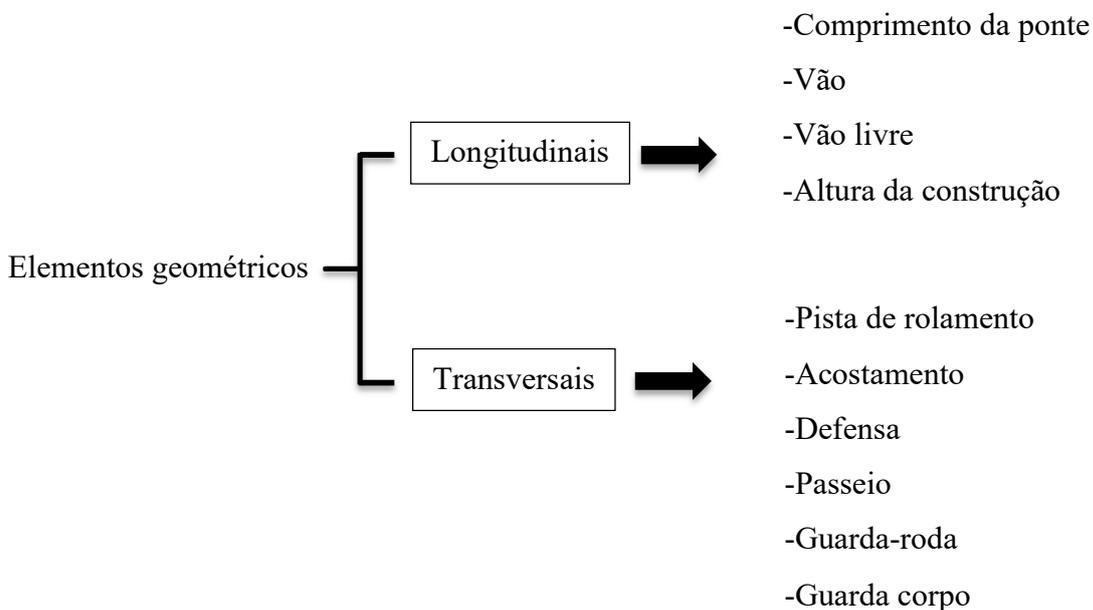
Figura 2 - Partes da estrutura de uma ponte



Fonte: Adaptado de Marchetti (2008, p. 1).

2.1.3 Elementos geométricos das pontes

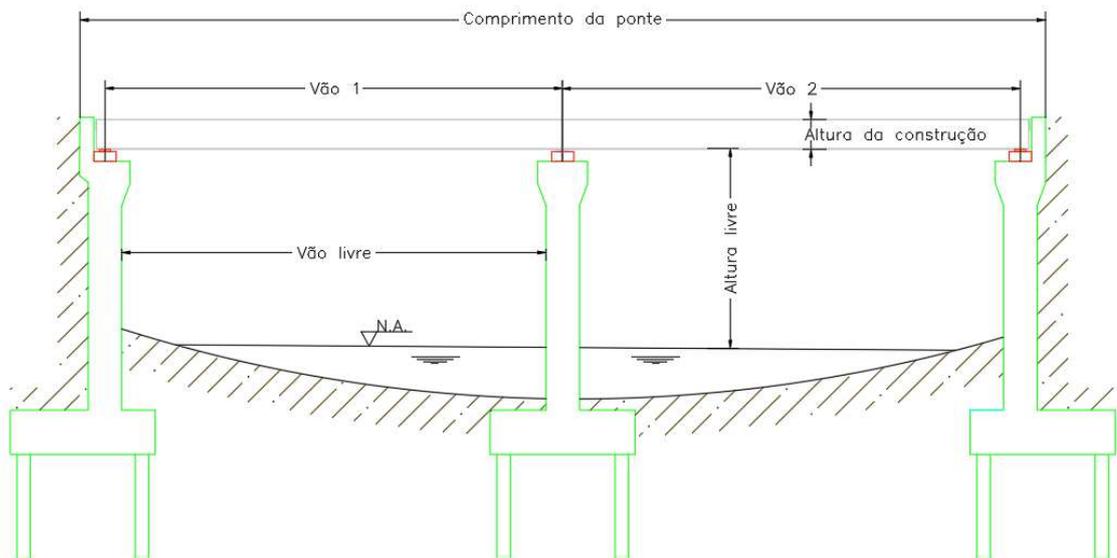
De acordo com El Debs e Takeya (2007) os elementos geométricos vistos nas pontes podem ser subdivididos em elementos longitudinais e transversais.



Os elementos longitudinais, apresentados na Figura 3, são retratados como:

- **Comprimento da ponte:** distância entre as extremidades da ponte, medida no eixo longitudinal horizontal;
- **Vão:** distância horizontal entre dois suportes consecutivos;
- **Vão livre:** distância horizontal entre a face de dois suportes consecutivos;
- **Altura de construção:** distância entre o ponto mais baixo e o mais alto da superestrutura;
- **Altura livre:** distância entre o ponto mais baixo da superestrutura e o ponto mais alto do obstáculo.

Figura 3 - Representação dos elementos longitudinais da ponte



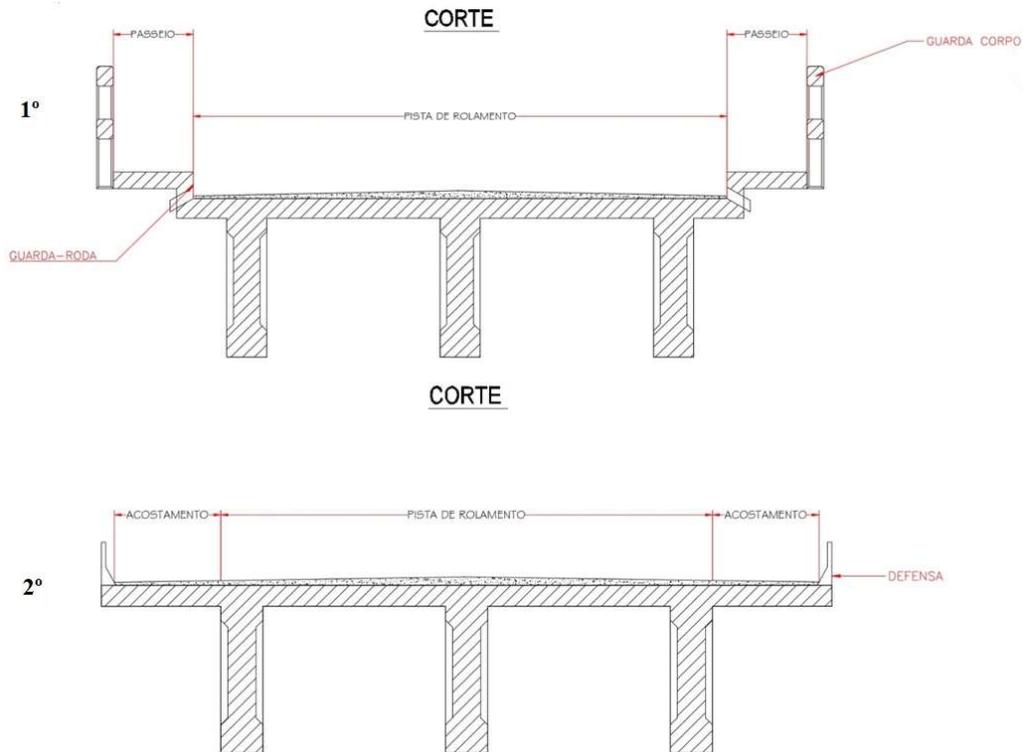
Fonte: Adaptado de El Debs e Takeya (2007, p. 11).

Com relação à seção transversal, os itens são descritos como:

- **Pista de rolamento:** espaço utilizado para o tráfego normal de veículos;
- **Acostamento:** largura aditiva a pista de rolamento para designada para casos de emergência;
- **Defensa:** localizado lateralmente ao acostamento, serve de proteção aos veículos;
- **Passeio:** região destinada ao tráfego de pedestres;
- **Guarda-rodas:** elemento destinado a impedir a invasão dos passeios pelos veículos;
- **Guarda corpo:** estrutura para a proteção dos pedestres;

A Figura 4 demonstra gráficamente os elementos transversais das pontes.

Figura 4 - Representação dos elementos transversais da ponte



Fonte: Adaptado de El Debs e Takeya (2007, p.10).

Conforme Pfeil (1979) deve-se executar os elementos geométricos de projeto de uma ponte de acordo com as características da via e de seu próprio estrado. Esses elementos são subordinados as condições técnicas estabelecidas pelo órgão público a cuja jurisdição pertence, tal como, o DNIT. Os elementos geométricos do estrado são definidos de acordo com as características funcionais da ponte.

2.1.4 Classificação dos tipos de pontes

Em concordância com Marchetti (2008), as pontes podem ser classificadas de diversas maneiras, dentre as quais, citam-se as principais como sendo:

2.1.4.1 Segundo a extensão

Levando em conta o vão total, as pontes são classificadas em:

- Galerias (bueiros) - de 2 a 3 metros;
- Pontilhões - de 3 a 10 metros;
- Pontes - acima de 10 metros.

Este critério de classificação possui pouca importância, pois sua classificação não é uniforme e os valores variam de acordo com os autores. Possuem relevância apenas para apresentar as denominações que as pontes recebem em função do seu comprimento.

2.1.4.2 Segundo a duração

Considerando o período de vida útil da construção, têm-se os seguintes tipos:

Pontes provisórias: possuem um período de vida útil curto, pois são destinadas a serem utilizadas como construção provisória até que se construa a obra definitiva. Servem de desvio do tráfego, quase sempre nas proximidades do local da obra final.

Pontes definitivas: possuem o caráter permanente, são construídas com a finalidade de possuírem um longo período de vida útil no local previamente determinado para a sua implantação.

2.1.4.3 Segundo a natureza do tráfego

Pontes rodoviárias: utilizadas para a transposição de veículos rodoviários.

Pontes ferroviárias: designada para realizar o tráfego de trens sobre os desníveis do terreno.

Pontes para pedestres ou passarelas: destinadas a passagem a pé de transeunte.

Pontes canal: permitem a passagem de um canal, normalmente navegável, sobre os acidentes geográficos.

Aquedutos: são construções cuja função é permitir a passagem de dutos, em um sistema de água potável, sobre obstáculos.

Pontes aeroviárias: são utilizadas para transpor diversos tipos de obstáculos para suceder o tráfego de aviões nas operações de taxiamentos nos aeroportos.

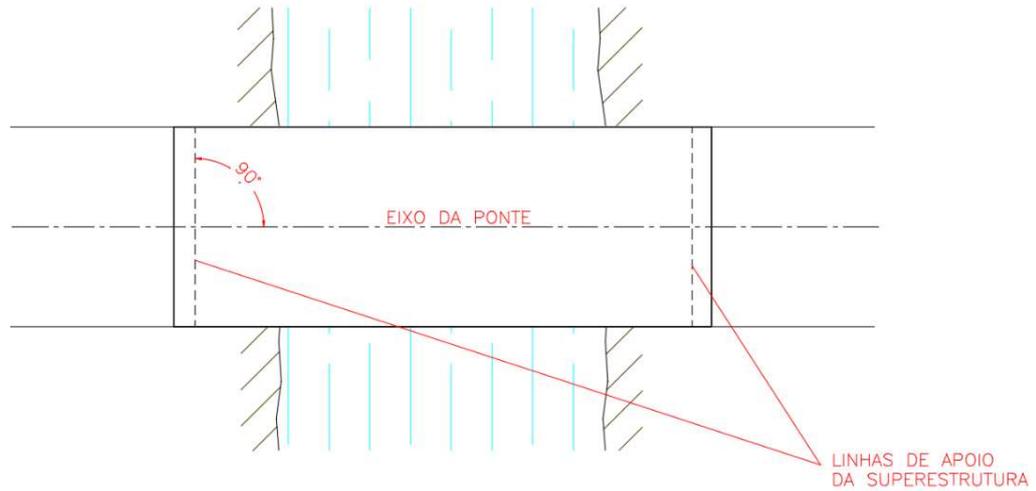
Pontes mistas: são construídas para suportar mais de um tipo de tráfego.

2.1.4.4 Segundo o desenvolvimento planimétrico

Segundo a projeção do eixo da ponte em um plano horizontal (planta), considera-se, de acordo com Marchetti (2008):

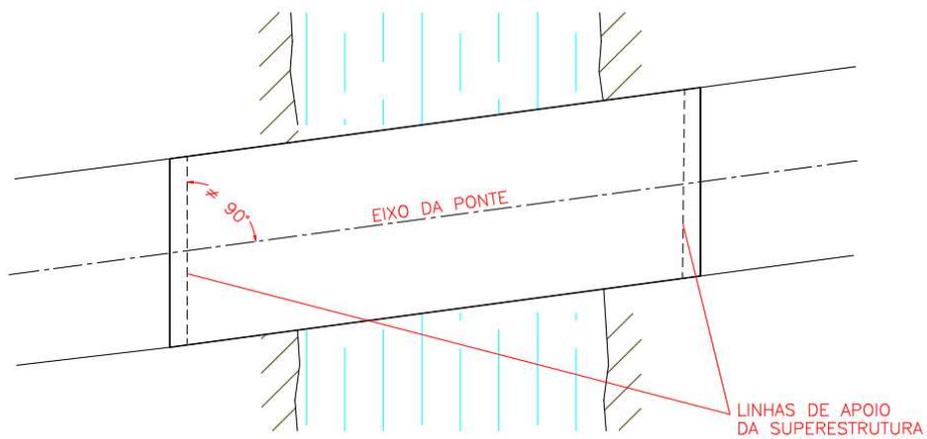
- a) Pontes retas ortogonais e pontes retas esconsas, de acordo com as Figuras 5 e 6:

Figura 5 - Pontes retas ortogonais



Fonte: Adaptado de Freitas (1978, p. 26).

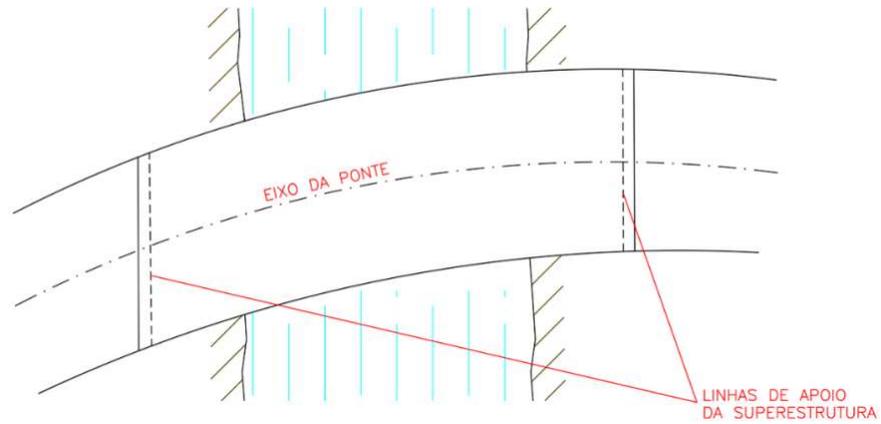
Figura 6 - Pontes retas esconsas



Fonte: Adaptado de Freitas (1978, p. 26).

b) Pontes curvas, conforme a Figura 7:

Figura 7 - Pontes curvas



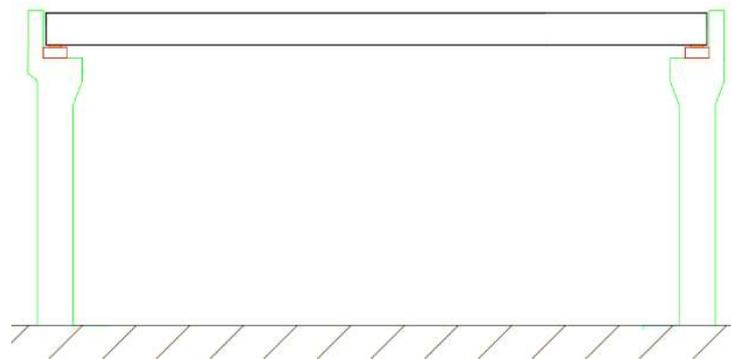
Fonte: Adaptado de Freitas (1978, p. 27).

2.1.4.5 Segundo o desenvolvimento altimétrico

Considerando o eixo da ponte no plano vertical tem-se:

a) Pontes horizontais, como mostra a Figura 8:

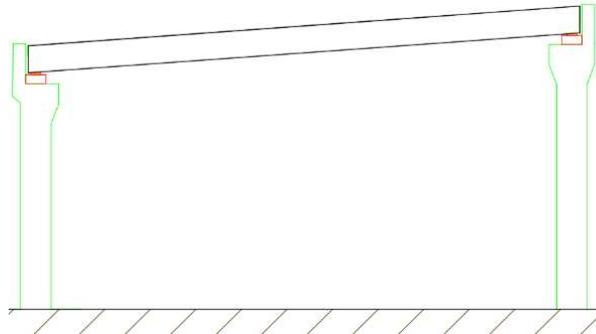
Figura 8 - Pontes horizontais



Fonte: Adaptado de Marchetti (2008, p. 4).

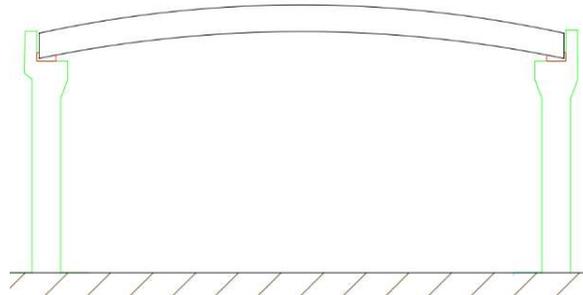
b) Pontes em rampa, retilíneas ou curvilíneas, conforme ilustrado nas Figuras 9 e 10:

Figura 9 - Pontes retilíneas



Fonte: Adaptado de Marchetti (2008, p. 4).

Figura 10 - Pontes curvilíneas



Fonte: Adaptado de Marchetti (2008, p. 4).

2.1.4.6 Segundo o sistema estrutural da superestrutura

a) Em vigas: conforme Fernandes e Correia (2017) as vinculações, das pontes em viga, não transmite os momentos fletores da superestrutura para a infraestrutura. A classificação das pontes em viga de concreto armado ocorre de acordo com a disposição das vigas na seção transversal, ou segundo o esquema estrutural de cada viga, posto isso, é possível ter pontes em vigas simplesmente apoiadas, vigas contínuas e pontes em vigas Gerber. (PFEIL, 1979);

b) Em laje: o sistema construtivo das pontes de laje maciças caracteriza-se por ser destituído de qualquer vigamento. Este sistema estrutural é adotado para casos de vãos com no máximo 15 metros, apresentando grande resistência à torção e fissuramento, porém o seu elevado peso próprio é uma desvantagem que inviabiliza a sua utilização para grandes vãos. Nesses casos pode-se utilizar o sistema de lajes ocas para reduzir o peso da estrutura (VITÓRIO, 2002);

c) Pênséis: a sustentação deste tipo de estrutura acontece devido a pendurais apoiados em cabos de aço ou barras articuladas, dispostos em forma de curvas, apoiados sobre torres e

com as extremidades fixadas em blocos maciços. Neste caso para evitar a oscilação vertical do tabuleiro é necessário a construção de vigas de rigidez (OLIVEIRA, 2012);

d) Em pórticos: este sistema estrutural é constituído pela ligação das vigas com os pilares ou com as paredes dos encontros, formando ligações rígidas ou semirrígidas. A característica desse tipo de sistema construtivo é que devido as extremidades das vigas estarem engastadas nos encontros, os momentos positivos acabam sendo reduzidos em razão dos momentos negativos de engastamento, o que acarreta à redução da altura necessária do vão (VITÓRIO, 2002);

e) Em arco: devido a este sistema possuir a capacidade de vencer grandes vãos, sem a necessidade de apoios intermediários, ele foi muito utilizado no passado em razão da dificuldade da execução de escoramentos sobre cursos de água ou vales profundos. Porém com a evolução do concreto protendido e novas técnicas construtivas que permitiram eliminar os escoramentos, esse sistema passou a ser substituído pelas pontes em vigas retas protendidas (VITÓRIO, 2002);

f) Pontes atirantadas: este sistema estrutural consiste na sustentação dos tabuleiros por meio de cabos de aço inclinados apoiados ou fixados em torres localizadas nos entre vãos adjacentes (OLIVEIRA, 2012).

2.1.4.7 Segundo o tipo de construção da superestrutura

Com base no processo construtivo da superestrutura referente às pontes de concreto, Freitas (1978) classificou em:

In loco: todo o processo de execução da superestrutura é feito no local da obra. Nas construções de concreto armado ou protendido, estas estruturas são feitas sobre escoramentos especiais chamados de “cimbres” ou “cimbramentos”. Estes “cimbramentos” podem ser feitos de madeira, metal ou misto. O carregamento do “cimbramento” no processo de concretagem requer um estudo prévio na qual constam as fases a serem cumpridas nesta etapa. Da mesma maneira, após atingida a resistência de projeto do concreto, sucede a etapa de retirada dessas estruturas de escoramento, intitulado como “descimbramentos”, onde exige-se cuidados especiais, seguindo uma sequência determinada para que não ocorra a introdução de esforços não calculados na estrutura.

Pré-moldada: neste processo construtivo são executadas vigas pré-moldadas para a concepção da ponte, sendo geralmente de concreto protendido. Este método é muito utilizado no Brasil, principalmente quando a obra for de grande extensão, gerando conseqüentemente um

número alto de elementos pré-moldados para justificar, economicamente, o uso de vigas executadas previamente, para depois serem transportadas até o local definitivo, sobre os pilares.

Em balanços sucessivos: a implantação desse processo construtivo pode ser feita em concreto armado, porém sua utilização é mais frequente e representa uma das mais importantes aplicações do concreto protendido.

A principal característica deste método construtivo é a concretagem “*in loco*” dos elementos em balanço a partir dos pilares já construídos, onde através da utilização de equipamentos especiais e apropriados que se deslocam em direção ao centro dos tramos à medida que a obra progride, gerando uma parte nova na superestrutura que será apoiada em balanço na parte já executada.

O comprimento desses elementos é comumente executado em uma medida que varia de três (03) a quatro (04) metros, em um período de tempo de três (03) a seis (06) dias, considerando um par de elementos.

Em aduelas ou segmentos: este método construtivo apresenta características semelhantes ao processo de balanços sucessivos, porém se difere no fato de utilizar trechos pré-moldados ao invés de concretá-los “*in loco*”. Esses elementos pré-moldados recebem o nome de “aduelas” ou “segmentos”. A união dos “segmentos” ou “aduelas” aos anteriormente colocados é feita através de protensão.

Pontes em balanços progressivos: o processo de balanço progressivo é bastante similar aos dois anteriores (balanços sucessivos e aduelas), porém se difere em razão de apresentar a construção da estrutura em um único sentido a partir do pilar. Este tipo de ponte pode ser construído “*in loco*” ou através de aduelas.

2.1.5 Ações a considerar nas pontes

2.1.5.1 Ações permanentes

De acordo com a NBR 7187 as ações consideradas permanentes são aquelas cuja intensidade é constante ao longo da vida útil da obra. Porém também podem ser consideradas permanentes aquelas nas quais crescem no tempo, propendendo a um valor limite constante (ABNT, 2003).

A NBR 7187 considera cargas permanentes como sendo:

- ✓ As cargas provenientes do peso próprio dos elementos estruturais;

- ✓ As cargas provenientes do peso da pavimentação, dos trilhos, dos dormentes, dos lastros, dos revestimentos, das barreiras, dos guarda-rodas, dos guarda-corpos e de dispositivos de sinalização;

- ✓ Os empuxos de terra e de líquidos;
- ✓ As forças de protensão;
- ✓ As deformações impostas (ABNT, 2003).

2.1.5.2 Ações variáveis

As ações de caráter transitório compreendem:

- ✓ As cargas móveis: as cargas móveis surgiram em virtude da complexidade de se obter os carregamentos reais dos veículos nas pontes. Este sistema representa os valores característicos da ação dessas cargas na estrutura em serviço. Em razão disto a norma brasileira substitui o carregamento real por fictícios distribuídos em pequenas áreas com a finalidade de reproduzir as solicitações geradas pelo tráfego na ponte (CAVALCANTE, 2019).

- ✓ As cargas de construção: a NBR 7187 especifica como sendo possíveis cargas a serem consideradas no período da construção, como exemplo considerara-se as cargas dos equipamentos utilizados durante a construção da obra (ABNT, 2003).

- ✓ As cargas de vento: de acordo com o normativo NBR 7187 a ação das cargas provenientes de vento deve ser avaliada pela NBR 6123 (ABNT, 2003). O vento é uma ação dinâmica que atinge principalmente o plano transversal da seção da ponte.

- ✓ O empuxo de terra provocado por cargas móveis;
- ✓ A pressão da água em movimento: representa a pressão do movimento da água sobre os pilares e elementos das fundações.

- ✓ O efeito dinâmico do movimento das águas: a norma NBR 7187 determina utilizar os métodos baseados na hidrodinâmica para o cálculo do efeito dinâmico das ondas e das águas em movimento (ABNT, 2003).

- ✓ As variações de temperatura.

2.1.5.3 Ações excepcionais

As ações excepcionais são incidentes incomuns e compreendem os choques de objetos móveis, as explosões e os fenômenos naturais pouco frequentes.

2.2 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS

2.2.1 Durabilidade das estruturas de concreto armado

As estruturas de concreto armado devem ser projetadas para uma longa durabilidade, segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 119) “[...] adequadamente dosado, lançado e curado o concreto possui uma longa vida útil na maioria dos ambientes naturais e industriais”, no entanto, falhas prematuras podem acontecer, o autor ainda ressalta que o ambiente é altamente influente na durabilidade da estrutura. Segundo Silva (2011), uma estrutura apresenta diversas partes e estas podem apresentar comportamentos diferentes em função da sua durabilidade dependendo da forma como é utilizada. Com essas afirmações é possível concluir que, durabilidade dá-se com a interação entre estrutura, ambiente e condições de uso.

A NBR 6118 diz que durabilidade é a “[...] capacidade de a estrutura resistir as influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto” (ABNT, 2014, p. 13). Portanto, um estudo profundo e bem fundamentado se faz necessário para garantir que o projeto atenda todas as necessidades da estrutura para a região onde será implantada. Além dessas questões, a durabilidade das estruturas de concreto está ligada a ações coordenadas envolvendo projeto, construção e utilização, segundo o que estabelece a NBR 12655 que se refere a condições de uso, inspeção e manutenção das estruturas, sendo de suma importância, principalmente, em estruturas de concreto aparente e que, sobretudo desejam conservar suas condições de “[...] segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil” (ABNT, 1996, p. 15).

Durabilidade e vida útil estão altamente ligadas no quesito concreto, afirma Silva (2011) que, estes termos são tão próximos, a ponto de serem usados, por vezes, de forma equivocada, a durabilidade é uma qualidade dos materiais empregados na estrutura e conseqüentemente dela própria, já a vida útil diz a respeito da quantidade em anos dessa qualidade. Perante o prisma da NBR 15575 a durabilidade das estruturas de concreto armado é um requisito econômico do usuário, pois está diretamente associado ao custo global da estrutura. Ainda afirma que a durabilidade acaba quando o sistema deixa de atender funções que são atribuídas a ele, quer seja por degradação, onde o sistema não oferece mais um serviço que satisfaz as necessidades do usuário, seja por falha de projeto, falha na execução, falhas de manutenção, ou apenas por obsolescência funcional (ABNT, 2013).

É de responsabilidade dos projetistas na data do projeto, obedecerem às Normas Brasileiras ou Internacionais, como (ISO, IEC e Mercosul) para encontrar valores teóricos para vida útil, que é uma composição dos valores de vida útil de projeto com os fatores de intempéries, manutenção, fatores internos e externos, como os de causas naturais e acidentais.

Diante destas questões, Helene (1992) completa que as medidas preventivas tomadas em nível de projeto com o objetivo de aumentar a durabilidade da estrutura, como: aumentar o cobrimento da armadura, reduzir a relação água/cimento do concreto, utilizar tratamentos protetores superficiais, criar detalhes construtivos adequados, especificar cimentos e aditivos com características especiais, implicam num custo que pode chegar a ser 5 (cinco) vezes menor, que os custos para reparos em estruturas recém-construídas para alcançar o mesmo grau de proteção e durabilidade da estrutura. Sitter (1983 *apud* HELENE, 1992 p. 25) afirma que Sitter formulador de uma lei de custos específica desta área, que “adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão 5 (cinco) [...]”, assim sendo é possível concluir que toda medida preventiva é mais eficiente e menos onerosa, para uma maior durabilidade das estruturas de concreto armado.

2.2.2 NBR 6118

Neste tópico são abordados os assuntos pertinentes a NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto, com primeira edição em 1982, corrigida em 2003 e com última correção, atualmente em vigor em 2014 (ABNT, 2014).

Desta forma, conforme a NBR 6118 “as estruturas de concreto devem atender a requisitos mínimos de qualidade [...]” (ABNT, 2014, p. 13), e são eles: capacidade resistente a ruptura; desempenho em serviço, mantendo-se em condições de utilização para o que foi projetada e durabilidade, há ainda a obrigação de uma qualidade do projeto e dependendo do tamanho da obra, a necessidade do contratante exigir revisão de conformidade a um terceiro profissional habilitado, e deve acontecer antes do início das obras.

2.2.2.1 Agressividade do ambiente

Toda estrutura está sujeita a mecanismos de deterioração tanto no concreto propriamente dito quanto relativos à armadura, e “são todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação” (ABNT, 2014, p. 15).

A norma também trata sobre agressividade do ambiente, verifica-se que esse é um quesito muito importante para a durabilidade das estruturas de concreto armado, e está relacionado a ações físicas e químicas. A agressividade deve ser classificada de acordo com o Quadro 1, segundo a condição de exposição total ou de suas partes.

Quadro 1 - Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

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

Fonte: ABNT (2014, p. 16).

2.2.2.2 Drenagem

Existem critérios que podem ser adotados em projeto e que visam a durabilidade das estruturas, a execução de drenagens é um deles, segundo a norma NBR 6118 a drenagem exerce ótimos resultados quando executada de forma correta “deve ser evitada a presença ou acumulação de água proveniente da chuva ou decorrente de água de limpeza e lavagem, sobre as superfícies das estruturas de concreto” (ABNT, 2014, p.17). A água é responsável por uma grande quantidade de patologias, portanto para evitar a degradação gerada por ela é importante seguir os seguintes aspectos: devem ser instalados ralos e condutores, juntas de dilatação devem ser seladas quanto a percolação de água, paredes e platibandas protegidas por chapins e pingadeiras e rufos quando necessário, acesso fácil a peças de curta vida útil facilitando a manutenção.

2.2.2.3 Qualidade do concreto de cobrimento

As estruturas de concreto armado devem ter respeitados cobrimentos mínimos segundo a classe de agressividade ao qual serão expostos. A NBR 6118 cita “[...] a durabilidade das

estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do cobrimento da armadura” (ABNT, 2014, p.17). Os Quadros 2 e 3 estabelecem os parâmetros mínimos a serem adotados, o primeiro falando de agressividade e o seguinte sobre cobrimento, que para concretos executados com cimento Portland, ainda devem atender outras normas, como por exemplo, a NBR 12655 que estabelece consumo mínimo de cimento por metro cúbico de concreto, lembrando também que a dimensão máxima do agregado graúdo utilizado no concreto não pode ser maior que 20% a espessura do cobrimento (ABNT, 1996).

Quadro 2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

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.					

Fonte: ABNT (2014, p. 18).

Quadro 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

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.

Fonte: ABNT, (2014, p. 19).

2.2.2.4 Controle de fissuração e proteção das armaduras

Devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto a tração, a fissuração torna-se inevitável, muitas das vezes as estruturas são expostas a estados limites últimos, pensando nisso, a NBR 6118 mostra os limites permitidos na fissuração para proteção das armaduras, e se esses limites de abertura forem respeitados isso não acarretará perda de segurança ou de durabilidade (ABNT, 2014). “a abertura máxima característica w_k^2 das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 a 0,4 mm [...], não tem importância significativa na corrosão de armaduras passivas.” (ABNT, 2014, p. 71). Abaixo Quadro 4 de controle de fissuração.

² Abertura característica de fissuras na superfície do concreto

Quadro 4 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura em função das classes de agressividade ambiental

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 freqüente
	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 freqüente
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 freqüente
		ELS-D ¹⁾	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 ¹⁾	Combinação freqüente
¹⁾ A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 25$ 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.			

Fonte: ABNT (2014, p. 19).

2.2.2.5 Inspeção e manutenção preventiva

As inspeções e manutenções preventivas são parte inseparável, das estruturas de concreto armado e afetam diretamente sua durabilidade, elas visam garantir ou reestabelecer as condições de desempenho para qual determinada estrutura foi criada, executando planos de inspeção e manutenção é possível prorrogar a vida útil destas estruturas, diminuído assim os custos com recuperação.

De acordo com a NBR 6118 existe a necessidade da formulação de um manual de utilização, inspeção e manutenção;

Dependendo do porte da construção e da agressividade do meio e de posse das informações dos projetos, dos materiais e produtos utilizados e da execução da obra, deve ser produzido por profissional habilitado, devidamente contratado pelo contratante, um manual de utilização, inspeção e manutenção. Esse manual deve especificar de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessárias para garantir a vida útil prevista para a estrutura (ABNT, 2014, p. 188).

2.2.3 Vida útil das estruturas de concreto armado

Vida útil é um parâmetro que expressa a durabilidade de uma determinada estrutura, e é definida pelo período em anos, após a conclusão da obra dentro do prazo de projeto, onde ela já não oferece mais, o desempenho esperado. A vida útil de uma estrutura envolve diretamente a durabilidade dos itens que a compõe individualmente, como o cimento a armadura os agregados dentre outros. Mehta e Monteiro (1994) explicam que os projetistas de estruturas de concreto estão mais interessados em relação às características de resistência dos materiais, tornando-se conscientes com relação à durabilidade.

A NBR 6118 aponta que levando em consideração fatores importantes como, cobrimento de armadura que deve variar entre 2,5 cm e 5,5 cm, e MPA 20 a vida útil de uma estrutura deve ser de 50 anos, claro que isso não significara colapso imediato da estrutura mais este valor serve como aviso para a contratação de profissional qualificado para fazer uma completa avaliação da estrutura e caso seja necessário corrigir ou até substituir partes que já não oferecem segurança aos seus usuários. No caso de estruturas construídas em ambientes agressivos ou junto ao mar como as pontes de concreto armado, tem-se um agravante que ao associar CO₂, os íons de cloreto, e a umidade alta, corre-se o risco de não alcançar esta idade ao concreto sem que grandes reparos a um alto custo sejam empregados, por isso a manutenção preventiva se faz tão importante (ABNT, 2014).

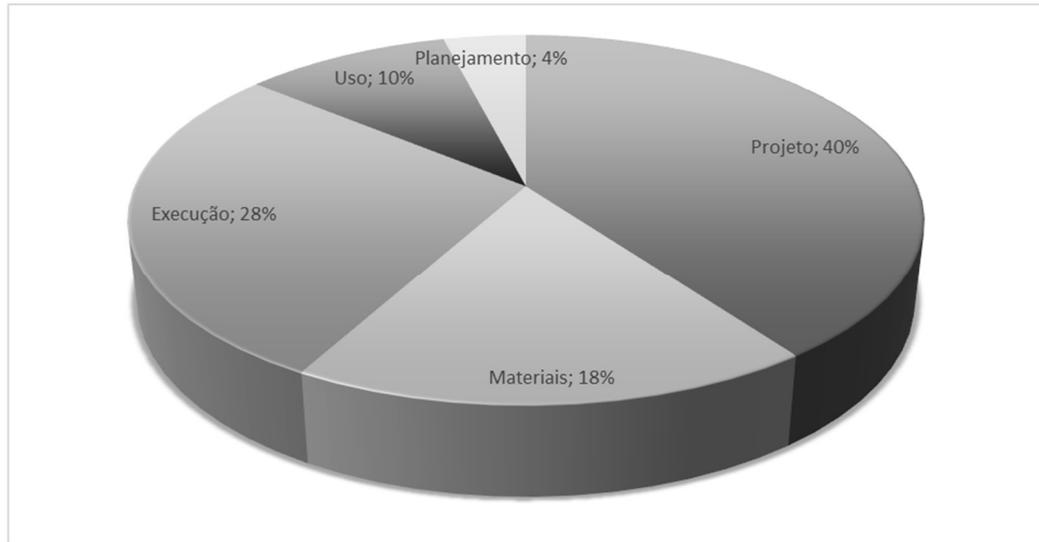
2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES

Patologia é o estudo (gr. “logos”) da doença (gr. “pathos”), aqui a abordagem é sobre as possíveis doenças que as pontes de concreto armado podem sofrer, segundo Helene (1992, p. 19) patologia é “[...] a parte da engenharia que estuda os sintomas, ou mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõe o diagnóstico do problema.” A patologia da construção está ligada à qualidade, conforme Cánovas (1988, p. 1) “[...] a qualidade é rentável a curto e longo prazo e não apenas do ponto de vista econômico ao evitar gastos de reparação e ao aumentar a vida útil das obras, [...]”, portanto um diagnóstico adequado e completo esclarecerá os aspectos dos problemas.

As patologias surgem por diversos fatores, erro na escolha dos materiais, erros de projeto, erros de execução, alicerces insuficientes, ancoragem sub dimensionada, cobrimentos insuficientes e de baixa qualidade, alta porosidade no concreto com misturas inadequadas, acidentes, incêndios, degradação natural, desastres ambientais, dentre outros vários fatores,

como evidencia a Figura 11. Em seqüência apresenta-se as principais patologias encontradas em pontes de concreto.

Figura 11 - Origem dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: Adaptado de Grunau (1981 *apud* HELENE, 1992, p. 22).

2.3.1 Fissuras e trincas

As fissuras e trincas são patologias comuns a estruturas de concreto, sejam elas por: retração hidráulica ou térmica, por secagem rápida, devido à execução, a ações mecânicas, de corrosão entre outros, as fissuras são aberturas que aparecem na superfície de materiais sólidos, segundo a NBR 9575 têm amplitude de 0,1 mm até 0,5 mm e depois disto são chamadas de trincas, as trincas se iniciam em 0,6 mm e podem chegar a no máximo 1,0 mm de amplitude, as fissuras podem continuar crescendo e chegar a rachaduras, fendas e brechas, o real perigo das fissuras não é sua amplitude mas onde e por qual motivo ela ocorreu, se está evoluindo ou se já se tornou passiva (ABNT, 2003).

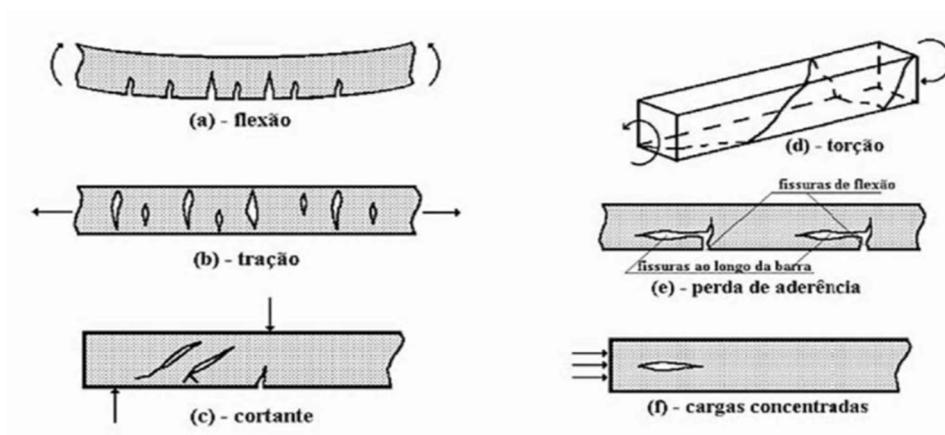
Afirma Cánovaz (1988) que a fissuração é um dos mais importantes sintomas patológicos, e podem aparecer em anos, semanas ou mesmo após algumas horas, fissuras de até 0,2 mm não costumam oferecer problemas de corrosão de armaduras exceto em meio agressivo, “a posição das fissuras dos elementos estruturais, sua abertura, sua trajetória, seu espaçamento etc., podem servir para nos indicar suas causas [...]” (CÁNOVAZ, 1988, p. 205), ainda segundo ele as fissuras costumam ter as seguintes causas:

- Cura deficiente;
- Retração;
- Expansão;
- Variações de temperatura;
- Ataques químicos;
- Excesso de carga,
- Erro de projeto,
- Erros de execução;
- Recalques diferenciais.

Para Souza e Ripper (1998, p. 57) “portanto ao analisar-se uma estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem na elaboração do mapeamento das fissuras e sua classificação [...]”, verificar se a fissura está estável ou se ainda é ativa, só então poderá se dar o processo de determinação de suas causas e estabelecer metodologias para os trabalhos de recuperação e de reforço caso seja necessário, lembrando que se as causas não forem sanadas de nada vai adiantar tentar sanar o problema. A Figura 12 mostra a configuração de algumas fissuras em relação ao tipo de solicitação predominante.

Após diagnóstico as fissuras devem ser tratadas, ressalta Helene (1992, p. 23) que “em geral, os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial [...]”, uma fissura pode ocasionar o início da corrosão de uma armadura por exemplo.

Figura 12 - Algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante



Fonte: Souza e Ripper (1992, p. 58).

No entanto, Andrade (1992) aponta que estudos têm mostrado que são poucas as diferenças no comportamento de fissuras com aberturas inferiores a 0,4 mm e afirma “[...] em geral essas fissuras se obturam com os próprios produtos de corrosão e não correspondem a um risco significativo em relação a vida útil da estrutura.”

2.3.2 Corrosão das armaduras

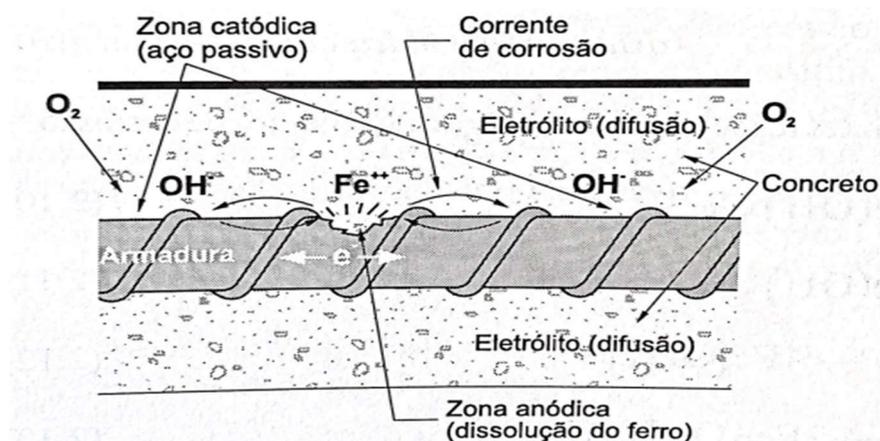
Helene (1986, p. 2) define corrosão como “a interação destrutiva de um material com o meio ambiente”, segundo Gentil (1987 *apud* SOUZA; RIPPER, 1992, p. 65) “[...] a corrosão poderá ser entendida como a deterioração de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos”.

Em estruturas localizadas, sobretudo, próximo ao mar, em atmosfera salina, ou em lugares úmidos e até mesmo em atmosferas contaminadas, será mais elevado o índice de corrosão das armaduras (CÁNOVAZ, 1988).

Na corrosão química, segundo Cánovaz (1988, p. 66) “[...] o metal reage de forma homogênea, [...] não existindo reações de oxidação-redução e, portanto, não havendo geração de corrente elétricas.”

Na corrosão eletroquímica, ainda segundo este autor, não existe uma fronteira muito fixa entre a corrosão química e a eletroquímica, mas a eletroquímica inicia-se localizada, e depois passa a generalizar-se, esta é a principal causa de deterioração nas armaduras de concreto armado e protendido. Os dois principais processos de corrosão de armaduras em concreto armado são: oxidação e corrosão. A Figura 13 ilustra o processo de pilha eletroquímica de corrosão nas estruturas de concreto armado.

Figura 13 - Pilha eletroquímica de corrosão no concreto armado



Fonte: Cascudo (1997, p. 58).

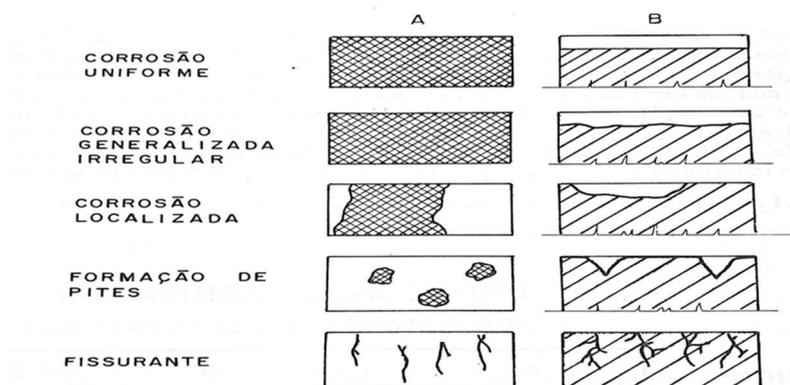
2.3.2.1 Oxidação

Na natureza os metais são encontrados em forma de óxidos, sulfetos, e outros elementos, e para transformá-los em aço é necessário aplicar certa quantidade de energia, a oxidação é o processo inverso onde metal tende a voltar ao seu estado natural, desencadeando redução dependendo da quantidade de energia gerada (ANDRADE, 1992).

2.3.2.2 Corrosão

Em meio aquoso a corrosão se torna um fenômeno eletroquímico, com redução e oxidação associados e somados a circulação de íons através do eletrólito, desta forma criam-se sobre o metal duas zonas, uma atuando como ânodo, liberando elétrons que migram para produzir redução de substâncias do eletrólito, em meios ácidos serão reduzidos os íons de hidrogênio, e em meio alcalino ou neutro, o oxigênio (ANDRADE, 1992). Verifica-se a apresentação da corrosão de várias maneiras, e são classificadas conforme a área atacada, os tipos mais frequentes são os demonstrados na Figura 14.

Figura 14 - Morfologia da corrosão



Fonte: Andrade (1992, p. 19).

As principais causas que podem levar ao rompimento da capa passivante do concreto são duas, íons passivantes em contato com a armadura, o principal deles é o cloreto e a diminuição da alcalinidade do concreto por reação a substâncias ácidas do meio. O pH do concreto varia em torno 12,6 e 13,5 sem aditivos ou adição de outros materiais, este pH é alcalino e tende a preservar a armadura contra corrosão, já com relação a cloretos, a NBR 6118 diz 500 mg/l em relação a água de amassamento, sendo a relação a/c 0,4 e o consumo de cimento

400 kg/m³ com isso o índice máximo aceitável de cloretos é 0,02% em relação a massa de cimento.

A corrosão do aço no concreto pode ter alguns fatores acelerantes como, por exemplo, o teor de umidade, o concreto umedece rápido e demora a secar estabelecendo um equilíbrio entre a umidade externa e interna, a temperatura, a proporção alta de cloretos e a oferta de eletrólitos que fixa a disponibilidade de oxigênio próximo à armadura.

O concreto possui poros e capilares permitindo certa permeabilidade aos líquidos e aos gases, e por mais que o cobrimento seja uma barreira física, ela ainda permite certa permeabilidade, permitindo acesso dos elementos agressivos até o aço.

Diante deste pressuposto, Mehta e Monteiro (1994, p. 168) complementam que “espera-se que, quando uma armadura estiver protegida do ar por uma camada adequadamente espessa de concreto de baixa permeabilidade, a corrosão do aço e outros problemas associados a ela não surgiriam”. Mas na prática não é exatamente isso que ocorre, mesmo as estruturas bem projetadas e executas, continuam sofrendo danos devido a corrosão do aço, sobretudo as expostas a ambientes marinhos. Em 1975 o Sistema Americano de Autoestradas interestaduais necessitava de US\$ 6 bilhões para reparos e substituições em suas pontes e suas pistas, e das 25.000 pontes da Pensilvânia, 4.800 necessitavam de reparos (CARRIER; CADY, 1975 *apud* MEHTA; MONTEIRO, 1994).

2.3.3 Carbonatação

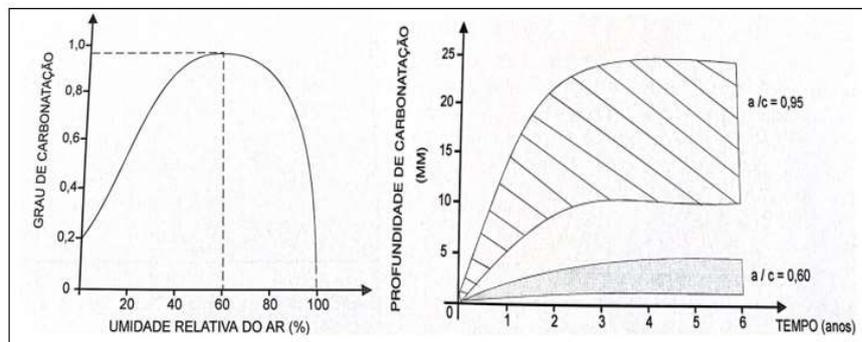
Carbonatação é a transformação por carbono, ou seja, é um processo físico-químico que consiste na reação do dióxido de carbono (CO₂) presente no ar, ao hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) presente no concreto por ser liberado das reações de hidratação, transformando-o em carbonato de cálcio (CaCO₃) (SILVA, 1995).

A carbonatação é um processo natural ao concreto ela acontece lentamente com velocidade de 1mm a 3 mm por ano, e acontece de fora para dentro do concreto, ela iniciasse logo após sua hidratação, com o passar do tempo os aluminatos e silicatos podem também ser atacados e transformados em carbonato de cálcio (HELENE, 1986).

Segundo Cánovas (1988), a carbonatação do concreto é altamente influenciada pela umidade, pois com seus poros cheio de água o gás carbônico, por ser pouco solúvel em água, não pode penetrar, ocasionando um bloqueio para carbonatação, o inverso da umidade é quando o concreto está com seus poros secos, sem a presença de água o gás carbônico não consegue se ionizar, ou fara isso de forma ainda mais lenta, a diminuição da porosidade por causa da

carbonatação dificulta cada vez mais a entrada do CO₂, e a água liberada pela carbonatação tem maior dificuldade de escapar. A Figura 15 mostra a relação entre carbonatação e umidade do ar. O fator a/c na hidratação do concreto também influencia muito o avanço da carbonatação, estudos mostram que quanto menor for esse valor, menor é a profundidade de penetração da carbonatação do concreto. “à medida que se aumenta a relação água/cimento, a permeabilidade e a profundidade de carbonatação aumentam devido a maior capacidade de difusão do CO para dentro do concreto” (SILVA, 1995 p. 70).

Figura 15 - Carbonatação relacionada a umidade do ar e sua profundidade ao tempo



Fonte: Silva (1995, p. 69).

Ainda segundo Silva (1995) carbonatação pode ser benéfica para o concreto no aspecto de aumento de resistência a compressão, mais o grande problema são as armaduras desse concreto, onde a carbonatação pode ocasionar a despasseivação da armadura tornando-a suscetível a corrosão, com a transformação do hidróxido de cálcio em carbonato de cálcio o concreto tem seu pH (potencial hidrogeniônico) inicial alterado para algo em torno nove (09) (área carbonatada) quando inicialmente seu valor era em torno de treze (13) (área não carbonatada), o pH é o índice de acidez de um determinado material, costuma-se usar sete (07) para neutro (pH=7), menor que sete (07) para ácidos (pH<7) e maior de sete (07) para alcalinos (pH>7), os valores de pH são classificados em uma escala logarítmica de base dez (10), um pH 3 por exemplo tem dez (10) vezes mais íons H⁺ do que o pH 4, com a diminuição dos valores de pH do concreto o aço é atacado caso a carbonatação o alcance, por isso os valores de cobertura e MPa são tão importantes, afirma Silva (1995, p. 71) que “a profundidade de carbonatação em um concreto de 40 MPa será de 5 mm aos 4 anos e 10 mm aos 16 anos. Para concretos com 20 MPa esses prazos seriam 1,5 e 2 anos, para profundidades de 5 e 10 mm respectivamente”. A carbonatação diferentemente da lixiviação é de difícil visualização sendo necessário a utilização de fenolftaleína, que quando entra em contato com o concreto de pH alcalino gera uma cor roxa

e no concreto carbonatado ela torna-se sem cor, possibilitando a identificação da área afetada (Figura 16). O Cimento Portland é o mais indicado contra carbonatação, e os mais finos diminuem sua profundidade de atuação.

As fissuras são por tanto muito influentes neste processo, já que facilitam a entrada do anidrido carbônico no concreto levando a carbonatação para o seu interior com maior facilidade, em concretos aparentes uma maior preocupação deve existir, na prevenção dessas patologias, por isso as manutenções preventivas e até mesmo corretivas, devem ser feitas com frequência, em ambientes aquosos e sobre tudo marinhos as estruturas sofrem ainda mais com uma humidade que facilita a instalação desses males nas estruturas.

Figura 16 - Teste com fenolftaleína em um dos corpos de prova extraídos da empina NE revelou 3,25 cm de avanço da frente de carbonatação na face interna da empina



Fonte: Gonçalves (2017).

2.3.4 Lixiviação

A lixiviação é um processo que ocorre pela passagem de água pelo concreto, a corrosão do concreto por lixiviação se dá pela dissolução e transporte, do hidróxido de cálcio, dos principais constituintes, os silicatos belita e alita reagem com a água para formar os hidratos de silicato de cálcio e o hidróxido de cálcio, eles são responsáveis por manter o alto pH do concreto, o hidróxido de cálcio Ca(OH) presente na massa de cimento Portland endurecido, quando entra em contato com o dióxido de carbono do ar, se solidifica formando manchas normalmente brancas, também chamadas de Eflorescência, para solucionar problemas como lixiviação, eflorescência e estalactites, segundo Souza e Ripper (1992, p. 72) resolve-se primeiro os problemas com a humidade e percolação de água, “[..] devido ao ataque de águas

puras ou com poucas impurezas, e ainda de águas pantanosas, subterrâneas, profundas ou ácidas, que serão responsáveis pela corrosão, sempre que puderem circular e renovar-se.”

Com a perda do hidróxido de cálcio tem-se uma diminuição do pH do concreto para algo na ordem de 9,5 apesar de ainda ser um pH alcalino seu valor está abaixo do número crítico de 11,8 citado por Cánovaz (1988, p. 69), favorecendo assim a corrosão das armaduras, além disso a perda de sólidos do concreto causadas pela lixiviação podendo reduzir a sua resistência mecânica e ainda pode facilitar a entrada de agentes agressivos, podendo acelerar também a carbonatação.

Em pontes de concreto armado a lixiviação acontece com bastante frequência, isso se dá pela dificuldade de tornar essas estruturas resistentes a entrada de água. Abaixo segue a Figura 17 de lixiviação e eflorescência.

Figura 17 - Eflorescência no fundo de uma laje de concreto



Fonte: CIMENTO MAUA (2018).

2.3.5 Recalque de fundação

Ao fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação, chama-se de recalque, as fundações são o suporte das estruturas e são usadas para transmitir suas cargas ao terreno, essas cargas são devido ao peso próprio, cargas de uso, e cargas acidentais, como as originadas por ventos, gelo, ou algum outro eventual, mas que possua uma magnitude quantificada. Os defeitos das fundações podem ocorrer por causas diferentes, os principais são: excesso de carga, ações químicas e as mais

influentes são as relacionadas às características próprias do terreno, assim como Cánovaz (1988) mostra em seu livro.

O terreno pode sofrer severas mudanças de acordo com sua natureza e com a umidade a que é naturalmente exposto, abaixo segue lista de algumas alterações no terreno que podem causar recalque nas fundações.

- Afundamento de minas ou galerias existentes;
- Movimentos sísmicos;
- Vibrações;
- Retração;
- Intumescimento de argilas;
- Raízes de árvores;
- Alterações químicas entre outros.

O recalque na fundação é esperado e calculado para determinados tipos de solos, no entanto, o principal problema é quando esse assentamento ocorre de forma diferente em diferentes fundações de uma mesma estrutura, causando o recalque diferencial, esse é altamente prejudicial a estrutura como um todo, pois ocasiona a formação de fissuras que é a porta para várias outras patologias do concreto como já visto anteriormente, portanto a sondagem do terreno se faz necessária, e seu custo é pequeno comparado ao valor total da obra. A Figura 18 mostra um exemplo de recalque diferencial em prédio localizado na cidade de Santos-SP.

Figura 18 - Prédios de Santos, São Paulo com recalque diferencial



Fonte: Verpa (2012).

2.3.6 Juntas de dilatação danificadas

O concreto sofre esforços de contração e dilatação, como a maioria das matérias, e isso se dá pela variação de temperatura e de umidade, se esses esforços superarem a resistência interna do concreto começam a surgir fissuras e trincas, para isso são criadas as juntas de dilatação e elas são dimensionadas pelo projetista da estrutura, ou seja, a junta de dilatação é uma separação física e integral do concreto para que ele possa fazer seu trabalho natural de tração e contração sem gerar fissuras.

É indispensável a utilização de junta de dilatação em pontes de concreto armado por exemplo, para que se possa assegurar seus movimentos sem a fadiga dos materiais, quando as juntas ficam obstruídas por materiais sólidos como areia e pedra podem ocasionar problemas conhecidos como fissuras, a vedação dessas juntas também é importante para evitar a entrada de águas ácidas, óleos e outros agressores do concreto, segundo afirma Silva (1995, p. 57) “as juntas entre painéis são os maiores causadores de problemas no concreto [...] [devem ser] projetadas e construídas a fim de serem estanques [...] para evitar efeito de filtro, que irá facilitar, com o tempo possível corrosão das armaduras, diminuindo sua durabilidade [...]”. Segundo Souza e Ripper (1998, p.48) “a falta de detalhamento adequado para a vedação das juntas de dilatação em pontes, por exemplo, permite a passagem de água pelo topo do estrado, atacando as armaduras e danificando os aparelhos de apoio”. Já no caso de obras de concreto protendido, a água pode penetrar por cabos com falhas na injeção, ocasionando a corrosão e possível ruptura dos cabos. Deve ser estabelecida uma boa rotina de limpeza de modo a evitar que sementas carregadas pelo vento ou por pássaros se deposite em reentrâncias, articulações e juntas e que árvores nasçam e ainda que suas raízes penetrem no concreto, conforme Figura 19 (SOUZA; RIPPER, 1998 p. 239).

Figura 19 - Mato crescendo na junta de dilatação em viaduto



Fonte: Rainheri (2018).

2.4 INSPEÇÃO EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

As pontes são obras de artes especiais que necessitam de um conjunto de procedimentos técnicos para que ocorra a sua conservação. Estes procedimentos são denominados inspeção ou vistoria, e visam manter a funcionalidade, segurança e estética da estrutura, através de um diagnóstico e recomendações (VITÓRIO, 2005).

No Brasil as inspeções das pontes precisam ser realizadas de acordo com uma das seguintes normas, a Norma DNIT 010/2004 – PRO e a ABNT NBR 9452:2019.

2.4.1 Norma DNIT 010/2004 – PRO – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento

A norma estabelece requisitos para a realização de inspeções em pontes, viadutos, pontilhões e bueiros de concreto estrutural, e a apresentação dos resultados das referidas inspeções. Normatizando o planejamento e o procedimento para a realização dessa metodologia, fixando os diversos tipos e suas respectivas frequências de realização.

2.4.1.1 Planejamento das inspeções

É necessário realizar o planejamento e a programação adequada para efetuar uma inspeção que atenda aos requisitos mínimos, sendo confiável e completa. Os aspectos que devem ser abordados para a elaboração da inspeção de acordo com a Norma 010 são: o motivo da inspeção; o tipo; o dimensionamento da equipe; os equipamentos a serem utilizados; a

existência de projetos e relatórios anteriores e o período mais adequado para a realização (DNIT, 2004).

No normativo DNIT 010/2004 – PRO verifica-se a classificação de cinco (05) tipos de inspeção, as quais são:

1) Inspeção cadastral: a Norma 010 descreve que esta inspeção é a primeira a ser realizada na estrutura, preferencialmente deve-se realizar logo após a construção da ponte. É um procedimento na qual deve ser sobejamente documentado, pois servirá de referência para todas as inspeções posteriores. Sempre que for realizada qualquer modificação na estrutura, deverá ser efetuada uma nova Inspeção Cadastral. Os resultados obtidos através desta inspeção são registrados em fichas específicas da norma. Se nesta etapa forem observados defeitos críticos que possam afetar o desempenho da estrutura, deve ser solicitada uma inspeção especial (DNIT, 2004).

2) Inspeção rotineira: de acordo com a norma, estas inspeções devem ser realizadas periodicamente, para avaliar a evolução de falhas observadas em inspeções anteriores, bem como registrar novos defeitos e ocorrências, mantendo atualizado o cadastro da obra. Os resultados da Inspeção Rotineira serão registrados em fichas específicas da norma e assim como na etapa de inspeção cadastral, nesta etapa se forem visualizados defeitos graves e que comprometam o desempenho estrutural, deve-se solicitar a inspeção especial (DNIT, 2004).

3) Inspeção extraordinária: a inspeção extraordinária caracteriza-se por ser solicitada para avaliar um dano estrutural excepcional, causado pelo homem ou pela natureza, sendo assim uma inspeção não programada. O normativo 010 afirma que é preciso, de acordo com a extensão do dano, a avaliação do inspetor para determinar a necessidade de limitar as cargas de tráfego ou interromper o mesmo. Posteriormente deverá ser visto as necessárias providências e serviços para recuperação da estrutura e restabelecimento do tráfego, bem como da necessidade ou não de uma Inspeção Especial (DNIT, 2004).

4) Inspeção especial: são inspeções visuais detalhadas, realizadas por um inspetor sênior, em intervalos menores que 5 anos. São necessárias quando a inspeção cadastral ou rotineira apresentarem defeitos críticos ora em ocasiões especiais, como antes e durante a passagem de cargas excepcionais, ou ainda, em pontes que se distinguem por seu vulto ou complexidade (DNIT, 2004).

5) Inspeção intermediária: recomendada para monitorar uma deficiência suspeitada ou já detectada (DNIT, 2004).

2.4.1.2 Registro das inspeções

As inspeções cadastrais e rotineiras possuem fichas específicas na norma para o registro. As demais inspeções devem ser registradas em relatórios individualizados. Todas as fichas devem ser preenchidas na obra, por ocasião da inspeção. O documento fotográfico deve ser abrangente e completo, devendo ser anexado posteriormente aos relatórios, com as fotos devidamente identificadas e classificadas.

Além disso, a Norma 010 possui um quadro contendo instruções para atribuição de notas de avaliação aos componentes da ponte que possuem função estrutural (DNIT, 2004). As notas variam de um (01) a cinco (05), no qual expressam a intensidade dos problemas, como mostra o Quadro 5 a seguir:

Quadro 5 - Classificação da condição da OAE

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) – ou em alguns casos, substituição da obra – deve ser feita sem tardar	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações etc.

Fonte: DNIT (2004).

2.4.1.3 Procedimentos nas inspeções

De acordo com a Norma 010, orienta-se efetuar a limpeza antes da inspeção de determinadas áreas da estrutura para melhor visualização de trincas, corrosões ou outros defeitos encobertos (DNIT, 2004).

A Inspeção deve incluir, as observações da geometria e condições viárias; dos acessos; cursos d'água; encontros e fundações; dos apoios intermediários; aparelhos de apoio; da superestrutura, seja em vigas e em laje maciça ou em caixão; da pista de rolamento; das juntas de dilatação; barreiras e guarda-corpos; da sinalização e instalações de utilidade pública (DNIT, 2004).

O documento deve conter um mínimo de seis fotos registrando a vista superior, vista inferior, vistas laterais e detalhes de apoios, articulações e juntas. Os defeitos eventualmente encontrados devem ser examinados e registrados para permitir avaliar suas causas (DNIT, 2004).

Existindo a possibilidade, deve-se observar a estrutura durante a passagem de veículos de carga pesada, para verificação de existência de vibrações ou deformações excessivas (DNIT, 2004).

2.4.2 Norma ABNT NBR 9452:2019 – Inspeções de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento

A NBR 9452 especifica os procedimentos para a realização de inspeções em pontes, viadutos e passarelas de concreto e evidencia os resultados da inspeção. Além do mais, apresenta os critérios de classificação dessas OAEs de acordo com os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (ABNT, 2019).

2.4.2.1 Tipos de inspeções

O normativo NBR 9452 considera quatro (04) tipos de inspeções, na qual apresenta semelhanças com as inspeções apresentadas na Norma DNIT 010/2004 e podem ser classificadas como:

1) Inspeção cadastral: a NBR 9452 especifica como sendo a inspeção inicial realizada após o término da construção da estrutura ou assim que a mesma se integra a um sistema de

monitoramento e acompanhamento viário. Deve-se realiza-la além do mais, em casos de alterações na configuração da ponte. A inspeção cadastral deve conter as informações do roteiro básico contido na norma; desenhos esquemáticos das plantas; classificação da OAE e demais informações relevantes para a inspeção. Sendo necessário também o registro fotográfico constituído por uma vista geral, pelas vistas superior, lateral e inferior do tabuleiro, dos elementos da mesoestrutura, infraestrutura, e detalhes dos defeitos detectados durante a inspeção (ABNT, 2019).

2) Inspeção rotineira: nesta inspeção são verificadas as evoluções das patologias observadas em inspeções anteriores, como também a análise de novas ocorrências e reparos sucedidos no período. O normativo NBR 9452 orienta um prazo não superior a um ano para a realização da inspeção rotineira. Nesta avaliação, é necessário conter uma introdução com as informações básicas da OAE, classificação, comentários sobre o estado atual da estrutura em relação à inspeção anterior, registro de anomalias e registro fotográfico (ABNT, 2019).

3) Inspeção especial: de acordo com a NBR 9452 esta inspeção deve contemplar o mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias, para a formulação de um diagnóstico e prognóstico da estrutura. Em alguns casos, pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso aos componentes da ponte. Para elementos submersos deve-se realizar a inspeção subaquática. A inspeção especial deve ser realizada a cada cinco (05) anos (ABNT, 2019).

4) Inspeção extraordinária: esta inspeção não é programada, sua solicitação ocorre quando existe a necessidade de avaliar com mais critério um elemento da estrutura, quando houver a ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra, ou ocorrência de eventos da natureza. A inspeção subaquática deve ser realizada quando a demanda for causada por alterações ambientais ou acidentes (ABNT, 2019).

2.4.2.2 Critérios de classificação

Os critérios de classificação da NBR 9452 respeitam as Normas Brasileiras aplicáveis em cada caso, e são especificados de acordo com os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade (ABNT, 2019).

Os parâmetros estruturais são relacionados à segurança da estrutura, relativo à estabilidade e capacidade portante, sob o critério de seus estados limites último e de utilização, conforme a NBR 9452. Os parâmetros funcionais são os critérios relacionados aos fins que a ponte se destina, possuindo os requisitos geométricos adequados, proporcionando conforto e

segurança aos usuários (ABNT, 2019). Por fim, os parâmetros de durabilidade, na qual são os relacionados a vida útil da estrutura.

A norma também conta com a atribuição de notas de classificação da estrutura que consiste na avaliação dos problemas detectados na ponte. As notas variam de um (01) a cinco (05) e relacionam com a gravidade das patologias detectadas, conforme o Quadro 6:

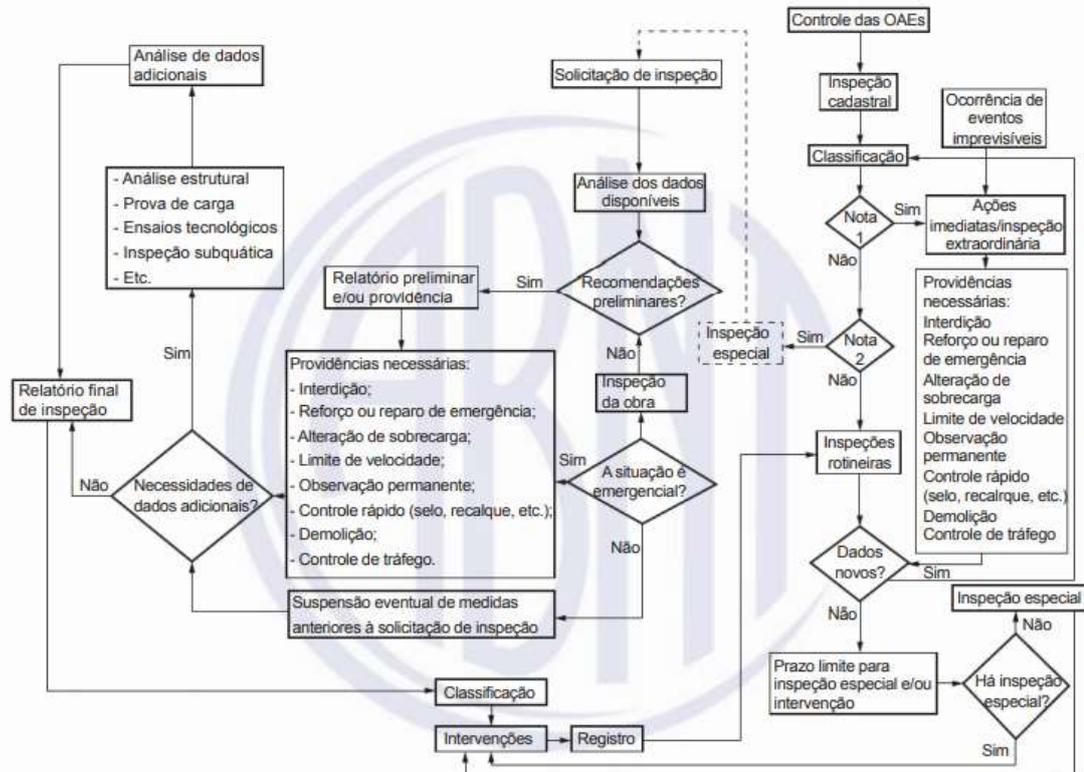
Quadro 6 - Classificação da condição da OAE

NOTA	CONDIÇÃO	CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL	CARACTERIZAÇÃO DE DURABILIDADE
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo	A OAE apresenta desconforto ao usuário, 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 a 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. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo	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 necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não	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

Fonte: ABNT (2019).

Além do mais, em seu desenvolvimento a NBR 9452 apresenta um fluxograma de gerenciamento da OAE, na qual observa-se na Figura 20:

Figura 20 - Fluxograma de gerenciamento da OAE



Fonte: ABNT (2019).

2.5 ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS PARA ESTRUTURAS EM CONCRETO

Os ensaios do concreto servem para avaliar as condições do concreto, segundo Cánovas (1988 p. 459) “os ensaios informativos têm a finalidade de determinar a qualidade de uma estrutura [...] em fase de execução, em serviço ou fora, por ter-se produzido uma falha na mesma.” Os ensaios são regidos por normas para padronizar sua execução, na sequência será tratado sobre alguns deles. Segundo Medeiros, Andrade e Helene (2011) podem ser divididos em duas categorias, destrutivos e não destrutivos. O ensaio não destrutivo, não altera em nada a forma permanente do material analisado, tanto em propriedades físicas quando nas mecânicas e dimensionais, não causando avaria alguma ao concreto. Ainda segundo os autores citados, os ensaios não destrutivos, são os que primeiramente devem ser executados, por não acarretar prejuízos a estrutura. O ensaio destrutivo por outro lado é, qualquer tipo de ensaio que deixa algum tipo de sinal no material que está sendo analisado, alterando permanentemente as características do material (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

2.5.1 Ensaio de esclerometria

O ensaio de esclerometria é realizado com um equipamento chamado Esclerômetro de reflexão, segundo Cánovas (1988), é um ensaio não destrutivo para medir a resistência do concreto a compressão através de sua dureza superficial, assim como avaliar sua uniformidade, o ensaio consiste em submeter à superfície de concreto, a um impacto de forma padronizada, usa-se uma determinada massa com uma dada energia, e então mede-se o valor do ricochete, sendo esse o índice esclerométrico, o ricochete depende da energia cinética antes do impacto, e quanto dessa energia é absorvida durante o impacto, assim essa energia absorvida é relacionada com a resistência a compressão do concreto conforme observa-se na Figuras 21 e 22 (CHAIRMAN, 2004).

Figura 21- Esclerômetro de reflexão



Fonte: Rodrigues (2021).

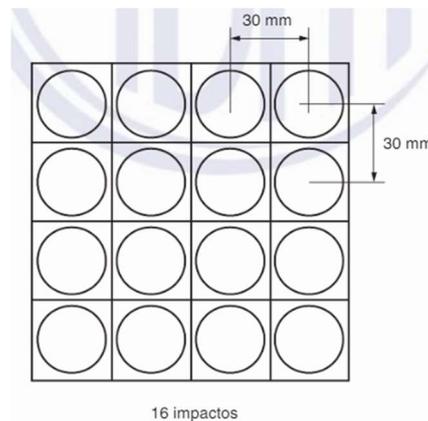
Figura 22 - Ensaio com Esclerômetro



Fonte: LOXXI (2021).

O ensaio deve ser realizado quando os corpos de prova padrão obtiverem resultados insatisfatórios, ou para estimar a resistência do concreto em obras antigas. A NBR 7584 regulamenta este ensaio, segundo esta norma, o esclerômetro deve ser calibrado no início do ensaio e a cada 300 disparos, a superfície deve estar em cura ideal, limpa, seca, plana e não carbonatada, o agregado deve ter dimensão inferior a 32mm, e a espessura da seção na direção do impacto não deve ser inferior a 10 cm, a peça a ser ensaiada, deve ser lixada com um disco ou prisma de carborundum com movimentos circulares, depois marcada com quadrados que podem ser no mínimo nove (09), ou dezesseis (16) pontos com distância mínima de 3 cm entre si, como na Figura 23, os resultados serão dispostos em uma tabela, de onde é feita uma média simples, dessa média obtida somamos e subtraímos 10% para chegar a dois valores, tiramos da tabela os valores que estiverem fora deste intervalo, e faz-se nova média (ABNT, 2012).

Figura 23 - Área de ensaio e pontos de impacto



Fonte: Adaptado (ABNT, 2012).

Assim é possível analisar no gráfico do Esclerometro Schmidt, ou vulgarmente “martelo Schimidt” um dos mais utilizados no Brasil, e encontrar o resultado de resistência do concreto ensaiado. A NBR 7584 sugere cautela na utilização das tabelas anexas aos equipamentos, pois são tabelas feitas para concretos com características diferentes das brasileiras e para curas que variam de quatorze (14) a cinquenta e seis (56) dias (ABNT, 2012).

Suas vantagens são baixo custo, simplicidade na execução, rapidez nos resultados do ensaio. Suas desvantagens são que seus resultados podem ser influenciados por diversos fatores, por tanto não se recomenda sua utilização isolada para determinar a resistência do concreto.

2.5.2 Ensaio de pacometria

O ensaio de pacometria é um ensaio não destrutivo do concreto, é usado como apoio na engenharia, pois visa identificar materiais construtivos que não estão dispostos de forma visível, ou seja, que estão dentro das estruturas de construção, como paredes e pilares. Alguns modelos de pacometro podem identificar além de aço, outros materiais, o pacometro pode ser chamado também de scanner de parede.

Segundo Espindola (2017) esse ensaio deve ser realizado antes de outros ensaios não destrutivos, como o de ultrassom, por exemplo, para que seja feita a marcação da armadura na estrutura garantindo assim resultados finais sem alterações. O modelo na Figura 21 é da empresa Bosch, o Scanner de Parede D-Tect 150 determina a localização, o cobrimento, e a dimensão das armaduras, em até 150 mm de profundidade no concreto, portanto é utilizado principalmente em análises dos elementos estruturais. Segundo o site do fabricante, além de detectar metais magnéticos como o ferro, também detecta os não magnéticos como o cobre, condutores elétricos energizados ou não, condutores de plástico, subestruturas de madeira e tubos plásticos cheios de água (BOSCH, 2017).

Figura 24 - Scanner de Parede D-tect 150



Fonte: BOSCH (2017).

Na hora da utilização o scanner deve ser encostado na estrutura a ser analisada, e deslizado horizontalmente, primeiro em um sentido, retornando ao ponto de partida pelo mesmo caminho percorrido, ao encontrar uma armadura na parede é possível parar sobre ela, ele fornecerá ainda dados como diâmetro e cobrimento. Alguns ensaios como o de extração de testemunho pede em sua norma regulamentadora a NBR 7680 no item 4.2.2 da utilização desse

instrumento como forma de evitar extração de amostra que englobe as armaduras (ABNT, 2015, p. 5).

2.5.3 Extração de testemunhos

Quando a resistência característica à compressão do concreto não é atingida é possível utilizar o ensaio de extração de testemunhos para verificar a aceitação do concreto endurecido. Segundo Cánovas (1988) as amostras extraídas devem representar todo o concreto ou lote a ser considerado. Este é um ensaio destrutivo do concreto, deve ser planejado com cautela e respeitando as normas, ainda segundo ele não deve ser realizada extrações em concretos com cura inferior a 14 dias quando executados com cimento Portland comum, mas é permitido diminuir essa data se o cimento é de alta resistência inicial.

Para a extração de testemunhos, utiliza-se um equipamento chamado Extratora, que tem um cilindro de corte diamantado, conforme NBR 7680 concretos: extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto, que normatiza este ensaio. O volume de concreto a ser extraído deve ser mínimo, mas suficiente para que possibilite decidir sobre a segurança da estrutura (ABNT, 2012).

Segundo NBR 5739 os testemunhos devem ser íntegros, livres de fissuras, segregação, ondulações e não podem conter materiais estranhos ao concreto, como pedaços de madeira, essa norma regulamenta os ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, visto que a medida ideal para uma análise mais efetiva é que a relação altura/diâmetro seja igual a dois (02), quando essa relação é menor que dois (02), será necessário o emprego de fatores de correção, o menor diâmetro permitido pela norma é 100 mm, e 75 mm a 500 mm em casos especiais, modificando também a quantidade de amostras, quando por exemplo a amostra retirada excede em mais de 10% a seção transversal do elemento onde adota-se o diâmetro menor (ABNT, 1994). A Figura 25 demonstra a imagem de uma extratora, e de um corpo de prova retirado por ela.

Figura 25 - Extratora de testemunhos de concreto



Fonte: Rodrigues (2021).

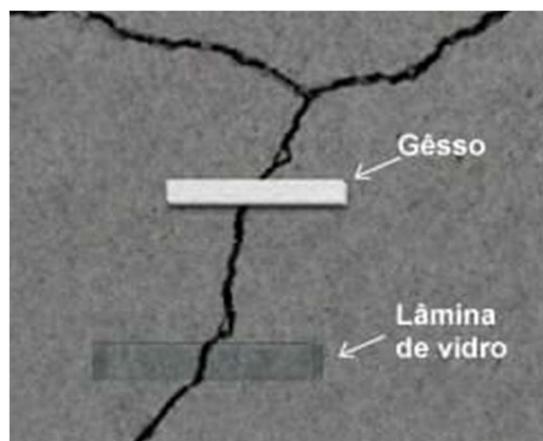
Segundo a NBR 7680 os testemunhos devem ser extraídos a uma distância maior ou igual ao seu diâmetro em relação as bordas ou juntas de concretagem, a distância mínima entre as bordas das perfurações não pode ser menor a um diâmetro do testemunho, as armaduras da peça não devem ser atingidas, e devido a ação de segregação e exsudação, em pilares e paredes a extração do testemunho deve acontecer a 30 cm nos limites superiores e inferiores da estrutura, evitando também as barras longitudinais (ABNT, 2015).

2.5.4 Monitoramento de fissuras

Fissuras em estruturas de concreto armado é algo muito comum, é uma patologia de incidência frequente, que pode implicar em uma série de danos às edificações, o monitoramento dessas fissuras pode ser feito de várias maneiras, apresenta-se dois métodos, segundo NBR 6118 as dimensões de fissuras inaceitáveis são: 0,1mm para peças não-protegidas em meio agressivo; 0,2 mm para peças não-protegidas em meio não-agressivo; 0,3 mm para peças protegidas. Segundo Cánovas (1988) “a posição das fissuras nos elementos estruturais, sua abertura, sua trajetória, seu espaçamento etc., podem servir para nos indicar a causa que as motivaram”.

A utilização de lâminas finas de gesso é uma técnica simples de monitoramento de fissura, mas deve ser usada em estruturas internas, devido à sensibilidade do gesso a água. Em ambientes externos prefere-se à utilização de lâminas de vidro, fixando transversalmente a lâmina na fissura, como mostra a Figura 26, e monitorando o seu posterior deslocamento.

Figura 26 - Monitoramento de Fissura



Fonte: Rodrigues (2021a).

2.5.5 Solução de fenolftaleína

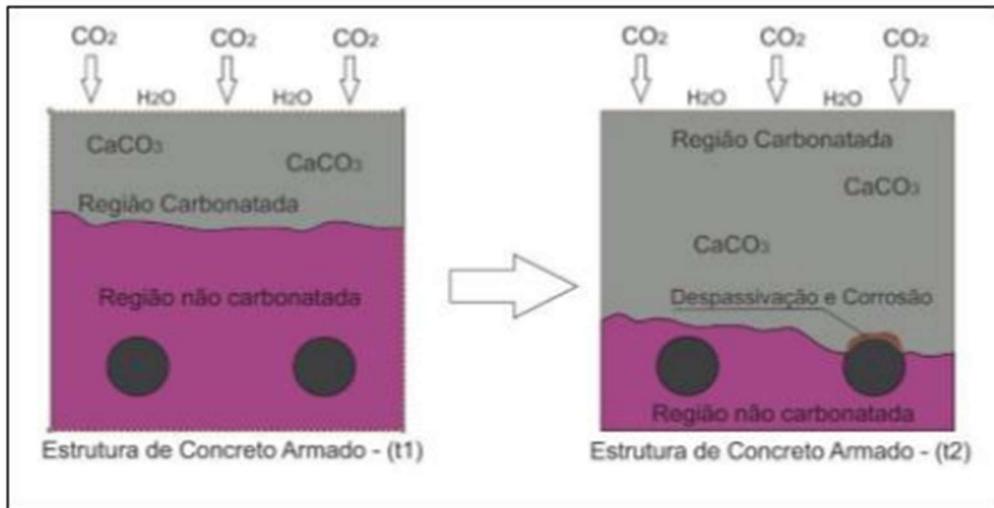
Na construção civil a fenolftaleína é utilizada, segundo Andrade (1992) para verificar a espessura superficial carbonatada, diz-se “profundidade de carbonatação” utiliza-se a solução de fenolftaleína a 1% dissolvida em álcool etílico. Esse é um ensaio caracterizado como não destrutivo do concreto, é relativamente simples, de baixo custo e que não requer mão de obra especializada, mais que ainda assim contribui para a identificação na redução do pH do concreto.

A fenolftaleína é um composto orgânico bastante usado para medir o pH, podendo identificar substâncias ácidas ou básicas, deve ser aplicado em um concreto recentemente exposto para identificar a carbonatação.

O dióxido de carbono que se encontram no ar pode penetrar no concreto, ele reage com os componentes alcalinos presentes no cimento, principalmente com o hidróxido de cálcio, formando o carbonato de cálcio, esse fenômeno faz com que o pH do concreto seja reduzido de 13 Para 9 em média, segundo Silva (1995).

Com a redução do pH a armadura fica mais suscetível à corrosão, à medida que a atuação aprofunda no concreto mais riscos traz a estrutura, o ensaio visa pulverizar gotículas de uma solução de fenolftaleína diretamente sobre o concreto a ser analisado e observar a coloração que a substância irá adquirir, quanto mais, rosa arroxeada, ou vermelho-carmin com diz Andrade (1992) ela se tornar, maior quantidade de OH^- e mais básico é o pH, é possível analisar ainda que se a substância continuar transparente, significa que o ambiente está mais ácido facilitando a carbonatação. O ensaio utilizando fenolftaleína também tem limitações, como por exemplo, que seu limite de detecção de meio ácido é o pH 9, no entanto quando o pH for 11 a armadura já começa a apresentar passividade, ou seja essa técnica não detecta carbonatação em estágio inicial. Na Figura 27 verifica-se o avanço da carbonatação.

Figura 27 - Avanço da carbonatação nos intervalos de tempo.



Fonte: Tasca (2012 *apud* VALENÇA, 2016, p. 18).

3 METODO DA PESQUISA

Serão abordados neste capítulo os procedimentos adotados para o desenvolvimento da pesquisa.

A metodologia geral adotada fundamentou-se na realização da revisão bibliográfica, inspeção e análise de patologias em pontes do município de Florianópolis através do estudo de casos e a organização e apresentação dos resultados obtidos.

3.1 METODOLOGIA ADOTADA

No que tange a metodologia científica, este trabalho se classifica quanto aos objetivos com o tipo de pesquisa exploratória e descritiva.

De acordo com a Gil (2008) a pesquisa exploratória é formulada com a finalidade de proporcionar a visão geral sobre determinado fato, proporcionando maior familiaridade com o problema desenvolvendo e esclarecendo conceitos e ideias.

Quanto a pesquisa descritiva Neuman (2014) caracteriza como sendo a descrição dos mecanismos e processos existentes na realidade do fenômeno estudado.

Relacionado ao método utilizado, trata-se de uma pesquisa bibliográfica com um estudo de caso. Na perspectiva de Gil (2008) a pesquisa bibliográfica é formulada a partir de um material já elaborado, constituído principalmente por livros, artigos científicos. Já o estudo de caso representa a investigação de um tópico empírico seguindo um conjunto de procedimentos pré-especificados que possuem o propósito básico de: explorar, descrever e explicar (YIN, 2001).

Frente ao exposto segue a proposta geral das etapas e de metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho:

- a. realizar revisão bibliográfica geral para compreensão dos assuntos do tema de estudo proposto;
- b. definir o local e estruturas a serem investigadas, para a realização dos estudos de caso;
- c. realizar as inspeções e testes nas estruturas escolhidas;
- d. verificar os dados e informações obtidas no processo das inspeções e análise de manifestações patológicas das pontes, organizar as informações para apresentação do estudo e conclusões deste trabalho;
- e. apresentar os resultados e conclusões.

3.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA PESQUISA

As etapas seguidas para elaboração deste estudo serão abordadas nos tópicos a seguir:

3.2.1 Revisão bibliográfica

O desenvolvimento da pesquisa bibliográfica acarretou a base para o conhecimento prévio necessário para a realização das inspeções e análise patológicas nas pontes averiguadas, e para posterior estudo dos resultados e desenvolvimento das conclusões deste trabalho.

3.2.2 Verificação dos locais/estruturas a serem analisadas no estudo

Para o estudo dos casos foram escolhidas quatro (04) pontes com o objetivo de verificar o estado das mesmas acerca de aspectos relacionados à manutenção, durabilidade e estado geral de pontes inseridas em rodovias no Município de Florianópolis. As pontes escolhidas são as seguintes:

1 - PONTE SOBRE O RIO SANGRADOURO – SC 406:

27°44'32.8"S 48°30'35.4"W

2 - PONTE SOBRE O RIO TAVARES – SC 405:

27°39'36.0"S 48°30'10.7"W

3 - PONTE LAGOA DA CONCEIÇÃO AV. DAS RENDEIRAS – SC 404:

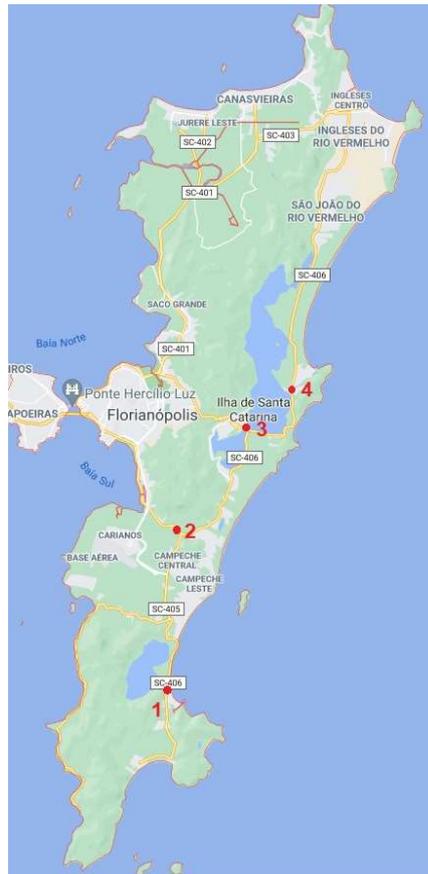
27°36'17.6"S 48°27'49.9"W

4 - PONTE NO CANAL DA BARRA – SC 406:

27°35'18.2"S 48°26'09.9"W

A Figura 28 representa a localização, das pontes escolhidas, no mapa de Florianópolis.

Figura 28 - Localização das pontes



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

O critério de escolha das pontes de concreto armado a serem avaliadas ocorreu com o objetivo de se apurar as que evidenciassem a presença de manifestações patológicas e que possuíssem o acesso viável para a realização da inspeção sem a necessidade de equipamentos de acesso especiais.

3.2.3 Definição dos parâmetros a serem estudados

Definiu-se que os pontos a serem analisados nas estruturas serão:

- Infraestrutura;
- Mesoestrutura;
- Superestrutura;
- Guarda-corpos, barreiras e defensas;
- Pistas de rolamento;
- Drenagem;
- Encontros e cabeceiras;

- Sinalização;
- Instalações públicas.

Ademais, foi realizado um levantamento de informações das pontes estudadas através da pesquisa de dados de acesso público das inspeções realizadas em anos anteriores pelos órgãos responsáveis.

3.2.4 Procedimentos para a realização das inspeções e análise patológicas

Primeiramente realizou-se a inspeção visual com o pressuposto de identificar as manifestações patológicas aparentes e realizar o reconhecimento da estrutura em análise para a elaboração de um plano de ação. Nesta etapa foi necessária à utilização de câmera fotográfica digital, trena, paquímetro, prancheta e lápis para anotações e preenchimento de fichas específicas das normas estudadas para o registro das informações.

Posteriormente foi realizado ensaios com equipamentos específicos, com a finalidade de analisar através de testes as patologias identificadas anteriormente. Nesta etapa foram utilizados, para auxílio da inspeção e análise das patologias, um pacômetro, também conhecido como “scanner de parede” e a solução de fenolftaleína.

3.2.5 Organização e apresentação dos resultados

Após a realização do estudo e processamento dos dados levantados, efetuou-se a apresentação do diagnóstico e condição das estruturas analisadas utilizando o método do DNIT 010/2004 – PRO e da ABNT NBR 9452:2019 para então comparar a metodologia e os resultados de ambos. A apresentação destas informações consta no capítulo 4, sendo elas organizadas no referido capítulo em função dos seguintes parâmetros:

- a) obras inspecionadas;
- b) dados das estruturas analisadas;
- c) tipos de patologias encontradas;
- d) resultados dos testes realizados;
- e) condição geral das pontes inspecionadas;
- f) comparativo dos métodos utilizados.

3.2.6 Cronograma

Quadro 7 - Cronograma

Elaboração TCC/2 - 2021/1	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho
Levantamento dos dados das pontes						
Visita às estruturas						
levantamento fotográfico						
Realização dos ensaios						
Organização dos documentos e redação do cap. 4						
Redação da 1ª Versão do texto						
Redação final do texto						
Finalização e entrega do TCC 2						
Banca						
Redação definitiva						

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

4 ESTUDO DE CASOS - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSÕES

4.1 VISTORIAS REALIZADAS

4.1.1 Ponte sobre o sobre o Rio Sangradouro

A primeira ponte estudada encontra-se na Rodovia SC-406 próximo à localidade da Armação do Pântano do Sul, transpondo o Sangradouro da Lagoa do Peri, conforme Figura 29.

O Rio Sangradouro faz o contato entre a Lagoa do Peri e o mar, e possui água predominantemente doce.

Figura 29 - Localização da ponte sobre o Rio Sangradouro



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Infraestrutura: as fundações são do tipo profundo, com estacas. Não foi possível realizar a inspeção visual das fundações, pois estavam completamente enterradas.

Mesoestrutura: a referida ponte é composta por 4 pilares de seção circular. Através do ensaio de pacômetria, determinou-se o cobrimento das armaduras nos pilares, onde na Figura 30 observa-se que o resultado deste ensaio apresentou um valor de 2,3 cm.

Figura 30 - Ensaio de pacômetria em pilar da ponte do Rio Sangradouro



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

De acordo com a tabela 7.2 da NBR 6118 o cobrimento mínimo para pilares em concreto armado com classe de agressividade ambiental III seria de 4 cm (ABNT, 2014). Apesar do cobrimento identificado apresentar um valor abaixo do recomendado, os pilares possuem boa aparência sem nenhuma manifestação patológica visível, como observa-se na Figura 31.

Figura 31 - Pilar circular da ponte do Rio Sangradouro

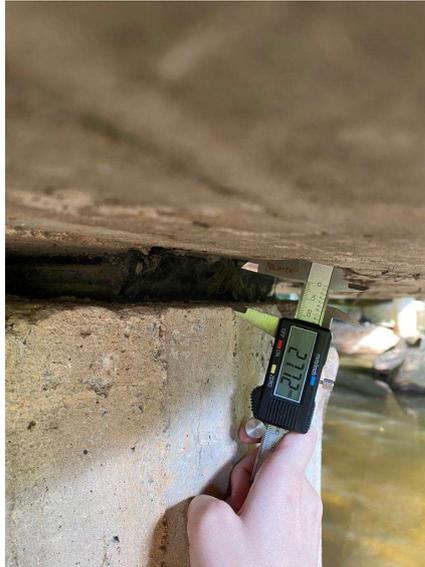


Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Os aparelhos de apoio eram de neoprene e apresentavam-se centralizados no pilar, com a sua face superior e a face inferior totalmente em contato com a estrutura, sendo composto de neoprene. Com o auxílio de um paquímetro foi identificada espessura de aproximadamente 27,72 mm como pode ser identificado na Figura 32.

Verificou-se a existência de sujeira e lixo ao redor do aparelho de apoio.

Figura 32 - Espessura aproximada do aparelho de apoio

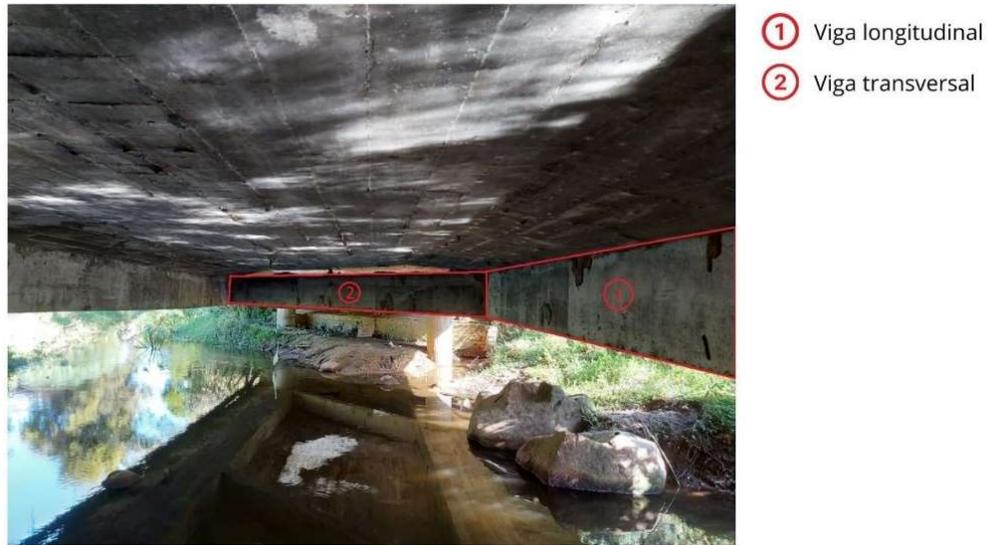


Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Superestrutura: esta ponte possui a geometria esconsa, ou seja, as vigas e os pilares não estão alinhados a 90°.

A superestrutura desta ponte é formada por duas vigas principais longitudinais, na qual está localizada próxima a borda, formando um balanço nas extremidades laterais, e mais duas vigas transversais, como identificado na Figura 33.

Figura 33 - Identificação das vigas



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Como pode ser notado na Figura 34, no teste de pacômetria das vigas foi encontrado um valor de 1 cm para a espessura de cobrimento, sendo este um valor abaixo do especificado pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

Figura 34 - Ensaio de pacômetria em viga da ponte do Rio Sangradouro



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Identificou-se nas vigas longitudinais o deslocamento de concreto devido a corrosão das armaduras, como pode ser observado na Figura 35. A possível falta de impermeabilização desta estrutura e o cobrimento insuficiente em conjunto com o ambiente agressivo em que se

encontra, resultou no processo de carbonatação e despassivação da armadura, causando por consequência o deslocamento deste concreto.

Utilizando uma solução de fenolftaleína pulverizada sobre uma área onde havia deslocamento do concreto, percebeu-se que a coloração da solução se manteve incolor em contato com a estrutura, indicando um pH inferior a 9 e comprovando a carbonatação daquela região. (Figura 36).

Figura 35 - Corrosão da armadura e deslocamento do concreto



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 36 - Teste de carbonatação com fenolftaleína



Pulverização de fenolftaleína para a identificação de carbonatação.

Fonte: Acervo das autoras, 2021.

A laje desta estrutura apresentava vários pontos de manchas de umidade e pontos com lixiviação causadas aparentemente pela ausência de pingadeiras e a deficiência da drenagem do tabuleiro, tal qual condição pode ser observada na Figura 37.

Figura 37 - Patologias identificadas na laje da ponte do Rio Sangradouro



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Observou-se partes com armadura exposta na laje, em consequência do cobrimento insuficiente e da corrosão das armaduras, como constatado na Figura 38.

Figura 38 - Corrosão das armaduras da laje



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Guarda corpos: os guarda corpos desta ponte apresentam o padrão DNIT utilizados nas obras de artes especiais da malha rodoviária de acordo com a Norma 088, possuindo dois montantes extremos e duas barras horizontais interligadas, no centro, por um pequeno montante (DNIT, 2006). A estrutura dos guarda corpos desta ponte é feita em concreto armado, apresentando diversas partes com a armadura exposta e deslocamento do concreto, como evidenciado na Figura 39, possuindo baixa eficiência na proteção dos pedestres. Os defeitos observados nos guarda corpos são consequências geradas aparentemente devido ao concreto de má qualidade, falta de cobrimento das armaduras e ataque de agentes agressivos. Não foi observado marcas de colisões com veículos. Com o auxílio de uma trena, verificou-se que a altura do guarda corpo em relação ao guarda roda é de 84,5 cm, estando dentro das medidas aceitáveis da Norma 088 (DNIT, 2006) (Figura 40).

Figura 39 - Guarda corpo deteriorado na ponte do Rio Sangradouro



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 40 - Altura do guarda corpo



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Observando a Figura 41, percebe-se que foi feita a manutenção inadequada do guarda corpo, na qual foi realizada a pintura do mesmo sem ter feito a restauração da estrutura antes.

Figura 41 - Manutenção inadequada do guarda corpo



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Pista de rolamento: a pista de rolamento da ponte é feita de pavimento flexível medindo 9,30 de largura. A pista apresentou estar em boas condições porém não havia juntas de dilatação.

Guarda rodas: a ponte possui guarda-rodas maciços de concreto, onde estão engastadas as peças dos guarda corpos. A OAE em questão possui em cada lateral da pista, guarda rodas medindo aproximadamente 0,90m de largura, com 0,75m de largura livre. Estas estruturas são erroneamente confundidas com passeios. Os guarda rodas analisados dispõem de boa aparência, sem nenhuma patologia evidente e marcas de colisões com veículos.

Drenagem: a drenagem na ponte analisada apresentou estar ineficiente, pois a estrutura mostrava manifestações patológicas decorrentes da umidade oriunda da falha no sistema de drenagem. Observou-se a presença de drenos constituídos de PVC e de diâmetro de aproximadamente 10 cm, na qual iniciavam-se na sarjeta (Figura 42) e atravessavam a laje da estrutura, canalizando a água recolhida da pista para a parte inferior da laje, sendo estes subdimensionados, pois a falta de continuidade da tubulação faz com que a água escorra pela face inferior do balanço lateral da laje causando problemas à estrutura.

Figura 42 - Drenos na sarjeta



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Encontros: não identificou-se nenhuma manifestação patológica nos encontros da ponte. O encontro da ponte com a cabeceira acontece de forma suave, sem a manifestação de solavancos.

Sinalização: a ponte não apresentou nenhuma sinalização vertical. Na pista de rolamento havia a sinalização rodoviária horizontal, que se caracteriza como sendo o conjunto de marcas sobre o revestimento da pista, na qual visa propiciar condições adequadas de segurança e conforto aos usuários. Observou-se a presença da faixa contínua amarela e branca tracejada. (Figura 43).

Figura 43 - Sinalizações na pista



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Instalações Públicas: a ponte não apresentava iluminação pública e possuía tubulação metálica para a passagem de água presa em sua estrutura lateral.

4.1.2 Ponte sobre o Rio Tavares

Esta ponte fica localizada na Rodovia SC-406 no bairro Rio Tavares e transpõe o rio cujo nome é o mesmo do bairro. (Figura 44) De acordo com Do Vale Pereira (2015), esta ponte foi construída por volta de 1960.

A ponte apresenta o comprimento total de 20 m, e largura total de 10,80 m.

Figura 44 - Localização da ponte sobre o Rio Tavares



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Infraestrutura: conforme o relatório da APPE (2008), as fundações da ponte do Rio Tavares são do tipo profundas, com estacas. Nesta ponte as fundações estavam totalmente submersas não sendo possível realizar a avaliação visual da mesma.

Mesoestrutura: a ponte é constituída por 4 pilares de seção retangular, como pode-se observar na Figura 45. O teste de pacômetria dos pilares apresentou o cobrimento de 2,8 cm (Figura 46), apesar do cobrimento possuir espessura insuficiente, todos os pilares apresentavam boa aparência, sem nenhuma manifestação patológica visualmente identificadas.

Figura 45 - Pilares da Ponte sobre o Rio Tavares



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 46 - Ensaio de pacômetria do pilar da ponte do Rio Tavares



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Os aparelhos de apoio são aparentemente de concreto, visualmente não foi identificado nenhuma trinca ou fissura neste elemento. Apresentava-se centralizada, com a sua face superior e a face inferior totalmente em contato com a estrutura, possuindo aproximadamente 27,79 mm (Figura 47). Identificou-se detritos que podem estar comprometendo o funcionamento do aparelho de apoio.

Figura 47 - Aparelho de apoio



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Superestrutura: esta ponte possui geometria reta ortogonal constituída por uma seção caixão em concreto armado, ou seja, é composta por uma laje superior e uma inferior conectada por duas vigas, uma em cada lateral. (Seção celular). No teste de pacômetria das vigas foi encontrado um valor de 0,5 cm para a espessura de cobrimento, como verifica-se na Figura 48, sendo este um valor muito abaixo do especificado pela NBR 6118.

Observou-se pontos com armadura exposta e oxidada, causados pelo baixo cobrimento, má impermeabilização da estrutura associada à porosidade do concreto e meio ambiente agressivo.

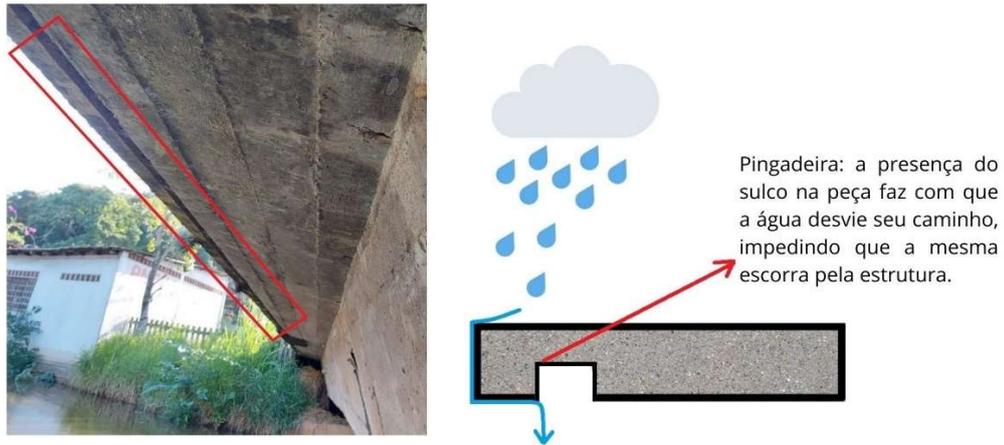
Figura 48 - Teste de pacômetria das vigas da ponte do Rio Tavares



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

A ponte possui pingadeiras na lateral da laje superior, impedindo que a água escorra pela estrutura, conforme observa-se na Figura 49. As pingadeiras na laje apresentavam algumas fissuras e a presença de vegetação nascendo ao seu entorno (Figura 50), prejudicando o funcionamento da mesma.

Figura 49 - Pingadeiras da ponte do Rio Tavares



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 50 - Vegetação nascendo na estrutura da pingadeira



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

O balanço lateral da laje superior apresentou pequenos pontos de destacamento e a desagregação do concreto em consequência de uma corrosão por pites, conforme verifica-se na Figura 51. Nota-se também a presença de algumas regiões com eflorescência na laje inferior da ponte. Observou-se, nas lajes, pequenas fissurações causadas aparentemente pela temperatura e umidade.

Figura 51 - Pontos de corrosão na laje



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Guarda corpos: a ponte apresentava dois diferentes tipos de guarda corpo, os metálicos e os de concreto armado, conforme mostra a Figura 52. Foi possível verificar que os guarda corpos de estrutura metálica estavam em bom estado de conservação e não apresentaram nenhuma manifestação patológica visível, porém os guarda corpos de concreto armado evidenciavam graves problemas de deslocamento de concreto e armadura exposta (Figura 53). Não havia sinais de colisões com veículos.

A ponte não possuía barreiras e/ou defensas. Com o auxílio da trena verificou-se que a altura do guarda corpo era de aproximadamente 77 cm, como constatado na Figura 54.

Figura 52 - Guarda corpos da ponte sobre o Rio Tavares



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 53 - Deslocamento de concreto e armadura exposta em guarda corpo



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 54 - Altura do guarda corpo



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Pista de rolamento: a pista de rolamento desta ponte apresenta 9,30 m de largura, sendo constituída por pavimento flexível. Não foi visualizado juntas de dilatação ao longo da pista. Verificou-se trincas no pavimento da pista de rolamento, causadas por um adensamento da pista junto às cabeceiras (Figura 55). Durante a passagem de veículos pesados foi possível perceber a movimentação existente nas cabeceiras da ponte em consequência da deformação causada pelo adensamento no balanço da estrutura.

Figura 55 - Defeitos no pavimento



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Guarda rodas: a ponte possui em cada lateral da pista, guarda rodas medindo aproximadamente 0,65 m de largura, aparentemente em bom estado de conservação.

Drenagem: verificou-se que a trajetória da água oriunda dos drenos atinge a estrutura da ponte, causando manchas de umidade, limo e infiltração, como verifica-se na Figura 56.

As sarjetas da ponte apresentam o crescimento de ervas daninhas e acumulo de sujeira que estão impedindo a eficiência do escoamento da água. (Figura 57).

Figura 56 - Extremidade do dreno causando manchas de umidade e limo



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 57 - Ervas daninhas crescendo na sarjeta



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Encontros: não foi identificado nenhuma manifestação patológica nos encontros da ponte. Apenas a presença de mato ao redor da estrutura.

Sinalização: a ponte apresenta placa de sinalização nominal e de extensão no início da cabeceira. Na pista de rolamento havia a sinalização rodoviária horizontal composta por faixas amarelas contínuas. Não havia sinalização para embarcações.

Instalações públicas: a ponte apresentava iluminação pública constituída por postes no início da cabeceira. Observou-se também a presença de tubulação metálica presa na laje inferior da ponte, verifica-se na Figura 58, que esta tubulação apresenta pontos de corrosão em sua superfície.

Figura 58 - Tubulação metálica anexa a ponte



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

4.1.3 Ponte da Lagoa da Conceição

Esta ponte fica situada na SC-404 no bairro da Lagoa da Conceição (Figura 59). Ela apresenta a característica de possuir um tabuleiro curto, tendo aproximadamente 8 m de comprimento, e o restante é formado pelos acessos a ponte, totalizando um comprimento total de 48 m.

A ponte está inserida em um ambiente com variação de salinidade, ou seja, a água pode variar entre água doce e água salgada.

Figura 59 - Localização da ponte da Lagoa da Conceição



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Infraestrutura: a fundação da referida ponte é do tipo profunda com estacas. Identificou-se a presença de quatro blocos de coroamento, todos estavam em contato direto com a água da lagoa e apresentavam moluscos e limo na parte inferior da estrutura. Os blocos apresentavam partes com concreto deteriorado, possuindo deslocamentos e corrosão.

Mesoestrutura: observou-se duas (02) grandes vigas atirantadas que sustentavam a estrutura, e em sua lateral verificou-se a presença de quatro (04) cabeças de tirantes em cada viga, todas em bom estado de conservação. No teste de pacômetria desta viga obtive-se um resultado de 5 cm de cobertura (Figura 60). Na região da viga mais próxima da água da lagoa, o estado de conservação do concreto estava ruim, apresentando várias fissuras e desagregação, como observa-se na Figura 61, também observou-se a presença de fezes de animais, musgos e moluscos na estrutura podendo causar a deterioração bioquímica do concreto, onde estes resíduos irão reagir quimicamente com o material e causar sua degradação. (Figura 62).

Figura 60 - Teste de pacômetria da viga



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 61- Desagregação do concreto



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 62 - Musgo e fezes de animais na estrutura



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Verificou-se que o concreto apresentava sinais de erosão e cavitação, na lateral da viga em contato com a água. A provável causa destas patologias é a movimentação da água agindo sobre a superfície do concreto de modo a desgasta-la devido à colisão. Quando a velocidade da água está alta, pode causar implosão de bolhas de vapor de água nesta superfície, gerando esse aspecto de região corroída (Figura 63). Também observou-se pontos de eflorescência nesta superfície, com surgimento de manchas esbranquiçadas, que através da aspersão de fenolftaleína, concluiu-se que está patologia surgiu em decorrência de reação de carbonatação.

Figura 63 - Erosão e cavitação do concreto



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

A ponte detém de 4 (quatro) pilares revestidos por blocos e pedras, na qual impediu uma avaliação mais prudente (Figura 64). Todos os 4 (quatro) pilares aparentavam estar em boas condições, sem armadura exposta ou deslocamento de concreto. Não identificou-se a presença dos aparelhos de apoio na estrutura.

Figura 64 - Pilares revestidos por blocos



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Superestrutura: a superestrutura é composta por sete (07) vigas, sendo quatro (04) vigas transversais e três (03) vigas longitudinais.

Todas as vigas estão apresentando graves problemas em sua estrutura. Observou-se manchas de umidade e armadura exposta com corrosão em vários locais, como percebe-se nas Figuras 65, 66 e 67. A viga longitudinal central da ponte possuía alto grau de fissuração e corrosão das armaduras, principalmente dos estribos da face inferior. Percebe-se diversos pontos de corrosão por pites, possivelmente causadas pelo ataque dos íons de cloreto.

Essas patologias identificadas nas vigas foram provavelmente causadas pela falta de impermeabilização, infiltração da água e agentes nocivos, baixo cobrimento e carbonatação do concreto.

Figura 65 - Corrosão das armaduras na viga longitudinal



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 66 - Deslocamento de concreto e armadura corroída na viga transversal



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 67 - Armadura exposta e degradação do concreto



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

A laje desta ponte é feita em concreto armado. Foi possível verificar o descascamento da pintura impermeabilizante e a armadura positiva da laje exposta, provavelmente consequente da não utilização de espaçadores resultando no cobrimento insuficiente (Figura 68).

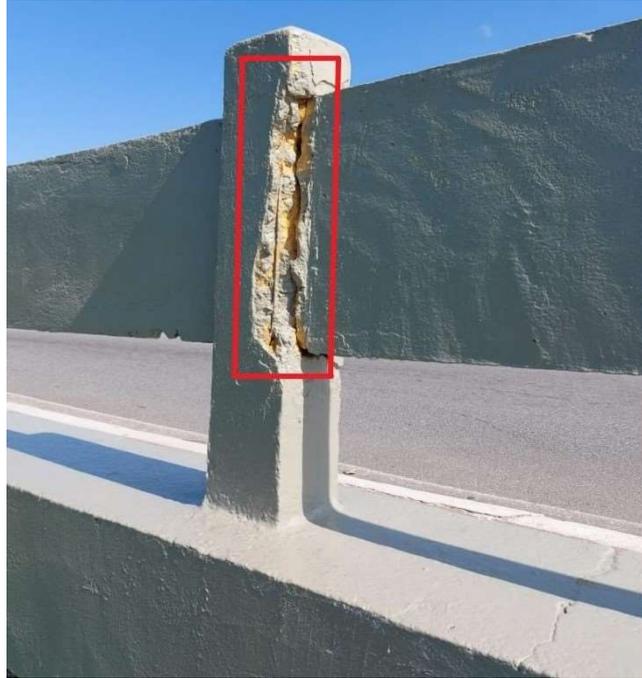
Figura 68 - Corrosão na face inferior da laje



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Guarda corpos: os guarda corpos apresentam pontos de deslocamento do concreto e armadura expostas, como observa-se nas Figuras 69 e 70. Sua estrutura foi pintada com tinta epóxi, na qual protege a mesma da ação de agentes agressivos do ambiente. Porém percebe-se que a realização da pintura foi feita em regiões na qual havia a necessidade de restauração antes da realização da pintura, o que não ocorreu, tornando-se em consequência uma manutenção inadequada do guarda corpo, tal qual condição pode ser observada na Figura 71.

Figura 69 - Deslocamento do concreto no montante do guarda corpo



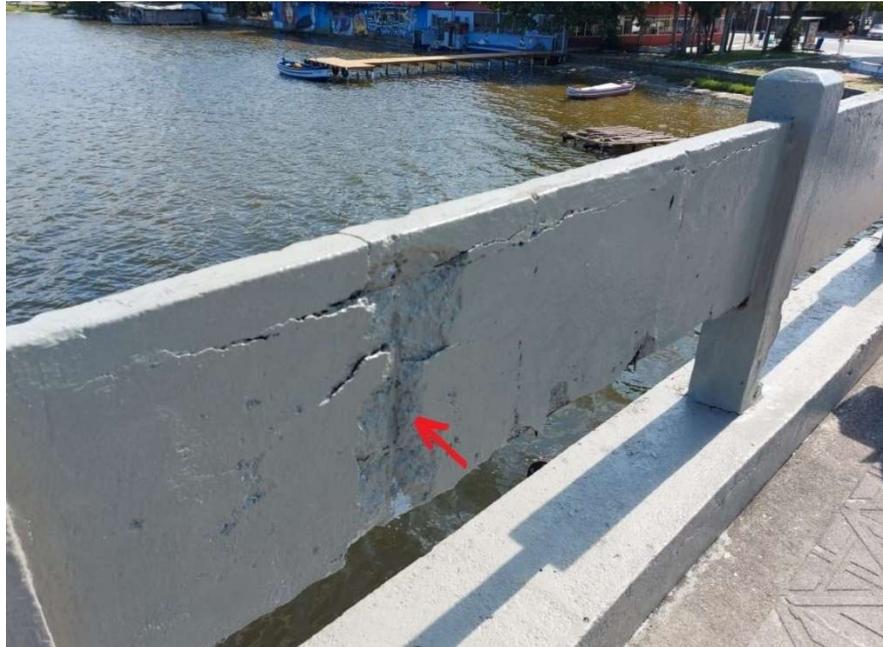
Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 70 - Deslocamento de concreto e armadura exposta



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 71- Manutenção inadequada do guarda corpo



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Pista de rolamento: a pista de rolamento, formada de pavimento flexível, apresentava-se em ótimo estado de conservação, possuindo boa aparência (Figura 72). Não foi visualizado juntas de dilatação ao longo da pista.

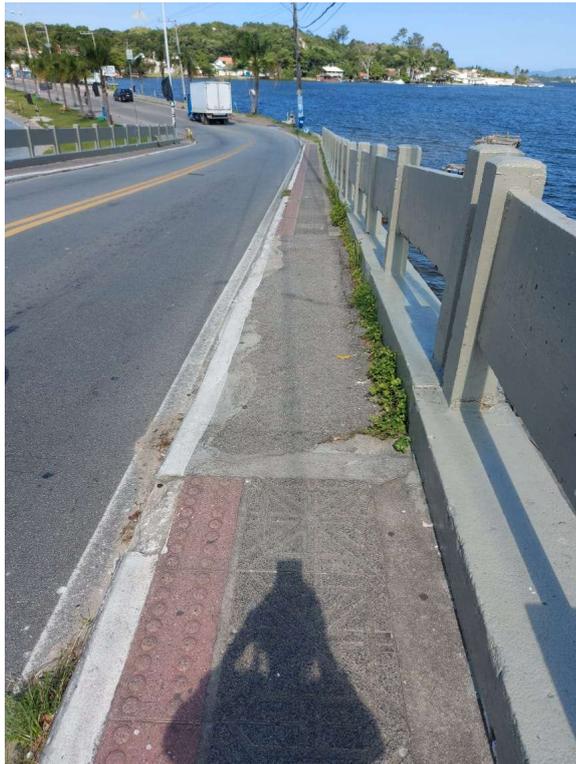
Figura 72 - Pavimento em bom estado de conservação



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Passeio: o passeio apresentava falhas generalizadas ao longo do seu comprimento, com a presença de vários ladrilhos hidráulicos quebrados. A Figura 73 evidencia a descontinuidade do ladrilho hidráulico e principalmente do piso tátil, causando riscos aos pedestres e deficientes visuais que utilizam a estrutura. Identificou-se a presença de ervas daninha crescendo ao longo do passeio.

Figura 73 - Irregularidades no passeio



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Drenagem: não foi identificada a presença de tubulações para a canalização da água no tabuleiro.

Cabeceira: a ponte possui as cabeceiras muito maiores que o tabuleiro, com cerca de 20m de cada lado da estrutura, sendo constituídos de aterro e contenção de pedra. A vistoria detectou algumas fendas na contenção de pedra, provavelmente ocorridas devido a acomodação da terra ao longo dos anos.

Sinalização: não foi identificada sinalização vertical na ponte. Na pista de rolamento havia a sinalização rodoviária horizontal composta por faixas amarelas contínuas. Observou-se a presença de sinalização de velocidade para a passagem de embarcações sob a estrutura.

Instalações públicas: a ponte apresentava uma tubulação metálica e outra tubulação de PVC, presas na lateral da estrutura. A tubulação metálica e os suportes que prendiam ela na

estrutura da ponte, apresentavam pontos de corrosão generalizados em sua superfície, como pode-se identificar nas Figuras 74 e 75.

A ponte apresentava iluminação pública constituída por postes localizados em um dos lados da pista.

Figura 74 - Tubulação metálica na lateral da ponte



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 75 - Corrosão da tubulação metálica e suportes



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

4.1.4 Ponte sobre o Canal da Barra

A ponte sobre o canal da barra da lagoa foi construída recentemente (Figura 76). De acordo com o Portal da Transparência de SC, sua execução foi feita pela BTN Construtora e teve data de início no dia 02 de julho de 2014 e a obra foi concluída em 02 de novembro de 2019 custando o valor de 4.181.384,39 de reais. A estrutura referida possui três vão de 13,5 m, 23 m e 13,5 m respectivamente. A OAE é feita em concreto armado e protendido, com extensão de 50 m (SANTA CATARINA, 2019).

A ponte está inserida em um ambiente predominantemente de água doce e salobra.

Figura 76 - Localização da ponte sobre o Canal da Barra



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Infraestrutura: sua fundação é do tipo indireta constituído por estacas. Não foi possível realizar a inspeção visual das mesmas. A ponte apresenta quatro blocos de coroamento, todos em ótimo estado de conservação. O piso de concreto construído em volta do bloco de coroamento apresentava-se quebrado e com fissuras, conforme verifica-se na Figura 77.

Figura 77 - Bloco de coroamento



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Mesoestrutura: os pilares desta ponte foram construídos o mais próximos da lateral do canal, deixando a parte central livre, com a finalidade de melhorar o fluxo hídrico e a passagem de navegações. A estrutura possui 8 pilares de geometria circular com aproximadamente 1 metro de diâmetro (Figura 78). Todos apresentavam bom estado de conservação. Além dos pilares foi observado a presença de duas grandes vigas que sustentavam a estrutura, uma em cada lado da ponte, ambas sem nenhuma manifestação patológica visível.

No teste de pacômetria obteve-se o resultado de 4 cm de cobrimento no pilar, como evidencia a Figura 79.

Figura 78 - Pilares circulares da ponte sobre o Canal da Barra



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 79 - Teste de pacômetria no pilar



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Os aparelhos de apoio da ponte eram de elastômero, mais conhecido como neoprene. Com o auxílio de uma trena, verificou-se que a espessura aproximada do aparelho era de 5 cm, como verifica-se na Figura 80. Os mesmos apresentavam-se centralizados no pilar, com a sua face superior e a face inferior totalmente em contato com a estrutura. Não foi constatado nenhuma falha ou patologia nos aparelhos de apoio.

Figura 80 - Aparelho de apoio



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Superestrutura: a ponte é constituída por doze (12) vigas longarinas longitudinais e quatro (04) vigas transversinas.

Nas vigas longarinas do centro, foi identificado pontos com fissuras e deslocamento de concreto devido a corrosão das armaduras, como nota-se na Figura 81.

O ensaio de pacômetria das vigas longarinas indicou a profundidade das armaduras a 2,3 cm (Figura 82)

Figura 81 - Corrosão das armaduras e deslocamento de concreto da viga longarina



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 82 - Ensaio de pacômetria das vigas longitudinais



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Na região central da laje foi visualizado manchas escurecidas de umidade e eflorescências em decorrência do processo de lixiviação, conforme Figura 83. Estas patologias identificadas expõem um provável problema de drenagem do tabuleiro.

Figura 83 - Patologias na laje



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Guarda corpos: os guarda corpos identificados na ponte são constituídos de módulos metálicos (Figura 84). Apesar dos guarda corpos metálicos apresentarem rápida degradação em ambientes agressivos, os identificados na ponte do Canal da Barra estavam em ótimo estado de conservação, sem nenhuma manifestação patológica visível.

Com o auxílio de uma trena foi possível identificar a altura do guarda corpo de aproximadamente 118 cm, conforme mostra a Figura 85.

Figura 84 - Guarda corpo metálico da ponte do Canal da Barra



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 85 - Medição do guarda corpo metálico



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Pista de rolamento: a pista de rolamento em pavimento flexível apresenta duas faixas com 3,50 m de largura e mais duas faixas de segurança de 0,50 m. Não foi identificado nenhum defeito visível nesta estrutura, aparentando estar em bom estado de conservação.

Barreiras: as barreiras da ponte eram do tipo pré-moldadas de perfil *New Jersey*. Não foi identificado nenhuma patologia ou sinais de choques com veículos nessa estrutura. Todas apresentavam bom estado de conservação.

Passeio: a ponte possui dois passeios de 1,50 m de largura em bom estado de conservação.

Drenagem: na vistoria da estrutura, observou-se a presença de tubulações de PVC, de diâmetro de aproximadamente 10 cm, na região inferior da laje. Essas tubulações iniciavam na pista, atravessavam a laje, e passavam entre os vãos das longarinas (Figura 86), canalizando a água recolhida da pista para o despejo no canal. Notou-se que a extremidade final da tubulação possuía um chanfro, servindo para direcionar melhor a queda de água. (Figura 87)

Figura 86 - Tubulação da drenagem



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

Figura 87 - Extremidade das tubulações de drenagem



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

O vão central da laje apresentava regiões com manchas de umidade e eflorescência, na qual evidenciou a ineficiência do sistema de drenagem naquele local.

Encontros: O encontro da ponte com a cabeceira acontece de forma suave, sem a manifestação de solavancos. A vistoria detectou uma trinca encontrada na parede do encontro, provavelmente gerada em razão da acomodação da terra. (Figura 88)

Figura 88 - Trinca no encontro



Fonte: Acervo das autoras, 2021

Aterro: observou-se a realização compactação de material argiloso e contenção do tipo gabião, nas proximidades do encontro da estrutura. (Figura 89)

Figura 89 - Contenção do tipo Gabião



Fonte: Acervo das autoras, 2021

Sinalização: a ponte apresenta placa de sinalização nominal e de extensão no início da cabeceira, conforme mostra a Figura 90. Na pista de rolamento havia a sinalização rodoviária horizontal composta por faixas amarelas contínuas. Sob a ponte havia placa de sinalização da marinha com aviso aos navegantes.

Figura 90 - Placa de sinalização



Fonte: Acervo das autoras, 2021

Instalações Públicas: a ponte não apresentava iluminação própria, porém havia a presença de postes de luz antes das cabeceiras. Verificou-se a presença de tubulação para a passagem de água presa na lateral da estrutura, como pode-se perceber na Figura 91.

Figura 91 - Instalações públicas



Fonte: Acervo das autoras, 2021.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Em razão das etapas de identificação das manifestações patológicas e fotos já terem sido apresentadas na seção 4.1 deste documento, nas classificações serão tratados o preenchimento das fichas, notas e critérios referentes as normas.

Foram avaliadas as estruturas visitadas, de acordo com os procedimentos de avaliação para inspeção rotineira.

As normas NBR 9452:2019 e DNIT 010/2004, apresentam procedimentos específicos a serem seguidos e tabelas com instruções para a avaliação através de notas atribuída a cada elemento componente da ponte, na qual já foi mencionada na seção 2.4, mas será lembrado a seguir.

A Norma 010 avalia a estrutura de acordo com o nível de danos nos componentes da ponte que possuem função estrutural, com base no Quadro 8:

Quadro 8 - Classificação da AOE segundo a Norma DNIT 010/2004

Nota de Classificação	DANOS NO ELEMENTO	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando algumas insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém ainda não há, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural	A recuperação da obra deve ser feita no curto prazo	Sofrível	Obra problemática
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte: O elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo risco tangível de colapso estrutural	A recuperação ou em alguns casos, substituição da obra, deve ser feita sem tardar	Precária	Obra Crítica

Fonte: DNIT (2004).

A nota final da ponte corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

A NBR 9452 estabelece para a inspeção rotineira a realização do cadastro das anomalias existentes, sugestão de terapias e a avaliação da estrutura de acordo com os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade dos elementos componentes da ponte (superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura), como visto no Quadro 9:

Quadro 9 - Classificação da AOE segundo a NBR 9452:2019

NOTA	CONDIÇÃO	CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL	CARACTERIZAÇÃO DE DURABILIDADE
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo	A OAE apresenta desconforto ao usuário, 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 a 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. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam 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 necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não	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

Fonte: ABNT (2019).

4.2.1 Classificação da ponte sobre o Rio Sangradouro de acordo com a Norma DNIT 010/2004

A Figura 92 mostra a ficha de inspeção proposta pela norma DNIT 010/2004 devidamente preenchida de acordo com as condições analisadas acerca da ponte sobre Rio Sangradouro.

Figura 92 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Sangradouro segundo a norma DNIT 010/2004

OAE Código: B <u>1</u> Nome: <u>Ponte do Rio Sangradouro</u> BR: <u>SC-406</u> km: UNIT: RES:			
Data: <u>26/04/2021</u> Inspeção: <u>Rotineira</u>			
COMENTÁRIOS GERAIS			
<p>a) Condições de estabilidade: <u>Estável</u></p> <p>b) Nível de vibração do tabuleiro: <u>Vibração normal de passagem de veículos</u></p> <p>c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas) necessária? <u>SIM</u> Urgente? <u>NÃO</u></p>			
<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #cccccc;">Nota Técnica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </table>		Nota Técnica	2
Nota Técnica			
2			
<p>Observações adicionais:</p> <p>A ponte apresenta algumas manifestações patológicas que requerem atenção e exige a intervenção a curto prazo. As vigas e a laje apresentaram armaduras expostas que inicialmente não apresentam riscos iminentes, mas a longo prazo, caso não seja feito a correção, pode comprometer a segurança da OAE.</p> <p>A ausência de pingadeiras e a insuficiência do sistema de drenagem estão causando problemas à estrutura, recomenda-se a correção destes itens para evitar a piora na condição da ponte.</p> <p>Os guarda corpos estão em péssimo estado de conservação, recomenda-se a troca a imediatamente.</p>			
1. LAJE			
<table border="1"> <tr> <td>NOTA TÉCNICA</td> <td>2</td> </tr> </table>		NOTA TÉCNICA	2
NOTA TÉCNICA	2		
	Local Quantidade		
Buracos (abertura) () Existe	() É iminente		
Armadura exposta (X) Muito Oxidada	() Grande incidência <u>Balanco lateral</u> <u>Poucos pontos</u>		
Concreto desagregado (X) Muita intensidade	() Grande incidência <u>Balanco lateral</u> <u>Poucos pontos</u>		
Fissuras (X) Muita intensidade	() Grande incidência <u>Balanco lateral</u> <u>Diversas</u>		
Marcas de infiltração (X) Forte infiltração	(X) Grande incidência <u>Balanco lateral</u> <u>Diversas</u>		
Aspecto de Concreto () Má qualidade			
Cobrimento (X) Ausente/Pouco			
2. VIGAMENTO PRINCIPAL			
<table border="1"> <tr> <td>NOTA TÉCNICA</td> <td>2</td> </tr> </table>		NOTA TÉCNICA	2
NOTA TÉCNICA	2		
	Local Quantidade		
Fissuras Finas (X) Algumas	() Grande incidência <u>vigas long./transv.</u> <u>Poucas</u>		
Trincas (>0,3mm) () Algumas	() Grande incidência		
Armadura Principal (X) Exposta	(X) Muito oxidada <u>Viga longitudinal</u> <u>Poucos Pontos</u>		
Desagreg. De Concreto (X) Muito intenso	() Grande incidência <u>Viga longitudinal</u> <u>Poucas</u>		
Dente Gerber () Quebrado	() Trincado		
Deformação(Flecha) () Exagerado			
Aspectos do Concreto () Má qualidade			
Cobrimento (X) Ausente/Pouco			
3. MESOESTRUTURA			
<table border="1"> <tr> <td>NOTA TÉCNICA</td> <td>4</td> </tr> </table>		NOTA TÉCNICA	4
NOTA TÉCNICA	4		
	Local Quantidade		
Armadura exposta () Muito Oxidada	() Grande incidência		
concreto desagregado () Muita intensidade	() Grande incidência		
Fissuras () Muita intensidade	() Grande incidência		
Aparelho de apoio () Danificado	() Grande incidência		
Aspectos do concreto () Má qualidade			
Cobrimento (X) Ausente/Pouco			
Desaprumo () Há			
Deslocabilidade dos pilares () Forte			
4. INFRAESTRUTURA			
<table border="1"> <tr> <td>NOTA TÉCNICA</td> <td>NA</td> </tr> </table>		NOTA TÉCNICA	NA
NOTA TÉCNICA	NA		
	Local Quantidade		
Recalque de fundação () Existe			
Deslocamento de fundação () Existe			
Erosão terreno Fundação () Existe			
Estacas Desenterradas () Existe			
5. PISTA/ACESSO			
<table border="1"> <tr> <td>NOTA TÉCNICA</td> <td>4</td> </tr> </table>		NOTA TÉCNICA	4
NOTA TÉCNICA	4		
	Local Quantidade		
Irregularidades pavimento () Muita intensidade	() Grande Extensão		
Juntas de dilatação (X) Faltando	() Muito problemática <u>Pista</u>		
Acesso X Ponte () Degrau acentuado	() Problemática		
Acidentes com veículos () Frequente	() Eventual		

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

A norma DNIT estabelece que a nota final da ponte corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural, em razão disto, chegou-se à conclusão de uma nota dois (02), em uma escala de um (01) a cinco (05).

De acordo com a classificação da norma, esta nota representa uma ponte com condições de estabilidade sofrível, classificada como obra problemática, porém apesar disto ela não aparenta um risco tangível de colapso da estrutura, recomendando-se apenas a manutenção a curto prazo.

A razão desta nota foi as armaduras expostas e degradação do concreto encontradas nas regiões da vigas e laje.

Recomenda-se a manutenção da estrutura a curto prazo.

4.2.2 Classificação da ponte sobre o Rio Sangradouro de acordo com a NBR 9452:2019

As notas estabelecidas para esta ponte foram dadas de acordo com as instruções da NBR 9452 (ABNT, 2019).

Para os parâmetros estruturais foi estabelecido a nota três (03), em razão das lajes e vigas apresentarem pontos com armadura exposta e deslocamento de concreto. Porém apesar desta condição, não verificou-se sinais de comprometimento de estabilidade da ponte.

Em relação aos parâmetros funcionais, a nota dois (02) foi concedida devido a estrutura dos guarda corpos da ponte estarem em péssimo estado de conservação, colocando em risco os usuários da OAE. Há deficiências no sistema de drenagem que estão causando a lixiviação do concreto. Estas condições requerem uma intervenção da estrutura a curto prazo.

Por fim, em relação aos parâmetros de durabilidade, a nota determinada foi dois (02), caracterizando uma condição ruim da estrutura, em razão da mesma apresentar diversas anomalias que estão reduzindo a sua vida útil, como por exemplo, a falta de pingadeiras e deficiência no sistema de drenagem que estão causando infiltração e corrosão das armaduras da laje.

A Figura 93 mostra a ficha de inspeção rotineira proposta pela NBR 9452 devidamente preenchida com o cadastro das anomalias existentes, sugestão de terapias e a avaliação dos parâmetros da ponte (ABNT, 2019).

Figura 93 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Sangradouro segundo a norma NBR 9452:2019

Inspeção rotineira (ano): 2021	OAE Código: 1
Jurisdição (Orgão, Concessão ou Outros): Outros	Data da inspeção: 26/04/2021
PARTE I - Informações gerais	
A - Identificação e localização	
Via ou município: Florianópolis	Sentido: Leste
Obra: Ponte sobre o Rio Sangradouro	Localização (km ou endereço): Rod. Jorn. Manoel de Menezes - SC 406
B - Histórico das inspeções	
Inicial: N/A	Última rotineira: N/A
Especial: 2008	
C - Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos: Há evidências de pintura dos guarda corpos	
Alargamento: N/A	
Reforços: N/A	
PARTE II - Registro das manifestações patológicas	
A - Elementos estruturais	
Superestrutura: Cobrimento insuficiente, deslocamento de concreto, fissuras, armadura exposta, infiltração e lixiviação.	
Mesoestrutura: Cobrimento insuficiente	
Infraestrutura: Não foi possível realizar a inspeção visual da infraestrutura	
Aparelhos de apoio: Presença de lixo em volta dos aparelhos de apoio	
Juntas de dilatação: Inexistente	
Encontros: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Outros elementos:	
B - Elementos da pista ou funcionais	
Pavimento: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Acostamento e refúgio: Inexistente	
Drenagem: Sistema de drenagem insuficiente	
Guarda-corpos: Armadura exposta, fissuras e deslocamento de concreto	
Barreiras rígidas/Defensas metálicas: Inexistente	
C - Outros elementos	
Taludes: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Iluminação: Inexistente	
Sinalização: Inexistente	
Gabaritos: De acordo com os padrões do DNIT para pontes projetadas de 1960 a 1975	
Proteção de pilares: Inexistente	
D - Informações complementares	
E - Recomendações de terapia	
1. LAVAÇÃO DA ESTRUTURA: Aplicação de jatos de água sob pressão.	
2. REMOÇÃO PROFUNDA DAS PARTES COM ARMADURA EXPOSTA E CONCRETO DESAGREGADO: I. Escoramento (quando necessário) II. Remoção do concreto contaminado com profundidade de 2cm do concreto situado por detrás das barras expostas. III. Limpeza das armaduras com escova de aço e jato de areia. IV. Se constatado redução de 15% ou mais da seção transversal da armadura, deve ser colocado uma armadura complementar no local. V. Passivação das armaduras com produtos anticorrosivos. VI. Contração de ponte de aderência. VII. Recomposição da seção da peça.	
3. TRATAMENTO DE FISSURAS INATIVAS: Alargar a fissura, em forma de V, e recompor a superfície, com argamassa de cimento e areia.	
4. Colocação de pingadeiras na lateral da laje	
5. Limpeza e adequação do sistema de drenagem	
6. Impermeabilização da estrutura	
7. Implantação de sinalização vertical	
8. Demolição dos guarda corpos deteriorados e construção de novos	
PARTE III - Classificação da OAE	
Estrutural: 3	Funcional: 2
Durabilidade: 2	

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

4.2.3 Classificação da ponte sobre o Rio Tavares de acordo com a Norma DNIT 010/2004

Com o preenchimento da ficha de inspeção da ponte sobre o Rio Tavares de acordo com a Norma DNIT 010/2004, chegou-se à conclusão de uma nota técnica dois (02) para esta estrutura. A Figura 94 mostra a ficha devidamente preenchida.

A estrutura se enquadra em uma obra problemática em razão de apresentar o visível recalque da fundação e a intensa vibração durante a passagem de veículos pesados. O baixo cobrimento e exposição da armadura em pontos das vigas e laje está causando o comprometimento dos elementos estruturais, que em longo prazo podem se agravar e gerar um risco tangível de colapso da estrutura, por estas razões recomenda-se a intervenção a curto prazo.

Figura 94 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Tavares segundo a norma DNIT 010/2004

OAE Código: <u>2</u>	Nome: <u>Ponte Rio Tavares</u>	BR: <u>SC-405</u>	km:	UNIT:	RES:		
Data: <u>26/04/2021</u>	Inspeção: <u>Rotineira</u>						
COMENTÁRIOS GERAIS							
a) Condições de estabilidade: <u>Estável</u> b) Nível de vibração do tabuleiro: <u>Alto nível de vibração durante a passagem de veículos pesados.</u> c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas) necessária? <u>SIM</u> Urgente? <u>NÃO</u>					<table border="1"> <tr> <td>Nota Técnica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 24px;">2</td> </tr> </table>	Nota Técnica	2
Nota Técnica							
2							
Observações adicionais:							
<p>A ponte apresenta armaduras expostas nas vigas e pontos de desagregação do concreto na laje, porem estas manifestações não aparentam estar causando riscos iminentes no momento mas requerem uma intervenção a curto prazo a fins de se evitar a piora dessas condições.</p> <p>A principal relevância é a ocorrência de um recalque de fundação causando trincas no pavimento e a vibração da estrutura, recomenda-se a intervenção a curto prazo.</p>							
1. LAJE							
		NOTA TÉCNICA	2	Local	Quantidade		
Buracos (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É iminente					
Armadura exposta	<input checked="" type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência		Balanco lateral			
Concreto desagregado	<input checked="" type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência		Balanco lateral	Pouco		
Fissuras	<input checked="" type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência		Balanco lateral	Algumas		
Marcas de infiltração	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade						
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco						
2. VIGAMENTO PRINCIPAL							
		NOTA TÉCNICA	2	Local	Quantidade		
Fissuras Finas	<input checked="" type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência		Viga lateral	Poucas		
Trincas (>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Armadura Principal	<input checked="" type="checkbox"/> Exposta	<input checked="" type="checkbox"/> Muito oxidada		Viga lateral	Poucos Pontos		
Desagreg. De Concreto	<input checked="" type="checkbox"/> Muito intenso	<input type="checkbox"/> Grande incidência		Viga lateral	Poucas		
Dente Gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado	<input type="checkbox"/> Trincado					
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerado						
Aspectos do Concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade						
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco						
3. MESOESTRUTURA							
		NOTA TÉCNICA	4	Local	Quantidade		
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Fissuras	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Aparelho de apoio	<input type="checkbox"/> Danificado	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade						
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco						
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há						
Deslocabilidade dos pilares	<input type="checkbox"/> Forte						
4. INFRAESTRUTURA							
		NOTA TÉCNICA	2	Local	Quantidade		
Recalque de fundação	<input checked="" type="checkbox"/> Existe						
Deslocamento de fundação	<input type="checkbox"/> Existe						
Erosão terreno Fundação	<input type="checkbox"/> Existe						
Estacas Desenterradas	<input type="checkbox"/> Existe						
5. PISTA/ACESSO							
		NOTA TÉCNICA	3	Local	Quantidade		
Irregularidades pavimento	<input checked="" type="checkbox"/> Muita intensidade	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Extensão		Perto das cabeceiras	muitas		
Juntas de dilatação	<input checked="" type="checkbox"/> Faltando	<input type="checkbox"/> Muito problemática					
Acesso X Ponte	<input type="checkbox"/> Degrau acentuado	<input type="checkbox"/> Problemática					
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Frequente	<input type="checkbox"/> Eventual					

4.2.4 Classificação da ponte sobre o Rio Tavares de acordo com a NBR 9452:2019

A estrutura avaliada de acordo com a NBR 9452, obteve nota dois (02) para os parâmetros estruturais em razão de apresentar pontos com baixo cobrimento, armaduras expostas e deslocamento de concreto, que a longo prazo, caso não haja uma intervenção, pode causar o colapso da estrutura (ABNT, 2019).

Com referência aos parâmetros funcionais a nota estabelecida também foi dois (02), pois o pavimento apresentou muitas trincas devido ao recalque da fundação, e a estrutura dos guarda corpos manifestava péssimo estado de conservação, trazendo riscos aos usuários da ponte.

Para os parâmetros de durabilidade a nota obtida foi dois (02), pelo motivo da existência de patologias moderadas e abundantes que estão comprometendo a vida útil da OAE, e a ineficiência do sistema de drenagem que está gerando infiltrações na estrutura.

A Figura 95 mostra a ficha de inspeção rotineira proposta pela NBR 9452 devidamente preenchida.

Figura 95 - Ficha de inspeção da ponte do Rio Tavares segundo a norma NBR 9452:2019

Inspeção rotineira (ano): 2021	OAE Código: 2
Jurisdição (Órgão, Concessão ou Outros): Outros	Data da inspeção: 26/04/2021
PARTE I - Informações gerais	
A - Identificação e localização	
Via ou município: Florianópolis	Sentido: Sul
Obra: Ponte sobre o Rio Tavares	Localização (km ou endereço): Rod. Francisco Magno Vieira - SC 405
B - Histórico das inspeções	
Inicial: N/A	Última rotineira: N/A
Especial: 2008	
C - Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos: N/A	
Alargamento: N/A	
Reforços: N/A	
PARTE II - Registro das manifestações patológicas	
A - Elementos estruturais	
Superestrutura: Cobrimento insuficiente, deslocamento de concreto, fissuras, armadura exposta, vegetação nascendo na estrutura, infiltração, corrosão por pites.	
Mesoestrutura: Cobrimento insuficiente	
Infraestrutura: Não foi possível realizar a inspeção visual da infraestrutura	
Aparelhos de apoio: Identificação de detritos e sujeira em volta do aparelho.	
Juntas de dilatação: Inexistente	
Encontros: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Outros elementos:	
B - Elementos da pista ou funcionais	
Pavimento: Trincas, fissuras e buracos	
Acostamento e refúgio: Inexistente	
Drenagem: Sistema de drenagem insuficiente	
Guarda-corpos: Armadura exposta, fissuras e deslocamento de concreto	
Barreiras rígidas/Defensas metálicas: Inexistente	
C - Outros elementos	
Taludes: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Iluminação: Não há ocorrência de manifestação patológica ou problemas relacionados a iluminação	
Sinalização: Ausência de placa de capacidade de carga	
Gabaritos: De acordo com os padrões do DNIT para pontes projetadas em 1960	
Proteção de pilares: Inexistente	
D - Informações complementares	
E - Recomendações de terapia	
1. LAVAÇÃO DA ESTRUTURA: Aplicação de jatos de água sob pressão.	
2. REMOÇÃO PROFUNDA DAS PARTES COM ARMADURA EXPOSTA E CONCRETO DESAGREGADO: I. Escoramento (quando necessário) II. Remoção do concreto contaminado com profundidade de 2cm do concreto situado por detrás das barras expostas. III. Limpeza das armaduras com escova de aço e jato de areia. IV. Se constatado redução de 15% ou mais da seção transversal da armadura, deve ser colocado uma armadura complementar no local. V. Passivação das armaduras com produtos anticorrosivos. VI. Contrução de ponte de aderência. VII. Recomposição da seção da peça.	
3. TRATAMENTO DE FISSURAS INATIVAS: Alargar a fissura, em forma de V, e recompor a superfície, com argamassa de cimento e areia.	
4. Estudo aprofundado para a identificação das causas do recalque	
5. Injeção de material de rápida reação e alta resistência no solo	
6. Limpeza do sistema de drenagem e adequação	
7. Impermeabilização da estrutura	
8. Implantação de sinalização vertical de capacidade de carga	
9. Demolição dos guarda corpos deteriorados e construção de novos	
PARTE III - Classificação da OAE	
Estrutural: 2	Funcional: 2
Durabilidade: 2	

4.2.5 Classificação da ponte da Lagoa da Conceição de acordo com a Norma DNIT 010/2004

A nota técnica geral concedida para a ponte da Lagoa da Conceição é dois (02). Esta nota representa condições de estabilidade classificada como sofrível, em razão da mesma apresentar danos que estão causando significativa insuficiência estrutural da ponte.

As causas responsáveis pela nota dois (02), são os generalizados pontos de armadura exposta e degradação do concreto encontrados nas vigas e laje da estrutura.

A Figura 96 mostra a ficha de inspeção preenchida de acordo com o proposto na norma DNIT 010/2004.

Figura 96 - Ficha de inspeção da ponte da Lagoa da Conceição segundo a norma DNIT

010/2004

OAE Código: <u>3</u>	Nome: <u>Ponte da Lagoa da Conceição</u>	BR: <u>SC-404</u>	km:	UNIT:	RES:		
Data: <u>26/04/2021</u>	Inspeção: <u>Rotineira</u>						
COMENTÁRIOS GERAIS							
a) Condições de estabilidade: <u>Estável</u> b) Nível de vibração do tabuleiro: <u>Vibração normal</u> c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas) necessária? <u>SIM</u> Urgente? <u>NÃO</u>					<table border="1"> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">Nota Técnica</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 24px;">2</td> </tr> </table>	Nota Técnica	2
Nota Técnica							
2							
Observações adicionais: As vigas da ponte apresentam trincas e fissuras generalizadas oriundas do processo de corrosão de armaduras. O cobrimento insuficiente deixa as armaduras sujeitas à presença de agentes deletérios presentes no ambiente agressivo da qual está inserida. A face inferior da laje apresenta diversos pontos com deslocamento de concreto e armadura exposta. Há ocorrência de possível degradação bioquímica do concreto nas regiões dos blocos de coroamento devido a presença de moluscos aderidos a estrutura.							
1. LAJE							
			NOTA TÉCNICA	2	Local		
			Quantidade				
Buracos (abertura)	() Existe	() É iminente					
Armadura exposta	(X) Muito Oxidada	(X) Grande incidência	<u>pontos generalizados</u>		<u>Diversas</u>		
Concreto desagregado	(X) Muita intensidade	(X) Grande incidência	<u>vão central da laje</u>		<u>alguns pontos</u>		
Fissuras	(X) Muita intensidade	(X) Grande incidência	<u>pontos generalizados</u>		<u>Diversas</u>		
Marcas de infiltração	(X) Forte infiltração	(X) Grande incidência	<u>pontos generalizados</u>		<u>Diversas</u>		
Aspecto de Concreto	(X) Má qualidade						
Cobrimento	(X) Ausente/Pouco						
2. VIGAMENTO PRINCIPAL							
			NOTA TÉCNICA	2	Local		
			Quantidade				
Fissuras Finas	(X) Algumas	(X) Grande incidência	<u>generalizado</u>		<u>Diversas</u>		
Trincas (>0,3mm)	() Algumas	() Grande incidência	<u>viga transversal</u>		<u>alguns pontos</u>		
Armadura Principal	(X) Exposta	(X) Muito oxidada	<u>generalizado</u>		<u>Diversas</u>		
Desagreg. De Concreto	(X) Muito intenso	(X) Grande incidência	<u>generalizado</u>		<u>Diversas</u>		
Dente Gerber	() Quebrado	() Trincado					
Deformação(Flecha)	() Exagerado						
Aspectos do Concreto	() Má qualidade						
Cobrimento	(X) Ausente/Pouco						
3. MESOESTRUTURA							
			NOTA TÉCNICA	4	Local		
			Quantidade				
Armadura exposta	() Muito Oxidada	() Grande incidência					
concreto desagregado	() Muita intensidade	() Grande incidência					
Fissuras	() Muita intensidade	() Grande incidência					
Aparelho de apoio	() Danificado	() Grande incidência					
Aspectos do concreto	() Má qualidade						
Cobrimento	() Ausente/Pouco						
Desaprumo	() Há						
Deslocabilidade dos pilares	() Forte						
4. INFRAESTRUTURA							
			NOTA TÉCNICA	4	Local		
			Quantidade				
Recalque de fundação	() Existe						
Deslocamento de fundação	() Existe						
Erosão terreno Fundação	() Existe						
Estacas Desenterradas	() Existe						
5. PISTA/ACESSO							
			NOTA TÉCNICA	4	Local		
			Quantidade				
Irregularidades pavimento	() Muita intensidade	() Grande Extensão					
Juntas de dilatação	(X) Faltando	() Muito problemática					
Acesso X Ponte	() Degrau acentuado	() Problemática					
Acidentes com veículos	() Frequente	() Eventual					

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021

A nota específica da mesoestrutura foi quatro (04), pelo motivo da ausência de aparelhos de apoio, que pode estar causando uma insuficiência estrutural na distribuição de cargas entre os elementos.

A infraestrutura também obteve nota individual de quatro (04) em razão dos blocos de coroamento apresentarem significativo grau de deterioração e moluscos incrustados na estrutura.

4.2.6 Classificação da ponte da Lagoa da Conceição de acordo com a NBR 9452:2019

De acordo com a classificação baseada na tabela 1 da NBR 9452, a ponte da lagoa da conceição obteve nota dois (02) para os parâmetros estruturais devido a presença de muitos pontos de armadura exposta nas vigas principais da estrutura, com deslocamento de concreto e fissuração, desencadeado pela formação de uma pilha de corrosão do aço. A laje apresenta corrosão generalizada (ABNT, 2019).

Os parâmetros funcionais também obtiveram nota dois (02) em virtude de apresentar guarda corpos com elevado grau de deterioração e passeios com diversas falhas ao longo do seu comprimento, trazendo riscos de segurança ao usuário.

Por fim, para os parâmetros de durabilidade a nota estabelecida foi dois (02), pela abundância de patologias no vigamento e laje da ponte, a ausência de drenos e aparelhos de apoio, que caracterizam um significativo grau de deterioração onde estão comprometendo a vida útil da estrutura, fazendo-se necessária a intervenção a curto prazo.

A seguir, a Figura 97 representa a ficha de inspeção preenchida de acordo com as instruções da NBR 9452 (ABNT, 2019).

Figura 97 - Ficha de inspeção da ponte da Lagoa da Conceição segundo a norma NBR 9452:2019

Inspeção rotineira (ano): 2021	OAE Código: 3
Jurisdição (Orgão, Concessão ou Outros): Outros	Data da inspeção: 26/04/2021
PARTE I - Informações gerais	
A - Identificação e localização	
Via ou município: Florianópolis	Sentido: Sul
Obra: Ponte da Lagoa da Conceição	Localização (km ou endereço): Avenida das Rendeiras - SC 404
B - Histórico das inspeções	
Inicial: N/A	Última rotineira: N/A
Especial: 2008	
C - Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos: Pintura de guarda corpos	
Alargamento: N/A	
Reforços: N/A	
PARTE II - Registro das manifestações patológicas	
A - Elementos estruturais	
Superestrutura: Vigas e laje apresentando muitas fissuras e deslocamento de concreto devido a corrosão das armaduras.	
Mesoestrutura: Fissuras, desagregação, deterioração bioquímica do concreto, erosão e cavitação.	
Infraestrutura: Presença de limo e moluscos nos blocos de coroamento, deslocamento e corrosão.	
Aparelhos de apoio: Inexistente	
Juntas de dilatação: Inexistente	
Encontros: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Outros elementos:	
B - Elementos da pista ou funcionais	
Pavimento: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Acostamento e refúgio: Inexistente	
Drenagem: Sistema de drenagem insuficiente/ ausência	
Guarda-corpos: Armadura exposta, fissuras e deslocamento de concreto	
Barreiras rígidas/Defensas metálicas: Inexistente	
C - Outros elementos	
Taludes: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura	
Iluminação: Não há ocorrência de manifestação patológica ou problemas relacionados a iluminação	
Sinalização: Ausência de placa de capacidade de carga	
Gabaritos: De acordo com os padrões do DNIT para pontes projetadas de 1960 a 1975	
Proteção de pilares: Formado por blocos sem manifestação patológica visível	
D - Informações complementares	
E - Recomendações de terapia	
1. LAVAÇÃO DA ESTRUTURA: Aplicação de jatos de água sob pressão.	
2. REMOÇÃO PROFUNDA DAS PARTES COM ARMADURA EXPOSTA E CONCRETO DESAGREGADO: I. Escoramento (quando necessário) II. Remoção do concreto contaminado com profundidade de 2cm do concreto situado por detrás das barras expostas. III. Limpeza das armaduras com escova de aço e jato de areia. IV. Se constatado redução de 15% ou mais da seção transversal da armadura, deve ser colocado uma armadura complementar no local. V. Passivação das armaduras com produtos anticorrosivos. VI. Contrução de ponte de aderência. VII. Recomposição da seção da peça.	
3. RECUPERAÇÃO DO PASSEIO: I. Retirada dos ladrilhos danificados. II. Regularização da superfície. III. Aplicação da argamassa de assentamento. IV. Assentamento dos novos ladrilhos e rejuntamento com nata de cimento. V. Limpeza e abertura ao tráfego.	
4. Monitoramento e mapeamento das trincas e fissuras	
5. TRATAMENTO DE FISSURAS INATIVAS: I. Alargar a fissura, em forma de V. II. Limpar a superfície com jateamento de água e ar. III. Preencher a fissura com selante plástico	
6. Impermeabilização da estrutura	
7. Implantação de sinalização vertical	
8. Demolição dos guarda corpos deteriorados e construção de novos	
PARTE III - Classificação da OAE	
Estrutural: 2	Funcional: 2
Durabilidade: 2	

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

4.2.7 Classificação da ponte da sobre o Canal da Barra de acordo com a Norma DNIT 010/2004

A menor nota estabelecida dentre os elementos com função estrutural da ponte sobre o Canal da Barra foi três (03), em razão disto, a nota geral da ponte corresponde a nota três (03).

Esta ponte apresenta de acordo com a Norma 010 uma condição boa porém potencialmente problemática, com alguns danos, mas sem comprometimento de estabilidade da obra (DNIT, 2004).

O razão desta nota foi a presença de alguns pontos de armadura exposta e corroída na longarina central da estrutura e a manifestação de eflorescência na laje.

Recomenda-se colocar os problemas encontrados em observação sistemática, prorrogando a intervenção.

A seguir, a Figura 98 representa a ficha de inspeção preenchida de acordo com as observações feitas acerca da estrutura.

Figura 98 - Ficha de inspeção da ponte sobre o Canal da Barra segundo a norma DNIT 010/2004

OAE Código: <u>4</u>	Nome: <u>Ponte Canal da Barra</u>	BR: <u>SC-406</u>	km:	UNIT:	RES:		
Data: <u>26/04/2021</u>	Inspeção: <u>Rotineira</u>						
COMENTÁRIOS GERAIS							
a) Condições de estabilidade: <u>Estável</u> b) Nível de vibração do tabuleiro: <u>Vibração normal de passagem de veículos</u> c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas) necessária? <u>SIM</u> Urgente? <u>NÃO</u>					<table border="1"> <tr><th>Nota Técnica</th></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td></tr> </table>	Nota Técnica	3
Nota Técnica							
3							
Observações adicionais:							
A ponte apresenta alguns pontos de eflorescência e umidade no vão central da laje. Algumas longarinas manifestaram poucos pontos com fissuras e armadura exposta corroída.							
1. LAJE							
		NOTA TÉCNICA	<u>4</u>	Local	Quantidade		
Buracos (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É iminente					
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Fissuras	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Marcas de infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Forte infiltração	<input type="checkbox"/> Grande incidência		<u>Vão central</u>	<u>Poucos pontos</u>		
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade						
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco						
2. VIGAMENTO PRINCIPAL							
		NOTA TÉCNICA	<u>3</u>	Local	Quantidade		
Fissuras Finas	<input checked="" type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência		<u>Vigas long. Centrais</u>	<u>Poucas</u>		
Trincas (>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Armadura Principal	<input checked="" type="checkbox"/> Exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada		<u>Vigas long. Centrais</u>	<u>Poucos Pontos</u>		
Desagreg. De Concreto	<input checked="" type="checkbox"/> Muito intenso	<input type="checkbox"/> Grande incidência		<u>Vigas long. Centrais</u>	<u>Poucas</u>		
Dente Gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado	<input type="checkbox"/> Trincado					
Deformação(Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerado						
Aspectos do Concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade						
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco						
3. MESOESTRUTURA							
		NOTA TÉCNICA	<u>5</u>	Local	Quantidade		
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Fissuras	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Aparelho de apoio	<input type="checkbox"/> Danificado	<input type="checkbox"/> Grande incidência					
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade						
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco						
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há						
Deslocabilidade dos pilares	<input type="checkbox"/> Forte						
4. INFRAESTRUTURA							
		NOTA TÉCNICA	<u>5</u>	Local	Quantidade		
Recalque de fundação	<input type="checkbox"/> Existe						
Deslocamento de fundação	<input type="checkbox"/> Existe						
Erosão terreno Fundação	<input type="checkbox"/> Existe						
Estacas Desenterradas	<input type="checkbox"/> Existe						
5. PISTA/ACESSO							
		NOTA TÉCNICA	<u>5</u>	Local	Quantidade		
Irregularidades pavimento	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Extensão					
Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/> Faltando	<input type="checkbox"/> Muito problemática					
Acesso X Ponte	<input type="checkbox"/> Degrau acentuado	<input type="checkbox"/> Problemática					
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Frequente	<input type="checkbox"/> Eventual					

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

4.2.8 Classificação da ponte da sobre o Canal da Barra de acordo com a NBR 9452:2019

Avaliando a ponte sobre o Canal da Barra de acordo com a tabela 1 da NBR 9452, determinou-se a nota três (03) para os parâmetros estruturais, por razão da existência de alguns pontos com armadura exposta e corroída nas vigas centrais e a aparente umidade e eflorescência na laje (ABNT, 2019).

Analisando os parâmetros funcionais a nota estabelecida foi cinco (05), pois a estrutura aparenta excelente qualidade, propondo segurança e conforto ao usuário.

Por fim, para os parâmetros de durabilidade a nota estabelecida foi quatro (04), devido a ponte apresentar poucas patologias evidentes, que podem comprometer a vida útil da estrutura.

A seguir, a Figura 99 representa a ficha de inspeção preenchida de acordo com as observações feitas sobre a ponte.

Figura 99 - Ficha de inspeção da ponte sobre o Canal da Barra segundo a norma NBR

9452:2019

Inspeção rotineira (ano): 2021		OAE Código: 4
Jurisdição (Orgão, Concessão ou Outros): Outros		Data da inspeção: 26/04/2021
PARTE I - Informações gerais		
A - Identificação e localização		
Via ou município: Florianópolis	Sentido: Sul	
Obra: Ponte do Canal da Barra	Localização (km ou endereço): Rod. Jorn. Manuel de Menezes SC- 406	
B - Histórico das inspeções		
Inicial: N/A	Última rotineira: N/A	
Especial: N/A		
C - Descrição das intervenções executadas ou em andamento		
Reparos: N/A		
Alargamento: N/A		
Reforços: N/A		
PARTE II - Registro das manifestações patológicas		
A - Elementos estruturais		
Superestrutura: Algumas vigas apresentaram armadura exposta e corroída. A laje esta manifestando alguns pontos de eflorescência.		
Mesoestrutura: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Infraestrutura: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Aparelhos de apoio: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Juntas de dilatação: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Encontros: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Outros elementos:		
B - Elementos da pista ou funcionais		
Pavimento: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Acostamento e refúgio: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Drenagem: Pontos de insuficiência		
Guarda-corpos: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Barreiras rígidas/Defensas metálicas: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
C - Outros elementos		
Taludes: Não há ocorrência de manifestação patológica nesta estrutura		
Iluminação: Não há ocorrência de manifestação patológica ou problemas relacionados a iluminação		
Sinalização: Não há problemas relacionados a sinalização		
Gabaritos: Dentro dos padrões		
Proteção de pilares: inexistente		
D - Informações complementares		
E - Recomendações de terapia		
1. LAVAÇÃO DA ESTRUTURA: Aplicação de jatos de água sob pressão.		
2. REMOÇÃO PROFUNDA DAS PARTES COM ARMADURA EXPOSTA E CONCRETO DESAGREGADO: I. Escoramento (quando necessário) II. Remoção do concreto contaminado com profundidade de 2cm do concreto situado por detrás das barras expostas. III. Limpeza das armaduras com escova de aço e jato de areia. IV. Se constatado redução de 15% ou mais da seção transversal da armadura, deve ser colocado uma armadura complementar no local. V. Passivação das armaduras com produtos anticorrosivos. VI. Contração de ponte de aderência. VII. Recomposição da seção da peça.		
3. Monitoramento e mapeamento das trincas e fissuras		
4. TRATAMENTO DE FISSURAS INATIVAS: I. Alargar a fissura, em forma de V. II. Limpar a superfície com jateamento de água e ar. III. Preecher a fissura com selante plástico		
5. Impermeabilização das longarinas		
PARTE III - Classificação da OAE		
Estrutural: 3	Funcional: 5	
Durabilidade: 4		

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS METODOS DA NORMA DNIT 010/2004 E A NBR 9452:2019

Os dois (02) métodos utilizados chegaram em resultados parecidos na avaliação das estruturas, porém a diferenciação entre a Norma 010 e a NBR 9452, em referente ao método de inspeção rotineira, está relacionada a forma como cada uma divide os elementos vistoriados (ABNT, 2019; DNIT, 2004).

A Norma 010 (DNIT, 2004) faz a subdivisão classificatória em cinco (05) elementos (laje, vigamento principal, mesoestrutura, infraestrutura, pista/ acesso), sendo que a nota geral da ponte é a menor nota recebida dentre os elementos de função estrutural. Já a NBR 9452 apresenta um critério de classificação mais específico sobre cada componente (ABNT, 2019). A classificação da NBR 9452 é dividida entre os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, estabelecendo-se uma nota para cada parâmetro, além disso, a ficha de inspeção rotineira é composta pelo registro das manifestações patológicas em cada estrutura e as recomendações de terapia do inspetor (ABNT, 2019).

As duas normas, tanto a Norma 010 quanto a NBR 9452, apresentam uma tabela com instruções para a atribuição das notas, na qual facilita o trabalho do inspetor e contribui para uma avaliação mais objetiva (ABNT, 2019; DNIT, 2004).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

A inspeção de OAEs tem como função avaliar as estruturas, promovendo a identificação de possíveis problemas e a elaboração de um programa de manutenções a fim de garantir, e até mesmo, prolongar a vida útil da estrutura, certificando sua segurança e funcionalidade.

Desenvolvido o estudo acerca da problemática de que tão importante quanto construir, é manter as OAEs e seus elementos constituintes, realizou-se a inspeção e a avaliação do estado de conservação de quatro (04) pontes no município de Florianópolis, considerando o método de inspeção das normas vigentes NBR 9452 e Norma 010, para fins de constatar o estado de preservação das pontes no município.

A partir da realização das inspeções, percebe-se que as pontes são estruturas mais susceptíveis a ação de agentes nocivos para o concreto, por estarem localizadas em ambiente com alta classe de agressividade ambiental, enfatizando a importância das manutenções periódicas.

Evidencia-se em todas as estruturas inspecionadas a presença de armaduras expostas e corroídas, lixiviação do concreto, carbonatação e fissuras oriundas da corrosão das armaduras.

Pode-se perceber a importância do bom funcionamento do sistema de drenagem e a presença de pingadeiras nas estruturas das OAEs, pois através da inspeção foi notória a ocorrência de diversas manifestações patológicas nos locais em que haviam insuficiência na drenagem de água da estrutura.

Os resultados da classificação do estado de conservação das OAEs, mostraram que todas as pontes analisadas neste trabalho, apresentaram condições insatisfatórias. Cabe destacar que o estado atual das pontes é consequência da escassez de políticas de gestão para o planejamento e manutenção de obras públicas na região.

A despeito das estruturas não apresentarem risco de colapso iminente, o método de classificação enquadrou as pontes, como obras que necessitam de intervenção a curto e médio prazo, identificando-as como obras problemáticas.

Apesar dos dois métodos de classificação utilizados neste trabalho, apresentarem resultados parecidos em relação a avaliação das pontes, reitera-se que a NBR 9452 possui um resultado mais criterioso sobre cada elemento vistoriado.

Com o propósito de ampliar o estudo e a pesquisa na área de inspeções de OAEs e análise das patologias dessas estruturas, sugere-se para a realização de trabalhos futuros, o mapeamento e estudos de reparos das manifestações patológicas encontradas nas estruturas,

com a finalidade de restabelecer as condições satisfatórias das OAEs. E também a realização de novas inspeções em outras pontes da cidade.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **ABNT NBR 12655**: concreto: preparo controle e recebimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.
- ABNT. **ABNT NBR 15575**: edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ABNT. **ABNT NBR 5739**: concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. Disponível em: <https://bityli.com/yrgrK>. Acesso em: 23 maio. 2021.
- ABNT. **ABNT NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ABNT. **ABNT NBR 7183**: projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ABNT. **ABNT NBR 7584**: concreto endurecido: avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão-método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ABNT. **ABNT NBR 7680**: concreto: extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ABNT. **ABNT NBR 9452**: inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ABNT. **ABNT NBR 9575**: impermeabilização e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ANDRADE, M. C. P. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini, 1992.
- BASTOS, H. C. N.; MIRANDA, M. Z. Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais. **Revista CONSTRUINDO**, Belo Horizonte, v. 9, p. 93-101, 2017. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/5026>. Acesso em: 13 mar. 2021.
- BOSCH. **Tecnologia para a vida**. 2017. Disponível em: <https://www.bosch-professional.com/br/pt/products/scanner-de-parede-d-tect-150-0601010005> Acesso em: 22 maio 2021.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.
- CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras de concreto**: inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: Pini, 1997.
- CAVALCANTE, G. H. F. **Pontes em concreto armado**: análise e dimensionamento. São paulo: Blücher, 2019.
- CHAIRMAN, A. G. D. **ACI 228.2R-98**: nondestructive test methods for evaluation of concrete in structures: Report ACI Committee 228. 2004. Disponível em: <https://bityli.com/iC57i>. Acesso em: 10 maio 2021.

CIMENTO MAUA. **Eflorescência na parede e no chão**: descubra como evitar. 2018. Disponível em: <https://cimentomaua.com.br/eflorescencia-descubra-como-evitar/>. Acesso em: 30 mar. 2021.

COÊLHO, R. S. A. **Concreto armado na prática**. São Luís: UEMA, 2008. Disponível em: <https://www.editorauema.uema.br/wpcontent/uploads/files/2018/02/livro-concreto-armado-na-pratica-ronaldo-sergio-1519142039.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.

DNIT. Ministério do transporte. **088/2006 – ES**: Dispositivos de segurança lateral: guarda-rodas, guarda-corpos e barreiras – Especificação de serviço. 2006. Disponível em: <https://bityli.com/t2NcE>. Acesso em: 15 mar. 2021.

DNIT. Ministério do transporte. **Norma DNIT 010/2004 PRO**: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento. 2004. Disponível em: <https://bityli.com/pj21g>. Acesso em: 15 mar. 2021.

EL DEBS, M.K.; TAKEYA, T. **Introdução às pontes de concreto**: texto provisório. São Carlos: EESC/USP, 2007. Disponível em: <https://www2.feb.unesp.br/pbastos/pontes/Apost.%20Pontes%20-%20Mounir-Takeya.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ESPINDOLA, G. M. **Avaliação do concreto estrutural de pilares**: utilizando ensaios não destrutivos em comparação com resultados do controle tecnológico. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2017.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

FERNANDES, A. V. B.; CORREIA, V. C. Uma introdução ao estudo das pontes em vigas. **Caderno de Graduação**: Ciências Exatas e Tecnológicas, Aracajú, v. 4, n. 1, p. 115-138, 2017. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/3972>. Acesso em: 18 mar. 2021.

FREITAS, M. **Pontes**: introdução geral: definições. São Paulo: EPUSP, 1978.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, A. P. **Investigando o concreto armado das empenas da FAUUSP**: teste de profundidade de carbonatação utilizando fenolftaleína. 2017. Disponível em: <https://bityli.com/Ht5cx>. Acesso em: 13 abr. 2021.

HELENE, P. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1992.

LEONHARDT, F. **Construções de concreto**: princípios básicos da construção de pontes de concreto. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

LOXXI. **Inspeção estrutural**. 2021. Disponível em: <https://loxxi.com.br/servicos/inspecao-estrutural/>. Acesso em: 22 maio 2021.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Blucher, 2008.

MEDEIROS, M. H. F.; ANDRADE, J. J. O.; HELENE, P. Durabilidade do concreto. *In*. ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: Ibracon: 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MITRE, M. P. **Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto**. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: https://phd.eng.br/wp-content/uploads/2017/04/Mestrado_MarcosMitre.pdf. Acesso em: 12 mar. 2021.

NEUMAN, W. L. **Social research methods: Qualitative and Quantitative Approaches**. 7. ed. [S. l.]: Pearson, 2014. Disponível em: http://letrunghieutvu.yolasite.com/resources/w-lawrence-neuman-social-research-methods_-qualitative-and-quantitative-approaches-pearson-education-limited-2013.pdf. Acesso em: 9 abr. 2021.

OLIVEIRA, I. L. Pênséis e estaiadas. **Notícias da construção: soluções inovadoras**. 2012. Disponível em: https://www.ipt.br/download.php?filename=722Revista_Noticias_da_Construcao_SindusCon_agosto_de_2012.pdf. Acesso em: 5 abr. 2021.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**. Rio de Janeiro: livros técnicos e científicos, 1979.

RAINHERI, A. Viadutos da BR-101 mostram sinais de falta de manutenção no Grande Recife. **JC**, 11 nov. 2018. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2018/11/11/viadutos-da-br-101-mostram-sinais-de-falta-de-manutencao-no-grande-recife-361524.php>. Acesso em: 22 maio 2021.

RODRIGUES, F. P. M. **Perícias e avaliações: esclerômetro**. 2021a. Disponível em: <http://www.peritos.eng.br/ferramentas/extrator-de-testemunhos/> Acesso em: 22 maio. 2021.

RODRIGUES, F. P. M. **Perícias e avaliações: extrator de testemunhos**. 2021b. Disponível em: <http://www.peritos.eng.br/ferramentas/extrator-de-testemunhos/> Acesso em: 22 maio 2021.

SANTA CATARINA. Portal da Transparência. **Detalhes contrato**. Disponível em: <http://www.transparencia.sc.gov.br/contratos/obras/87137>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SILVA, P. F. A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. São Paulo: Pini, 1995.

SILVA, T. J. Mecanismos de transporte de massa de concreto. *In*. ISAIA, G. C. (ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: Ibracon, 2011.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. *E-book*. Disponível em: <https://lucasmonteirosite.files.wordpress.com/2017/08/vicente-custc3b3dio-e-thomaz-ripper-patologia-recuperacao-e-reforco-de-estruturas-de-concreto.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **A História das pontes**. Curitiba: ITIT, [2018]. Disponível em: <https://bityli.com/ULxhC>. Acesso em: 03 mar. 2021.

VALENÇA, D. V. C. **Análise da deterioração do concreto por carbonatação natural com exposição às classes de agressividade ambiental marinha e respingos de maré.** 2016. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em:

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9129/1/CT_COECI_2016_2_9.pdf.

Acesso em: 22 maio 2021.

VERPA, D. Linhas tortas: levantamento da Prefeitura de Santos revela que 65 dos prédios da orla têm inclinação considerada grave, entre 0,5 e 1,8 metro, por causa do solo. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 7 jun. 2012. Disponível em:

<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/inde07062012.shl>. Acesso em: 2 abr. 2021.

VITÓRIO, A. Manutenção e gestão de obras de arte especiais. In: ENCONTRO NACIONAL DAS EMPRESAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CONSULTIVA, 7., 2005, Pernambuco. **Anais eletrônicos** [...]. Pernambuco: Enaenco, 2005. p. 2-24. Disponível em:

http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Manutencao_Gestao_Obras_Arte_Especiais.pdf.

Acesso em: 15 mar. 2021.

VITÓRIO, A. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão.** Recife: CREA-PE, 2002. Disponível em:

http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Rodoviaras_Fundamentos_Conservacao_Gestao.pdf. Acesso em: 3 abr. 2021.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.