

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

JUCÉLIA TOLENTINO GONÇALVES

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO EM PONTES E SUAS PRINCIPAIS
OCORRÊNCIAS PATOLÓGICAS**

Lages
2021

JUCÉLIA TOLENTINO GONÇALVES

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO EM PONTES E SUAS PRINCIPAIS
OCORRÊNCIAS PATOLÓGICAS**

TCC II apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte do requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Aldori Batista dos Anjos

Coordenador do Curso: Aldori Batista dos Anjos

Lages
2021

RESUMO

Este trabalho apresenta um levantamento bibliográfico sobre as principais manifestações patológicas em pontes e seus tipos de manutenção.

Obra-de-arte é como se denomina qualquer obra de uma estrada, tais como pontes; antigamente por serem construídas empiricamente por artistas dotados de muito bom senso e intuição de estática essas obras eram consideradas obras de arte.

Embora as pontes serem estruturas resistentes, sabemos que nenhuma estrutura, seja ela qual for, não dura eternamente, pontes sendo construídas cada vez mais compridas e com menos pilares de sustentação e mais esbeltas, devemos hoje no auge da tecnologia com a evolução das técnicas construtivas e cada vez mais exigente com a integração com o meio ambiente em que são construídas, ter conhecimento de novas técnicas construtivas e um estudo sobre patologias, independente de utilizar software e tecnologias e materiais de ótima qualidade, uma ponte pode com o tempo se deteriorar, prejudicando sua funcionalidade e eficiência estrutural, sujeitas a fatores químicos, físico e mecânicos. E para aumentar a vida útil das pontes, garantir a segurança e um bom funcionamento para as obras de arte, seria possível criar um curso voltado a manifestações patológico e um aperfeiçoamento para os inspetores das mesmas. Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise das principais manifestações patológicas por meio de inspeções visuais, e como estas patologias afetam sua estrutura, e entender suas origens e causas, assim como possíveis reparos.

Palavra Chave: Pontes; Estudo; Patologias

ABSTRACT

This work presents a bibliographical survey on the main pathological manifestations in bridges and their types of maintenance.

Work of art is how any work on a road is called, such as bridges; in the past because they were constructed empirically by artists with a lot of common sense and static intuition, these works were considered works of art.

Although bridges are resistant structures, we know that no structure, whatever it may be, does not last forever, bridges being built longer and longer with fewer supporting pillars and thinner, we must today at the height of technology with the evolution of construction techniques and increasingly demanding with the integration with the environment in which they are built, having knowledge of new construction techniques and a study of pathologies, regardless of using software and technologies and materials of great quality, a bridge can deteriorate over time, impairing its functionality and structural efficiency, subject to chemical, physical and mechanical factors. And to increase the useful life of bridges, ensure safety and proper functioning of works of art, it would be possible to create a course aimed at pathological manifestations and an improvement for their inspectors. This work aims to analyze the main pathological manifestations through visual inspections, and how these pathologies affect its structure, and understand their origins and causes, as well as possible repairs.

Keywords: Bridges; Study; Pathologies

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu grande Mestre, Senhor e Deus, que me sustenta e que mesmo em meio a dificuldades nunca me desamparou, ele foi o motivo de ter chegado até aqui.

Agradeço a minha filha Hadassa, pelo amor, compreensão e apoio incondicional, sempre com muita afabilidade e ternura me contentou com muitos elogios e mimos.

Ao pai de minha filha Fabiano Souza, pela sua contribuição e acima de tudo um grande amigo, sempre com uma palavra de incentivo.

Agradeço a meu pai que foi a minha inspiração, sou eternamente agradecida por me ensinar os seus valiosos conhecimentos.

Em especial Max por sua atenção sempre quando precisei, um homem muito gentil e atencioso.

Aos meus irmãos que amo muito.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST pela excelência da qualidade técnica de cada um.

Agradeço a meu professor e orientador Aldori pela dedicação por me indicar a direção correta que o trabalho deveria tomar.

Porquanto, aguardava alcançar a cidade que tem alicerces magníficos, da qual Deus é o arquiteto e edificador... porque considerou fidedigno Aquele que lhe havia feito a promessa.

HEBREUS 11:11

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão estrutural de uma ponte.....	17
Figura 2 – Ponte em arco.....	19
Figura 3 – Nomenclatura de ponte em arco.....	20
Figura 4 – cortina e alas laterais.....	20
Figura 5 - Cortina extrema, alas e placas de transição para o caso de pontes com extremidade em balanço.....	21
Figura 6 – Seção “T” para pontes em viga: (a) Longarina metálica; (b) Longarina pré-moldada.....	22
Figura 7 - Ponte em vigas.....	23
Figura 8 – Ponte treliçada modelo Warren.....	23
Figura 9 – Ponte em arco (ponte Chaotianmen).....	24
Figura 10 – Ponte suspensa por cabos (Ponte do saber).....	25
Figura 11 – Arranjo transversal e longitudinal dos cabos.....	25
Figura 12 – Ponte em laje.....	26
Figura 13 – seção transversal típica de uma ponte mista.....	28
Figura 14 – detalhes dos conectores Stud Bolt.....	28
Figura 15 – execução de tabuleiro misto com perfil “I” de alma cheia.....	28
Figura 16 – Origem dos problemas patológicos e edificações.....	30
Figura 17 – Esforços solicitantes excessivos.....	32
Figura 18– Vista diagramática da armadura corroída em concreto fissurado.....	34
Figura 19- Esforços produzidos que levam à fissuração e destacamento do concreto, devido à corrosão de armadura.....	35
Figura 20 – Tipologia da corrosão do aço. (A) vista superior, (B) vista lateral.....	36
Figura 21 – Face inferior da laje: Eflorescência.....	36
Figura 22 – Patologia nos encontros: Eflorescência em pare frontal.....	37
Figura 23 – Desagregação do concreto e corrosão das Armaduras.....	37
Figura 24 – Partes da ponte Princesa Isabel com Desagregação do concreto.....	37
Figura 25 – Carbonatação em concreto armado.....	38
Figura 26 – Carbonatação em concreto armado.....	39
Figura 27 – Segregação e nichos de concretagem causadas, principalmente, por falhas na execução do concreto.....	39
Figura 28 – Bolor e limo Fonte:.....	40
Figura 29 – Face inferior em balanço sem pingadeira: Degradação do concreto, perda de cobrimento e armadura exposta e corroída.....	41
Figura 30 – Natureza dos agentes de degradação.....	41
Figura 31 – Principais origens de patologias no Brasil.....	42
Figura 32 – Localização geográfica de Torres.....	52
Figura 33 – Ponte de concreto Anita Garibaldi sobre o Rio Mampituba.....	53
Figura 34 – Vista lateral esquerda da ponte de concreto Anita Garibaldi.....	54
Figura 35 – Vista superior do tabuleiro da ponte de concreto Anita Garibaldi.....	54
Figura 36 – Vista inferior do tabuleiro da ponte Anita Garibaldi.....	54
Figura 37 – Altura do guarda corpo.....	55
Figura 39 – Deterioração do guarda-corpo por corrosão.....	56
Figura 40 – Deformação do pavimento.....	56
Figura 41 – Manchas de umidade na laje em balanço e Rebites.....	57
Figura 42 – Fissura no guarda-rodas.....	57
Figura 43 – Vista inferior das lajes com Corrosão das transversinas metálicas.....	58
Figura 44 – Corrosão das longarinas metálicas.....	58

Figura 45 – Lixiviação em alguns pontos da laje.....	58
Figura 46 -Solapamento das fundações do encontro.....	59
Figura 47 – Erosão do solo pedregulhoso sob a fundação de um dos encontros.....	59
Figura 48 – Desagregação e armadura exposta na laje do passeio	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.....	46
Continuação da Tabela 1 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.....	47
Tabela 2 - Modelo de ficha de classificação da OAE	48
Tabela 3- Modelo de ficha de inspeção rotineira.....	48
Tabela 4- Ficha de Inspeção para avaliação do elemento laje	50
Tabela 5- Instruções para atribuição de notas de avaliação	51
Tabela 6- Modelo de ficha de classificação da OAE preenchida.....	60
Tabela 7- ficha de inspeção rotineira preenchida.....	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa.....	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.2 Conceitos gerais e definições das pontes.....	16
2.3 Principais elementos constituintes das pontes.....	16
2.3.1 Infraestruturas.....	17
2.3.3 Superestruturas.....	18
2.3.3.1 Tabuleiros.....	18
2.3.3.2 Aparelhos de apoio.....	18
2.3.3.2 Enrijamentos.....	19
2.3.3.4 Pendurais	19
2.3.3.5 Tímpanos.....	19
2.3.3.6 Cortinas e abas laterais	20
2.3.3.7 Juntas de dilatação	20
2.3.3.8 Dispositivos de proteção.....	21
2.3.3.9 Elementos de captação de drenagem.....	21
2.3.3.10 Placas de transição	21
2.4 Classificações das pontes	22
2.4.1 Quanto à finalidade.....	22
2.4.2 Quanto ao material	22
2.4.1 Quanto ao sistema estrutural	22
2.4.1.1 Ponte em vigas.....	22
2.4.3.2 Pontes Treliçadas.....	23
2.4.3.3 Pontes em Arco.....	24
2.4.3.4 Pontes suspensas por Cabos.....	24
2.4.3.5 Pontes em laje	25
2.4.3.6 Pontes em Viga de Alma cheia.....	26
2.4.3.7 Pontes em Vigas Caixaõ.....	26
2.4.3.8 Pontes em tabuleiro celular	26
2.4.3.9 Pontes em grelha.....	27
2.4.3.10 Pontes em pórticos	27
2.4.3.11 Pontes Mistas	27
2.4.4 Quanto ao tempo de utilização	28
2.4.5 Quanto a fixidez.....	29

3.	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES	29
3.1	Definição e Conceito de Patologias	29
3.2	Causas e origens das manifestações patológicas.....	30
3.3	Patologias estruturais comuns em pontes	31
3.3.1	Fissuras.....	31
3.3.1.1	Fissuras devido à flexão.....	31
3.3.1.2	Fissuras devido ao cisalhamento	31
3.3.1.3	Fissuras devido à torção.....	32
3.3.1.4	Fissuras devido à compressão	32
3.3.1.5	Fissuras devido à punção	32
3.3.2	Corrosão do Concreto	33
3.3.3	Corrosão de armadura.	34
3.3.4	Eflorescência.....	36
3.3.5	Desagregação.....	37
3.3.6	Carbonatação.....	38
3.3.7	Segregação	39
3.3.8	Bolor e Limo	39
3.3.9	Degradação	40
3.3.10	Erosão das Fundações.....	40
3.4	Principais causas das manifestações patológicas em pontes	41
3.4.1	Manifestações durante a concepção do projeto.....	42
3.4.2	Manifestações durante a execução.....	42
3.4.3	Manifestações durante a utilização	43
4.	METODOLOGIA DE INSPEÇÃO NBR-9452:2019.....	43
4.1	Inspeção Cadastral.....	43
4.2	Inspeção Rotineira	43
4.3	Inspeção Especial.....	44
4.4	Inspeção Extraordinária.....	44
5.	CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS PONTES	44
5.1	Parâmetros de Avaliação.....	44
5.1.1	Parâmetros Estruturais.....	44
5.1.2	Parâmetros funcionais.....	44
5.1.3	Parâmetros de durabilidade	45
5.2	Critérios de definição das notas de classificação.....	45
6.	NORMA DNIT 010/2004-PRO	49
6.1	Inspeção Cadastral	49
6.2	Inspeção Rotineira	49
6.3	Inspeção Extraordinária	50
6.4	Inspeção Especial.....	50
6.5	Inspeção Intermediária	50
7.	SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS	50

8.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	51
8.1	Área de estudo	52
8.2	Objeto de Estudo: Ponte de Concreto	53
9.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	53
9.1	Patologias encontradas na superestrutura	55
9.2	Patologias Encontradas na mesoestrutura	58
9.3	Aplicação da Metodologia ABNT NBR 9452-2019	60
9.4	Aplicação da metodologia segundo a Norma DNIT 010/2004	61
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
11.	CONCLUSÃO	63
12.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Marchetti (2008), são denominadas pontes as obras destinadas à transposição de obstáculos que uma via de comunicação qualquer pode possuir. Esses obstáculos podem ser rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, etc. Quando o obstáculo transposto for um rio denomina-se ponte, quando o obstáculo transposto for um vale ou outra via denomina-se viaduto.

A obra de arte em termos estruturais pode ser dividida em três partes: a superestrutura, que corresponde a laje e as vigas; a mesoestrutura, que são os pilares, aparelhos de apoio e encontros; e a infraestrutura, que representa a fundação.

Com o passar do tempo, intervenções técnicas para a manutenção de obras de qualquer calibre, sejam grandes, médias ou pequenas, vão ganhando importância e passou a ser uma grande preocupação à longo prazo, pois muitas vezes ficam no esquecimento, principalmente pontes de grande prestígio e úteis para uma sociedade, por mais resistentes que sejam, precisam de manutenções periódicas para garantir o bom funcionamento das mesmas.

Desta maneira, a maioria das manifestações patológicas poderia ser evitada se houvesse um melhor detalhamento de projeto, escolha apropriada dos materiais e correta execução da construção, assim como uma maior preocupação com a realização das intervenções de manutenção nos elementos que compõem as edificações (KLIMPEL e SANTOS, 2010).

Quando observamos grandes estruturas com patologias que parecem completamente abandonadas, pontes de grande importância para o deslocamento dos usuários, origens que podem ser causados por dois grandes motivos tais quais envelhecimento natural e falhas no processo de construção que poderiam ser corrigidas com um bom planejamento e técnicas de manutenção, para evitar o abandono dessas grandes estruturas e evitar uma catástrofe no futuro devido à falta de manutenção.

As patologias nas estruturas de concreto são evidenciadas por trincas, fissuras e corrosão de armações de vários tipos; as trincas e fissuras são comuns nas estruturas de concreto e são resultantes da fragilidade do concreto, material não resistente à tração e que segundo CORSINI (2010), as fissuras podem começar a surgir de forma passiva.

A manifestação de fissuras é indício de que a estrutura perde sua durabilidade e o nível de segurança, comprometendo sua utilização tanto na redução de sua vida útil quanto no prejuízo ao seu funcionamento e estética, podendo causar a corrosão da armadura, quando estas se encontram em ambiente agressivo (CARMONA FILHO, 2005).

MEHTA e BREMNER (1996) citam que a carência de uma visão holística é a principal responsável pelo grande índice de degradação que as estruturas estão apresentando. De acordo com os autores, os engenheiros responsáveis pelo projeto e construção das estruturas devem dar uma maior atenção aos casos de estruturas que estão apresentando algum processo de deterioração, pois as análises do desempenho das mesmas oferecem subsídios importantes para que se projete estruturas mais duráveis.

1.1 Justificativa

Desde os tempos antigos as primeiras pontes surgiram de forma natural e instintiva sendo muito importante para uma comunidade, pela necessidade de superar esses obstáculos eram utilizados materiais disponíveis na natureza criando assim uma estrutura com duração imprecisa e desprovida de instabilidade, causando insegurança e desconforto para seus usuários, pela falta de conhecimento as pontes se deterioravam em função do tempo, causando manifestações patológicas, processo natural pela qual não havia manutenção e um cuidado adequado, causado por inúmeras falhas na construção, desde deficiências no projeto até as escolhas erradas de materiais.

Começaram a construir pontes maiores e mais complexas, diminuindo o tempo de deslocamento e atenuando a distância entre cidades, gerando assim um desenvolvimento para a sociedade.

Portanto, desta forma houve a necessidade de não apenas construir novas construções, mas sim de ter conhecimento sobre as principais causas das manifestações patológicas e agentes de deterioração das estruturas já existentes, dando a devida importância e atenção tanto na preparação quanto na pós obra, evitando transtorno para a sociedade, pelo fato de que cada intervenção a ser feita, necessita ser interditada por completa ou parte dela, havendo deslocamento dos

usuários , este fato está intimamente ligado a segurança e bem estar das gerações atuais e futuras, garantindo que as pontes estejam em condições perfeitas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica e identificar as principais manifestações patológicas em pontes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conceituar e apresentar um breve histórico de pontes
- Estudar as manifestações patológicas que ocorre nas pontes
- Analisar a estrutura, os elementos e as manifestações patológicas
- Classificar os tipos de manutenção.
- Verificar as formas de manutenção em pontes;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Um breve histórico sobre as pontes

As pontes desde antigamente foram e ainda continuam sendo muito importante para a sociedade, elas servem para transpor obstáculo geográfico natural, sem que este seja obstruído, em que há muito tempo atrás era impossível a travessia, seja de pedestres, veículos, canalizações e outras funções.

As primeiras pontes teriam surgido de forma natural pela necessidade do homem ultrapassar rios ou terrenos com muitos acidentes geográficos ou algum lugar que esteja impedido de interligar um lugar a outro, eles utilizavam troncos, pedras e outros materiais que estavam disponíveis naquele tempo, para abrigo ou em busca de alimento.

É provável que as primeiras pontes utilizadas foram feitas de troncos de madeira, pedras e/ou cordas, sem método construtivo estabelecidos, apenas organizando manualmente os elementos no local, de forma a ser possível vencer o obstáculo desejado (LUCKO, 1999,p.8).

Das rusticas pontes de madeira ou outros materiais disponíveis em que eram construídas as pontes pelos homens pré-histórico, às belíssimas estruturas que vemos hoje, podemos comparar estas estruturas e suas técnicas construtivas e seu

devido cuidado quanto a sua execução e manutenção se torna cada vez mais importante para uma estrutura mais resistente.

Segundo Lucko (1999,p.8), existem algumas pontes que podem ser consideradas pré-históricas , as chamadas “Cappler bridges”, que são pedras empilhadas e posicionadas em um rio , a fim de se estabelecer um caminho para transpô-lo.

Há indícios da construção das pontes em arco desde 4000 a.C. na Mesopotâmia e Egito e, mais tarde, na Pérsia (cerca de 500 a.C.). A estrutura mais antiga construída pelo homem e que chegou aos nossos dias foi a ponte de pedra, feita em arco no rio Meles, na região de Esmirna, na Turquia, construída no século IX a.C. (UFPR 1999).

Segundo PINHO et al, as mais antigas pontes de pedra foram construídas em Roma empregando a técnica de arcos aprendida com os etruscos.

2.2 Conceitos gerais e definições das pontes

A norma brasileira NBR 7188(2013) – apresenta as seguintes definições para pontes: Uma estrutura sujeita a ação de carga em movimento, com posicionamento variável (chamada carga móvel), utilizada para transpor um obstáculo natural (rio, córrego, vale, etc.).

O DNIT 010/2004 conceitua ponte desta forma:

Estrutura inclusive apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros. Ficam incluídos nesta definição viadutos, passagens superiores e passagens inferiores (DNIT – NORMA 010/2004 – PRO, p.3).

2.3 Principais elementos constituintes das pontes

As pontes em geral são compostas dos seguintes elementos

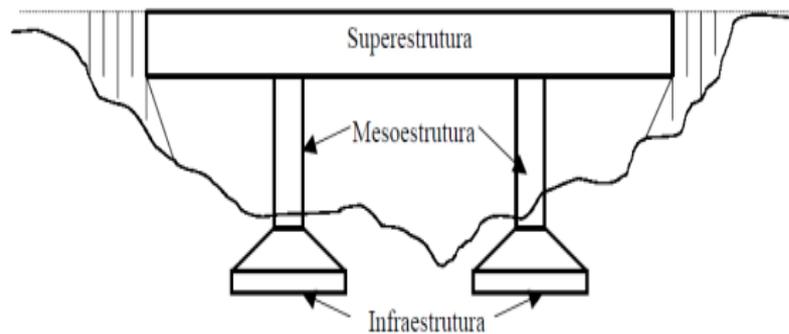
- Infraestrutura
- Mesoestrutura
- Superestrutura

2.3.1 Infraestruturas

Segundo Mendes (2017), a infraestrutura é constituída das fundações e de blocos que podem ser profundas ou rasas.

A NBR 6122/2014- Projeto e execução de fundações, as fundações rasas podem ser de blocos, sapatas ou radiers. Os blocos têm altura mais considerável, pois não usam armaduras na base para auxiliar na resistência aos esforços aplicados sobre ele e atuam apenas por compressão; as sapatas são mais esbeltas do que os blocos, pois tem além do concreto, armaduras para resistir a flexão imposta sobre ela; e os radiers, são a associação de vários pilares transferindo seus esforços para uma sapata única.

Figura 1 – Divisão estrutural de uma ponte



Fonte – Mattos (2001, pg 18)

Já as sapatas profundas são usadas quando os esforços repassados são elevados ou o solo no qual vão ser apoiados, tem uma resistência menor do que a necessária em baixas profundidades (MENDES, 2017).

A mesoestrutura faz a transferência das cargas da superestrutura para as fundações. Os elementos que fazem esta função são os pilares, que são os elementos lineares, normalmente na vertical e que estão sujeitos a principalmente forças de compressão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ,2004).

A função da mesoestrutura é a de transferir as cargas da superestrutura, e a sua própria carga, às fundações, diretas ou profundas. Ha dois elementos básicos na mesoestrutura: encontros e pilares. Os encontros se existentes, são os elementos que suportam as extremidades das pontes, ao mesmo tempo que arrimam os acessos rodoviários; os pilares, isolados, maciços ou porticados, são os apoios intermediários.

2.3.3 Superestruturas

Segundo Vitório (2002) a superestrutura, também conhecida como tabuleiro da ponte, tem a função de vencer o vão entre os pontos a serem ligados e recebe diretamente as cargas do tráfego e as repassa para a mesoestrutura. A superestrutura é dividida em longarinas, transversinas e laje. O autor também define as transversinas, ou vigas transversais, ajudam na distribuição das cargas do tabuleiro para as longarinas, e também atua na prevenção dos efeitos do vento na estrutura.

A Superestrutura pode genericamente ser constituída pelos seguintes elementos:

- Tabuleiro;
- Aparelho de apoio;
- Enrijamentos;
- Pendurais;
- Tímpanos;
- Cortinas e abas laterais;
- Juntas de dilatação;
- Dispositivos de proteção;
- Placas de transição;
- Elementos de captação e drenagem.

2.3.3.1 Tabuleiros

Segundo Gorges (2015) O tabuleiro é constituído pelo conjunto de elementos que recebem diretamente as cargas de utilização da ponte (cargas moveis).

2.3.3.2 Aparelhos de apoio

Os aparelhos de apoio vinculam a superestrutura à mesoestrutura, localizando e conduzindo com precisão as reações. Podem ser fixos, móveis, elásticos (Gorges 2015).

O autor ainda cita que enquanto nos aparelhos fixos permitem somente a rotação da estrutura em torno do eixo do apoio, os aparelhos móveis, além da rotação, permitem também deslocamentos horizontais. Estes aparelhos podem ser metálicos ou de concreto armado.

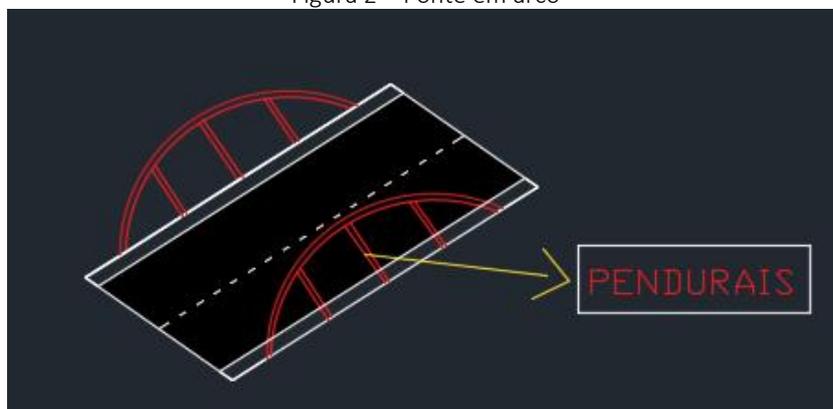
2.3.3.2 Enrijamentos

De acordo com Gorges (2015) São elementos que conferem rigidez à ponte, para que a mesma possa funcionar e resistir como um todo, isto é, tridimensional ou globalmente. Esta rigidez é obtida por meio de ligação entre diversos elementos resistentes, e que se constituem basicamente dos contraventamentos que são elementos de ligação que enrijecem transversalmente as pontes, tornando-as capazes de resistir aos esforços transversais, principalmente o vento, e o travejamentos visa principalmente resistir às ações que se desenvolvem longitudinalmente nas pontes: frenagem, aceleração, empuxos, etc. São mais comuns nas pontes metálicas e de madeira, geralmente não existindo nas de concreto armado, graças ao monolitismo natural da estrutura.(Gorges, 2015).

2.3.3.4 Pendurais

São elementos que segundo Gorges (2015) são estruturais que trabalham em tração e que se apresentam nas pontes em arco com tabuleiro inferior ou intermediário, e nas pontes penséis e estaiadas.

Figura 2 – Ponte em arco



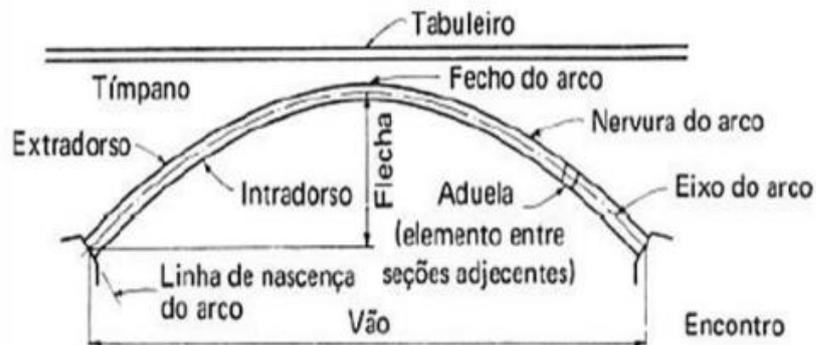
Fonte: O autor

2.3.3.5 Tímpanos

O tímpano, espaço entre o arco e o tabuleiro, pode ser preenchido ou vazado. Quando este for vazado, a transmissão de cargas do tabuleiro para o arco se dá por meio de colunas (pilares) dispostas entre os dois elementos (O'CONNOR,1976, p.440). As pontes em arco com tímpanos cheios "(...)são apropriadas para vãos de 20 a 40 m, (...)", conforme, Leonhardt (1979, p.33). No caso de tímpanos cheios a

distribuição das cargas sobre a nervura é uniforme. Isso favorece o uso de arcos contínuos (O'CONNOR,1976, p441).

Figura 3 – Nomenclatura de ponte em arco



Fonte: O'CONNOR, 1976

2.3.3.6 Cortinas e abas laterais

De acordo com Gorges (2015), as cortinas, munidas ou não de abas (ou alas) laterais, são elementos estruturais transversais colocados nas extremidades das pontes sem encontros. Sua finalidade, além do enrijamento transversal que proporciona (funcionando como transversina), é a retenção parcial dos aterros de acesso.

Figura 4 – cortina e alas laterais



Fonte: Prof. Wilson Gorges

2.3.3.7 Juntas de dilatação

Segundo Pfeil (1983), as juntas de dilatação de uma estrutura são aberturas que permitem a sua movimentação e evitam a transmissão de esforços indesejáveis, principalmente por efeito da temperatura.

De acordo com DNIT 010/2004 as juntas de dilatação devem ser cuidadosamente inspecionadas, anotando-se seu tipo, sua integridade e capacidade de vedação e se está funcionando livremente.

2.3.3.8 Dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção, para veículos e pedestres, são os seguintes:

- Barreiras de concreto
- Guarda-rodas
- Defensas metálicas
- Guarda-corpos

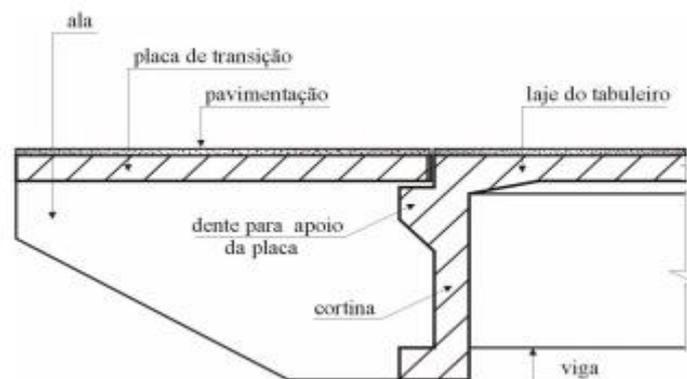
2.3.3.9 Elementos de captação de drenagem

Os elementos de drenagem têm a função de escoar a água da chuva que cai sobre o tabuleiro.

2.3.3.10 Placas de transição

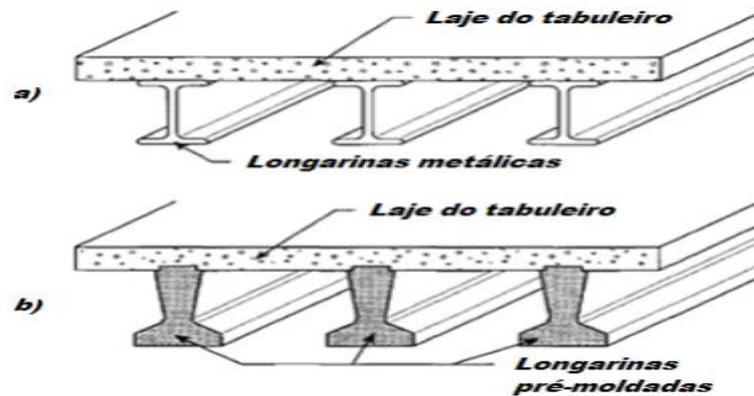
As placas de transição são lajes de concreto armado apoiadas em um dente de estrutura (na cortina ou no encontro) e no próprio terrapleno. Tem espessura não menor que 25 cm e comprimento igual a 4,0 m. Sua função é a de amenizar a diferença de nível entre o aterro e o tabuleiro da ponte, provocadas por recalques do primeiro (Vitório, 2002).

Figura 5 - Cortina extrema, alas e placas de transição para o caso de pontes com extremidade em balanço



Fonte: Afonso Vitório; fundamentos, conservação e gestão 2002.

Figura 6 – Seção “T” para pontes em viga: (a) Longarina metálica; (b) Longarina pré-moldada



Fonte: adaptado de 'O'Brien e Keogh

2.4 Classificações das pontes

As pontes podem ser classificadas de acordo com Pfiel (1983), os mais comuns são quanto à finalidade, quanto ao material de que são construídas, quanto ao tipo de estrutura, quanto ao tempo de utilização, quanto à fixidez ou mobilidade do estrado (tabuleiro) e etc.

2.4.1 Quanto à finalidade

Para Pfiel (1983), quanto a finalidade, as pontes podem ser classificadas como rodoviária, ferroviária, passarela e destinada a tubulações.

2.4.2 Quanto ao material

Segundo Vitório (2002), quanto aos materiais empregados, as pontes podem ser classificadas como pontes de concreto (armado, e/ou protendido), pontes metálicas, pontes mistas (aço/concreto, aço/madeira, etc.), pontes de pedra, pontes de madeira, entre outras.

2.4.1 Quanto ao sistema estrutural

2.4.1.1 Ponte em vigas

O tabuleiro é constituído por duas ou mais vigas longitudinais (vigas principais ou longarinas) e vigas transversais (transversinas). Podem ter seção constante ou variável. Neste tipo de estrutura a pista de rolamento se encontra em uma laje superior.

Figura 7 - Ponte em vigas



Fonte: disponível em <[engeponte.com.br/pontes em vigas](http://engeponte.com.br/pontes-em-vigas)>

2.4.3.2 Pontes Treliçadas

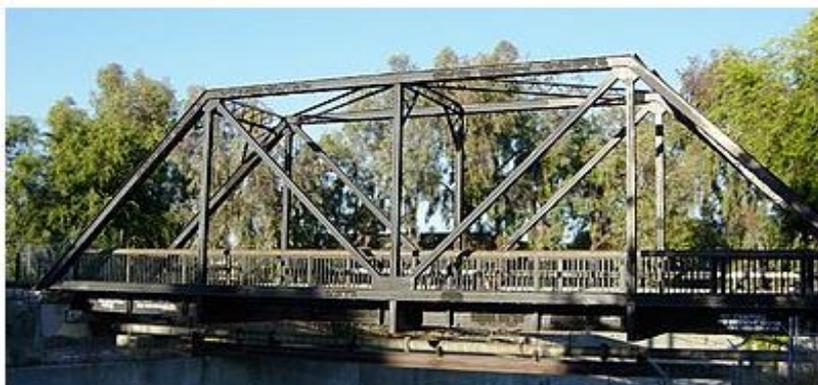
Segundo PINHO (2017), treliça pode ser descrita como um conjunto de triângulos formados por peças retas e articuladas entre si. Quando adequadamente projetada, com proporções normais, uma treliça tem as seguintes características:

- a) Os eixos de todos os elementos são retos e concorrentes nos nós ou juntas;
- b) A treliça propriamente dita é carregada somente nos nós.

O sistema de treliça tem duas grandes vantagens: a primeira é a dos elementos só serem por cargas axiais, a segunda permitir alturas maiores com menor peso e redução de flecha.

A desvantagem econômica segundo (PINHO, 2007), das pontes em treliça é o custo maior de fabricação, pintura e manutenção, e as vezes o fator estético, pelo cruzamento visual dos elementos.

Figura 8 – Ponte treliçada modelo Warren



Fonte – disponível em <rltengenharia.blogspot.com>

2.4.3.3 Pontes em Arco

Este tipo de ponte é o mais antigo, as pontes em arco mais antiga que se tem notícia foram construídas pelos romanos por volta de 100 a.C. (PINHO 2007)

Estas estruturas, devido à sua configuração geométrica, permitem o uso de concreto simples em pontes de grandes vãos. Isto acontece quando o eixo do arco é projetado segundo as linhas de pressão devido à carga permanente, tirando proveito, desta maneira, da boa resistência a compressão do concreto. (PINHO 2007).

Figura 9 – Ponte em arco (ponte Chaotianmen)



Fonte: disponível em:<gigantesdomundo.blogspot.com>

2.4.3.4 Pontes suspensas por Cabos

Neste tipo de ponte os tabuleiros são contínuos e são sustentados por cabos atirantados, podendo ser pênséis ou estaiadas. (PINHO 2007)

Nas pontes pênséis os cabos são ligados à dois outros cabos maiores que, por sua vez, ligam-se às torres de sustentação. A transferência das principais cargas as torres e as ancoragens em forma de pendurais são feitas simplesmente por esforços de tração. Os cabos maiores comprimem as torres de sustentação, que transferem os esforços de compressão para as fundações. Neste tipo de ponte, quando sujeita a grandes cargas de vento, o tabuleiro apresenta grandes deslocamentos, por esta razão, exige-se que o mesmo seja projetado com grande rigidez à torção para minimizar este efeito. (PINHO 2007)

As pontes estaiadas diferem das pênséis na forma com que os cabos são conectados às torres. Neste caso, os cabos são ancorados diretamente as torres de sustentação. Seu sistema estrutural consiste em um vigamento, com grande rigidez a torção, que se apoia nos encontros e nas torres de ancoragem e de um sistema de cabos retos esticados, denominados estais partindo dos acessos do vigamento,

passando sobre uma ou duas torres de ancoragem e dirigindo-se ao vão central para ancora-lo e suspende-lo (PINHO 2007).

Segundo Torneri (2002), pontes estaiadas possibilitam diversas concepções e aplicações de soluções arrojadas, otimizando o comportamento da estrutura através de variáveis como: disposição dos estais, vinculações, seções transversais, materiais e métodos construtivos.

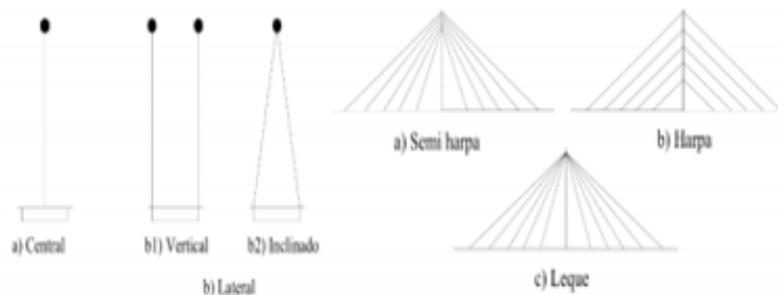
Segundo Mattos (2001), as torres deste tipo de ponte podem ser projetadas com grande esbeltes porque os estais transmitem apenas pequenas forças provenientes do vento e contribuem em muito para a segurança contra a flambagem.

Figura 10 – Ponte suspensa por cabos (Ponte do saber)



Fonte: disponível em <pt.wikipedia.org/wiki>

Figura 11 – Arranjo transversal e longitudinal dos cabos



Fonte: ITZA, 2009

2.4.3.5 Pontes em laje

São pontes utilizadas, geralmente, para pequenos vãos (da ordem de 15m, no máximo). São estruturas cujos tabuleiros são constituídos apenas por lajes, sem qualquer tipo de viga.

Quando os vãos são muito grandes, o peso próprio é muito alto e costuma-se adotar a solução da seção transversal em laje alveolada, onde os vazios podem ser

conseguidos com fôrmas perdidas, através de tubos ou perfilados retangulares de compressão ou de plástico (LIMA, 2011).

Segundo Takeia (2007) um dos tipos construtivamente mais simples de superestrutura de pontes é a que utiliza como estrutura principal a laje maciça, de concreto armado ou de concreto protendido. Confunde-se a estrutura principal e o tabuleiro numa única peça, de grande simplicidade de execução, quer quanto às formas e às armaduras, que quanto à concretagem.

Figura 12 – Ponte em laje



Fonte: disponível em <ledurpre moldados.com.br/site/obras-finalizadas>

2.4.3.6 Pontes em Viga de Alma cheia

As pontes em viga de alma cheia possuem um sistema de vigas que suportam o tabuleiro. As vigas principais são denominadas longarinas e as vigas destinadas a aumentar a rigidez da estrutura são transversinas (LIMA, 2011).

2.4.3.7 Pontes em Vigas Caixaão

As vigas caixaão são formadas por duas ou mais almas e por uma mesa inferior única, além da mesa superior. Ao contrário das pontes em viga de alma cheia, neste tipo de estrutura não é necessário utilizar transversinas intermediárias, já que este tipo de estrutura confere grande rigidez à torção ao sistema (LIMA 2011).

2.4.3.8 Pontes em tabuleiro celular

São estruturas formadas por duas lajes, uma superior e a outro inferior, interligadas por vigas. Sua principal vantagem é a grande rigidez à torção, sendo indicada para pontes sobre pilares isolados e pontes curvas.

2.4.3.9 Pontes em grelha

Denomina-se ponte em grelha o sistema estrutural constituído por três ou mais vigas longitudinais, com transversinas intermediárias e de apoio. Esse sistema consegue distribuir os carregamentos de forma regular entre as vigas.

2.4.3.10 Pontes em pórticos

De acordo com PINHO (2007), neste tipo de ponte a mesoestrutura é solidarizada monoliticamente, não sendo necessário, portanto, aparelhos de apoio nos pilares e reduzindo o comprimento de flambagem dos mesmos. Neste tipo de pontes, as vigas e os tabuleiros são contínuos às estruturas, ou seja, os pórticos são formados pela ligação das vigas com paredes de encontros ou pilares. Os únicos elementos estruturais são as vigas e o pilar, que permitem a transferência de momento fletor entre os elementos.

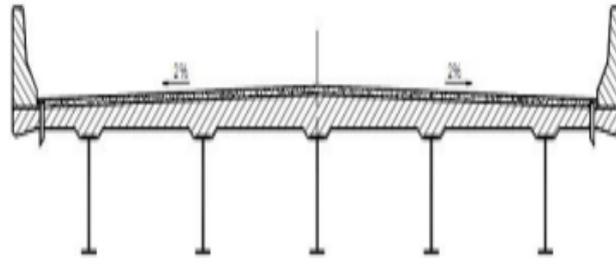
2.4.3.11 Pontes Mistas

Segundo VITÓRIO as pontes cujos tabuleiros utilizam esse sistema estrutural são denominadas pontes mistas, que caracterizam-se pela junção de vigas metálicas com uma laje de concreto na aba superior por meio de conectores metálicos de cisalhamento.

Existem diversos tipos de conectores, porém os mais utilizados são os pinos tipo Stud e os perfis laminados tipo “U”.

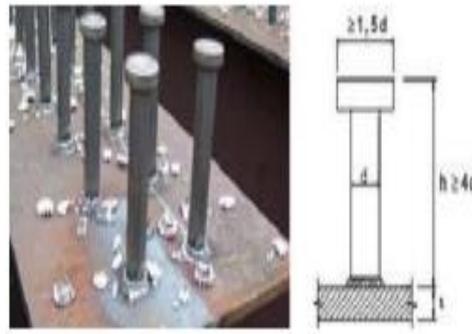
Esses tipos de pontes são utilizados economicamente para vãos entre 20 m e 50 m a figura 13 mostra a seção transversal de uma ponte mista típica com tabuleiro em grelha com quatro vigas de perfis “I” de alma cheia solidarizadas a uma laje de concreto. Na figura 14 estão indicados os tipos de conectores mais utilizados (Stud Bolts) para a junção entre os perfis e a laje do tabuleiro. Na figura 15 está ilustrada a fase de montagem de um tabuleiro em vigas mistas com perfis “I” de alma cheia.

Figura 13 – seção transversal típica de uma ponte mista



Fonte: DNIT, 2004

Figura 14 – detalhes dos conectores Stud Bolt



Fonte: DE NARDIN et al.2005

Figura 15 – execução de tabuleiro misto com perfil "I" de alma cheia



Fonte: FERRAZ, 2009

2.4.4 Quanto ao tempo de utilização

Marchetti (2008) aponta que o tempo de uso da estrutura pode ser permanente, em que a ponte é construída em caráter definitivo, até que a vida útil da sua estrutura for atingida, ou que haja mudança no traçado necessário. Já as pontes provisórias

são construídas para uso em um espaço de tempo limitado, como por exemplo um desvio de tráfego ou até mesmo em casos emergenciais.

2.4.5 Quanto a fixidez

Segundo Marchetti (2008) a fixidez ou mobilidade do tabuleiro de uma ponte depende da necessidade do local onde será alocada a obra. Quando o tabuleiro da ponte deve ser construído em um greide que não respeite a necessidade do gabarito de navegação do local, pode-se optar por mover o tabuleiro, seja totalmente ou apenas seu vão livre. Se esta movimentação é apenas de translação, ela pode ser corrediça, quando o movimento é horizontal; e levadiça, quando o movimento é vertical. No caso de a movimentação do tabuleiro ser rotativo, pode-se ter uma ponte basculante, se o giro é vertical; ou giratória, quando o giro é horizontal (MARCHETTI, 2008).

3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES

3.1 Definição e Conceito de Patologias

A patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo de anomalias e alterações anatômicas e funcionais de uma construção.

Para SOUZA e RIPPER. Patologia das estruturas define-se como “ campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas “.

Segundo Lichtenstein (1985), estes problemas podem apresentar- -se de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparo evidente, ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada.

Cavet (2010), a verificação precisa e o controle de manifestações patológicas são de fundamental importância para garantir a vida útil para que as OAE's foram projetadas.

De acordo com Nazario e Zancan: Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da medicina que estuda as doenças. A palavra patologia tem origem grega de “phatos” que significa sofrimento, doença, e de “logia” que é a ciência, estudo. Então,

conforme os dicionários existentes pode-se definir a palavra patologia como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças (NAZARIO E ZANCAN, 2011, p.01)

Os Engenheiros Civis fizeram algumas comparações do corpo humano com as estruturas de uma edificação e concluíram que essa correlação tinha total sentido. Enquanto médicos estudam doenças nos seres humanos, engenheiros estudam os danos ocorridos em edificações (SILVA, 2011).

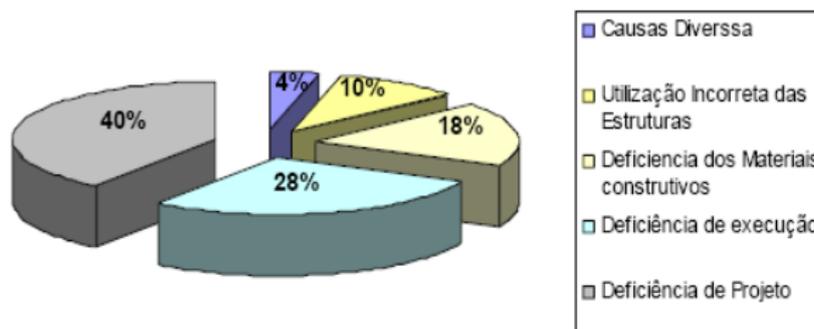
3.2 Causas e origens das manifestações patológicas

Não se deve confundir a origem dos problemas patológicos com suas potenciais causas, sendo a causa o fator, ou fatores, que venham a provocar de forma direta ou indireta um ou mais problemas patológicos. A origem se caracteriza na etapa, ou etapas, do processo construtivo onde ocorreram erros, ou falhas, que originaram os problemas patológicos posteriores (Revista Científica ANAP Brasil, 2019).

As causas de ocorrências dos fenômenos patológicos podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade de profissionais e usuários que optam pela utilização de materiais fora das especificações ou não realizam a manutenção correta da estrutura, muitas vezes por razões econômicas, dentre outras. (RIPPER; SOUZA, 1998).

Conforme MACHADO (2002), as origens dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso da obra por ordem crescente de incidência são: causas diversas 4%, utilização incorreta das estruturas 10%, deficiência dos materiais construtivos 18%, deficiência de execução 28%, deficiência do projeto 40%, observado na figura.

Figura 16 – Origem dos problemas patológicos e edificações



Fonte: Machado (2002)

Helene (1992) diz que uma grande parte das manifestações patológicas tem origem nas etapas de planejamento e projeto e as falhas provenientes de tais etapas são, em geral, mais graves que as originárias de outras etapas, como a etapa de execução, ou nos materiais empregados.

Os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil, processo este que pode ser dividido, em três etapas básicas: concepção (planejamento / projeto / materiais), execução e utilização (SOUZA e RIPPER, 1998).

3.3 Patologias estruturais comuns em pontes

3.3.1 Fissuras

3.3.1.1 Fissuras devido à flexão

Segundo Thomaz (1989), Em estruturas de concreto armado os elementos que serão submetidos a um efeito de flexão geralmente são dimensionados prevendo-se uma fissuração, que ocorre na área tracionada a peça, assim procurando estabelecer uma limitação a esta fissuração para um aspecto estético ou de deformação e longevidade da estrutura.

Em vigas, a fissuração acontece em um certo ponto, quando a tensão principal de tração atinge o valor de resistência de tração. Em lajes, as fissuras são definidas linhas de ruptura, onde o aço obtém o escoamento, e o desenvolvimento da linha depende do valor de carga atuante, das circunstâncias dos apoios quanto ao seu lado e do seu tipo, da direção e seção transversal da armadura, (Thomaz, 1989).

3.3.1.2 Fissuras devido ao cisalhamento

As fissuras de cisalhamento, quando não originadas por flexão, podem ocorrer frequentemente nos pontos de força cortante máxima, podendo se iniciar na alma da viga, desenvolvendo-se ao longo da peça até a armadura, chegando até ao ponto de ser aplicada a carga, podendo-se dividir a viga em duas partes. As fissuras por cisalhamento podem então acontecer devido ao excesso de carga, a escassez de armadura ou pela colocação incorreta da mesma. (MOLIN, 1988)

3.3.1.3 Fissuras devido à torção

A fissuração nesse caso ocorre em elementos estruturais, quando a peça sofre uma rotação na sua seção transversal, formando deformações com capacidades maiores do que a peça suporta. São fissuras inclinadas, podendo aparecer em toda a face livre da peça, mas sendo mais comum nas laterais. (MARCELLI, 2007).

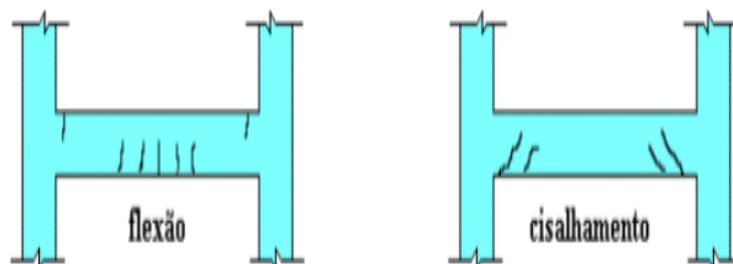
3.3.1.4 Fissuras devido à compressão

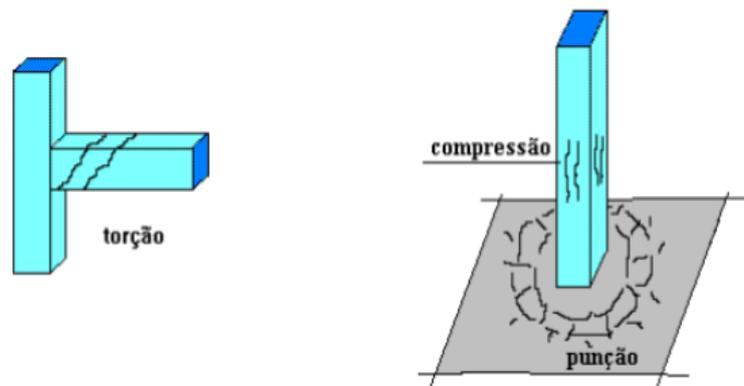
As fissuras a esforços de compressão devem ser cuidadosamente analisadas e corrigidas, pois o concreto é responsável pela maior parte da absorção de compressão; sendo assim, quando ocorre uma fissuração desse tipo, é provável que a estrutura possa colapsar, pois pode ter perdido a capacidade de resistir às cargas atuantes, sobrecarregando os elementos vizinhos e levando à fissuração dos mesmos. (GONÇALVES, 2015).

3.3.1.5 Fissuras devido à punção

Fissuras causadas por esforços de punção estão geralmente ligadas a elementos estruturais que recebem esforços centralizados, e em elementos diretamente ligados uns aos outros, como lajes apoiadas diretamente em pilares. A falta de resistência ao concreto, a quantidade superior de carga atuante, espessura da laje e armadura inadequada dos elementos, são as causas mais prováveis para este tipo de fissuração (MARCELLI, 2007).

Figura 17 – Esforços solicitantes excessivos





Fonte: Prof. Marcelo Candido – Patologia e recuperação de obras 2016-1

Segundo CARMONA FILHO (2013), um aspecto interessante a ser analisado na questão da fissuração é a evolução histórica dos materiais e da forma de projetar as estruturas. Ao mesmo tempo em que a tecnologia avança no sentido de restringir a fissuração, por meio do estado granulométricos agregados, diminuição dos teores de água, utilização correta dos vários tipos de cimento disponíveis, aditivos e adições, enfim, de toda a composição dos traços, em contrapartida as estruturas ficam cada vez mais arrojadas devido à evolução técnica dos materiais, exigências de maiores vãos e espaços urbanos mais limitados.

Contribui para o arrojo das estruturas modernas as novas metodologias de cálculo estrutural, tanto no conhecimento dos esforços por métodos computacionais sofisticados como também do conhecimento dos estados de trabalho das peças em estado de serviço último (CARMONA FILHO (2013)).

3.3.2 Corrosão do Concreto

Para Helene (1986), a corrosão é definida como a interação destrutiva de um material com o ambiente, o qual pode ocorrer por reação química ou eletroquímica, ou seja, são dois processos que podem sofrer as armaduras de aço em concreto armado, a oxidação e a corrosão.

Para CASCUDO (1997) a corrosão pode ser definida como a interação destrutiva ou a interação que implique inutilização para uso, de um material com o ambiente, seja por reação química ou eletroquímica.

Corrosão segundo Helene (1993), pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de degradação.

3.3.3 Corrosão de armadura.

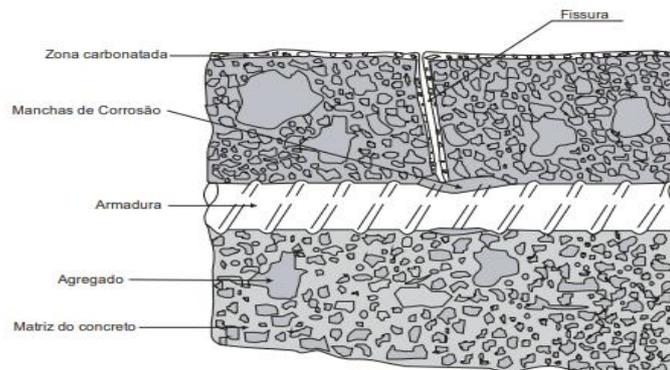
Helene (1993) no caso de armadura em concreto, os efeitos degenerativos manifestam-se na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução e eventual perda de aderência das armaduras principais, ou seja, deteriorações que levam a um comprometimento da segurança estrutural.

Ainda o autor fala que as armaduras inseridas nos componentes estruturais de concreto estão, em princípio, protegidas e passivadas contra corrosão. Esta proteção é proporcionada pelo concreto de cobrimento que forma uma barreira física ao ingresso de agentes externos e principalmente por uma proteção química conferida pela alta alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto.

Helene (1992) As principais causas da ocorrência da corrosão da armadura são: má execução das peças estruturais, concreto com resistência inadequada, a permeabilidade do concreto devido à alta relação água/cimento e dosagem inadequada ou inexistente e presença de cloretos.

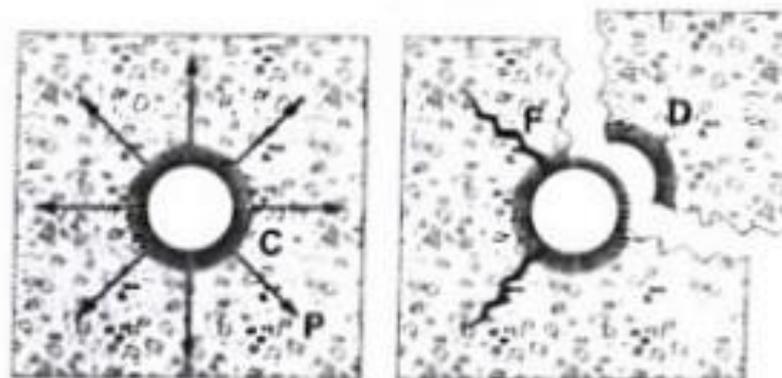
Pereira (2017) A corrosão pode causar a diminuição da seção de armadura e provocar a fissuração do concreto. Essas fissuras ocorrem em direção paralela a armadura e são classificadas como fissuras ativas progressivas, pois tem aberturas que vão aumentando com o decorrer do processo corrosivo, podendo provocar o destacamento do concreto, como mostra a figura 18.

Figura 18– Vista diagramática da armadura corroída em concreto fissurado



Fonte: DNIT

Figura 19- Esforços produzidos que levam à fissuração e descolamento do concreto, devido à corrosão de armadura



C- produto de corrosão

F- fissura

P- esforços radiais

D- descolamento do concreto

Fonte: Pereira, 2017

Segundo Fusco (2008), Através da difusão da camada de recobrimento, ocorre a penetração do oxigênio proveniente do meio ambiente, o qual chega até o metal e provoca a corrosão caso a película passivadora esteja rompida, dentro da massa do concreto as armaduras de aço estão protegidas da corrosão pelo fenômeno de passivação do aço. Assim, a água existente nos poros do concreto atingiria valores de pH superiores a 12,5 e devido a alcalinidade que ocorre nesse ambiente, há formação de uma película passivadora que é uma camada microscópica impermeável de óxido de ferro que se forma na superfície das barras de aço, impedindo a dissolução dos íons de ferro (Fe^{++}), tornando impossível a corrosão das armaduras.

Ainda conforme o autor, a corrosão das armaduras dentro do concreto somente poderá ocorrer caso seja destruída a película passivadora, sendo que as causas para isso estariam relacionadas a redução do pH, abaixo de 9, por efeito da carbonatação da camada de cobertura da armadura, presença de íons cloreto (Cl^-) ou de poluição atmosférica acima de um valor crítico e lixiviação do concreto na presença de fluxos de água que percolem através de sua massa.

De acordo com Araújo (2014), com desenvolvimento do processo de corrosão das armaduras, pode aparecer manchas e fissuras na superfície do concreto. Através do aumento da espessura de cobertura de concreto, com a redução do fator água/cimento e com emprego de revestimentos, se consegue aumentar a vida útil de projeto, retardando as chegadas das frentes de cloreto responsáveis pela corrosão.

Conforme Perdrix (1992), para que os metais encontrados na natureza possam ser utilizados com adequada resistência e funcionalidade necessitam passar por um

processo denominado de redução química, no qual os óxidos são expulsos resultando no metal puro. O processo inverso à redução é denominado de oxidação, onde o metal tende a associar-se novamente com óxidos, entrando em um estado natural ou de baixa energia.

Figura 20 – Tipologia da corrosão do aço. (A) vista superior, (B) vista lateral



Fonte: Pedrix (1992, p.19)

3.3.4 Eflorescência

O contato da água corrente de baixa dureza com a pasta de cimento tende a hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio, como o hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, atingindo o equilíbrio químico e lixiviando tais compostos presentes no concreto. Este tipo de água provém de chuvas, infiltrações e umidade (GENTIL, 1996)

Além da perda de resistência, a lixiviação do hidróxido de cálcio do concreto pode ser considerada indesejável por razões estéticas. Frequentemente, o produto lixiviado interage com CO_2 , presente no ar e forma uma crosta esbranquiçada de carbonato de cálcio na superfície. O fenômeno conhecido por eflorescência (Mehta e Monteiro, 2008).

Figura 21 – Face inferior da laje: Eflorescência



Fonte: DNIT

Figura 22 – Patologia nos encontros: Eflorescência em pare frontal



Fonte: DNIT

3.3.5 Desagregação

Segundo o manual (DNIT 2010), Desagregação é um fenômeno que se inicia na superfície dos elementos de concreto com uma mudança de coloração e indica a existência de ataque químico; na desagregação do concreto o cimento vai perdendo seu aglomerante, ficando, conseqüentemente, os agregados livres da união que a pasta lhes proporciona.

Figura 23 – Desagregação do concreto e corrosão das Armaduras



Fonte: DNIT

Figura 24 – Partes da ponte Princesa Isabel com Desagregação do concreto



Fonte: Catarina Pinheiro

3.3.6 Carbonatação

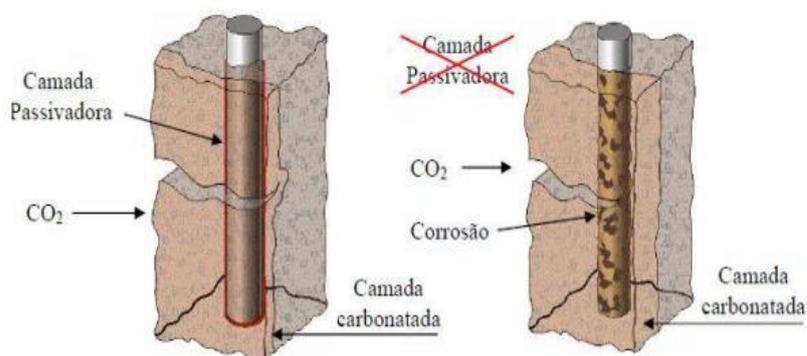
Conforme evidencia Ribeiro (2014), o ácido carbônico (H_2CO_3) formado através de reação química do gás carbônico com água, embora seja um ácido fraco, ocasiona a carbonatação do concreto, o qual é responsável pela deterioração desse material.

Além da ação agressiva inevitável do meio ambiente no qual a estrutura está localizada, diversas falhas humanas contribuem para a ocorrência de patologias de natureza corrosiva, tanto na parte do projeto quanto na parte executiva. Espessura de cobertura insuficiente, especificações inadequadas do concreto e de seus constituintes, falhas de execução, ausência de manutenção inspeção periódica são algumas dessas falhas (BICZOK, 1972; EL HASSAN et al., 2010)

A corrosão progressiva ocorre em regiões onde não há concreto de boa qualidade ou não há um revestimento adequado da armadura. Isso faz com que os produtos resultantes da reação de corrosão ocupem volumes de 3 a 10 vezes superior ao volume ocupado antes da reação, podendo assim gerar tensões internas consideráveis (HELENE, 1986).

Segundo Souza e Ripper (2009), o problema da carbonatação é quando ela atravessa a camada de revestimento e atinge a armadura, fazendo com que o filme óxido desta seja quebrado e assim, se inicie o processo de corrosão.

Figura 25 – Carbonatação em concreto armado



Fonte: TULA, 2000

Figura 26 – Carbonatação em concreto armado



Fonte: Kirsanov Valeriy Vladimirovich

3.3.7 Segregação

Os componentes do concreto no estado fresco estão sujeitos à separação durante o transporte, lançamento e adensamento. Esta separação é chamada segregação e tem efeitos bem conhecidos nas construções (RIBEIRO 2006).

Pode ocorrer segregação devido à má vibração ou com o lançamento inadequado do concreto, desta forma, os agregados graúdos separam-se do restante da pasta formando um grande índice de vazios e porosidade, facilitando assim a infiltração de água e diminuindo sua resistência, isso ocorre pois as massas específicas dos materiais componentes do concreto são distintas e com o efeito da queda, tendem a se separar (ANDRADE E SILVA (2005)).

Figura 27 – Segregação e nichos de concretagem causadas, principalmente, por falhas na execução do concreto.



Fonte: IBRACON 2018

3.3.8 Bolor e Limo

Por se tratar de um ambiente úmido, a presença de bolores e limos são facilmente encontrados nas estruturas das pontes. Esses bolores são causados pela presença de fungos que se instalam em frestas e fissuras existentes, por causa da

umidade e infiltração de água. As manchas encontradas apresentam coloração esverdeadas e preto-esverdeadas, isso ocorre pela decomposição da matéria orgânica que serve de alimento aos fungos. (PINHEIRO, 2018)

Figura 28 – Bolor e limo Fonte:



Fonte: PINHEIRO 2018

3.3.9 Degradação

A degradação é a perda ou capacidade do material de responder as exigências, ao longo do tempo, consoante os agentes de deterioração, a natureza do material e, em certos casos, a própria maturação deste, de acordo com (Gaspar e Brito, 2005).

De acordo com John e Sato (2006), os fatores de degradação são agentes que atuam sobre os materiais de uma construção e provocam alterações significativas nos materiais que resultam na diminuição de seu desempenho. Estes agentes podem ser térmicos, mecânicos, eletromagnéticos, químicos e biológicos.

3.3.10 Erosão das Fundações

De acordo com Andrade (1992), a erosão é o desgaste causado pela passagem abrasiva dos fluidos contendo partículas finas suspensas.

Figura 29 – Face inferior em balanço sem pingadeira: Degradação do concreto, perda de cobrimento e armadura exposta e corroída



Fonte: Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários

Figura 30 – Natureza dos agentes de degradação

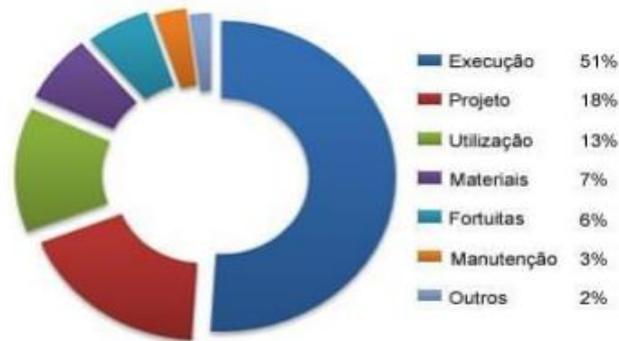
Natureza	Classe
	Gravidade
Agentes mecânicos	Esforços e deformações impostas ou restringidas
	Energia cinética
	Vibrações e ruídos
Agentes eletromagnéticos	Radiação
	Eletricidade
	Magnetismo
Agentes térmicos	Níveis extremos ou variações muito rápidas de temperatura
	Água e solventes
Agentes químicos	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
	Ácidos
	Bases
	Sais
	Quimicamente neutros
Agentes biológicos	Vegetais e microorganismos
	Animais

Fonte: ISO 15686, 2001

3.4 Principais causas das manifestações patológicas em pontes

Segundo a NBR 15575 (ABNT,2013) as obras têm vida útil mínima de 50 anos e é recorrente o número de casos de estruturas que apresentam problemas antes deste prazo e isto resulta de ações patológicas como pode observar na figura 31.

Figura 31 – Principais origens de patologias no Brasil



Fonte: AECWEB

3.4.1 Manifestações durante a concepção do projeto

Para Souza e Ripper (1998) as falhas ocorridas na fase de concepção e projeto desencadeiam problemas que crescem de acordo com as fases da obra, encarecendo-a, no entanto, falhas na realização do projeto executivo podem acarretar problemas patológicos graves causando muito mais prejuízos do que um equívoco no anteprojeto ou no estudo preliminar.

Souza e Ripper (1998) listam alguns equívocos na fase de elaboração do projeto executivo:

- Elementos de projeto inadequado, como por exemplo, má definição das ações atuantes ou da combinação desfavorável das mesmas;
- Falta de compatibilização de projetos, como por exemplo não compatibilização do projeto arquitetônico com o estrutural;
- Especificação inadequada de materiais;
- Falta de padronização de representações;
- Erros de dimensionamento.

3.4.2 Manifestações durante a execução

Helene (1997) e Isaia (2010) têm pensamentos relacionados no que diz respeito as patologias que se manifestam tanto nas etapas de execução de uma obra, como no período pós entrega e uso da edificação. Sendo assim, o processo construtivo envolve etapas de planejamento, projeto, escolha e especificação de materiais, execução e uso.

Durante a execução da obra, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, ocasionadas pela falha humana, que muitas vezes está ligada ao emprego

de operários desqualificados e irresponsabilidade técnica, como afirma Souza e Ripper (1998), apresentando algumas patologias como:

- Deficiência de concretagem;
- Má execução do escoramento;
- Inexistência de controle de qualidade;
- Dentre outros.

3.4.3 Manifestações durante a utilização

Conforme Souza e Ripper (1998), os problemas patológicos podem ser ocasionados pela utilização errônea ou falta de um programa de manutenção adequado e junto aos fatores externos à estrutura. Como por exemplo:

- Excesso de carga;
- Alterações das condições do terreno de fundação;
- Choque de veículos
- Assentamento da fundação em solo não apropriado.

4. METODOLOGIA DE INSPEÇÃO NBR-9452:2019

No Brasil a NBR-9452:2019 se refere a Norma que especifica os requisitos exigíveis na realização de inspeção em pontes, viadutos e passarelas de concreto e na apresentação dos resultados destas inspeções, que considera os seguintes tipos de Inspeção:

4.1 Inspeção Cadastral

É a primeira inspeção realizada na obra e deve ser efetuada imediatamente após sua conclusão, instalação ou assim que se integra a um sistema de monitoramento e acompanhamento viário.

4.2 Inspeção Rotineira

Inspeção de acompanhamento periódico, visual, com ou sem a utilização de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, realizado em prazo não superior a um ano. Na inspeção rotineira deve ser verificada a evolução de anomalias já observadas em inspeções anteriores, bem como novas ocorrências, reparos e/ou recuperações efetuadas no período.

4.3 Inspeção Especial

A inspeção especial deve ser pormenorizada e contemplar mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, com o intuito de formular o diagnóstico e prognóstico da estrutura. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso a todos os componentes da estrutura, lateralmente e sob a obra e, se for o caso, internamente, no caso de estruturas celulares.

4.4 Inspeção Extraordinária

A inspeção extraordinária deve ser apresentada em relatório específico, com descrição da obra e identificação das anomalias, incluindo mapeamento, documentação fotográfica e terapia recomendada. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso ao elemento ou parte da estrutura.

5. CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS PONTES

5.1 Parâmetros de Avaliação

Segundo a (NBR 9452-2019), as OAE devem ser classificadas segundo os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade e a gravidade dos problemas detectados, respeitando as Normas Brasileiras aplicáveis em cada caso, que são:

5.1.1 Parâmetros Estruturais

Os parâmetros estruturais são aqueles relacionados à segurança estrutural da OAE, ou seja, referentes a sua estabilidade e capacidade portante, sob critério de seus estados limites últimos e de utilização, conforme ABNT NBR 6118.

5.1.2 Parâmetros funcionais

Por parâmetros funcionais entendem-se aqueles aspectos da OAE relacionados diretamente aos fins a que ela se destina, devendo, para tanto, possuir requisitos geométricos adequados, como visibilidade, gabaritos verticais e horizontais. Deve proporcionar também conforto e segurança a seus usuários, apresentando, por exemplo, guarda-corpos íntegros, ausência de depressões e/ou buracos na pista de rolamento e sinalização adequada.

5.1.3 Parâmetros de durabilidade

Designam-se por parâmetros de durabilidade aquelas características das OAE diretamente associadas à sua vida útil, ou seja, com o tempo estimado em que a estrutura deve cumprir sua função em serviço.

Deste modo, estes parâmetros vinculam-se à resistência da estrutura contra ataques de agentes ambientais agressivos. Exemplificam-se como anomalias associadas à durabilidade, ausência de cobrimento de armadura, corrosão, fissuração que permite infiltrações, erosões nos taludes de encontros, entre outras.

A relevância dos problemas de durabilidade deve ser avaliada em conjunto com a agressividade do meio ambiente em que se situam, com o objetivo de inferir a velocidade de deterioração a eles associados. (NBR 9452-2019).

5.2 Critérios de definição das notas de classificação

De acordo com a NBR 9452-2019 a classificação da OAE consiste da atribuição de avaliação de sua condição, que pode ser Excelente, Boa, Regular, Ruim ou Crítica, associando notas aos parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade.

Estas notas de avaliação devem variar de 1 a 5, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados.

A classificação deve seguir o estabelecido na tabela 1, que correlaciona essas notas com a condição da OAE e caracteriza os problemas detectados, segundo parâmetro estrutural, funcional e de durabilidade.

Tabela 1 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

Nota de Classificação	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 a 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 pequenos 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.

Fonte: ABNT NBR 9452:2019

Continuação da Tabela 1 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. 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

Fonte: ABNT NBR 9452:2019

A classificação final deve ser apresentada conforme modelo apresentado na tabela 2, por componente estrutural, e com uma classificação para cada um dos parâmetros considerados estrutural, funcional e de durabilidade, com base nas notas da tabela anterior.

Tabela 2 - Modelo de ficha de classificação da OAE

Parâmetros	Elementos						
	Super Estrutura	Meso Estrutura	Infra Estrutura	Elementos Complementares		Pista	Nota final
				Estrutura	Encontro		
Estrutural							
Funcional							
Durabilidade							

Fonte: ABNT NBR 9452:2019

A ficha de inspeção rotineira deve ser elaborada em conformidade com o modelo estabelecido na tabela a seguir.

Tabela 3- Modelo de ficha de inspeção rotineira

Inspeção Rotineira (ano)	OAE Código:
Jurisdição (Orgão, Concessão ou outros):	Data da Inspeção:
PARTE I – Informações gerais	
A- Identificação e localização	
Via ou município:	Sentido:
Obra:	Localização (Km ou endereço):
B- Histórico das inspeções	
Inicial:	Última rotineira:
Especial:	
C- Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos:	
Alargamento:	
Reforços:	
PARTE II – Registros de manifestações patológicas	
A- Elementos estruturais	
Superestrutura:	
Mesoestrutura:	
Infraestrutura:	
Aparelhos de apoio:	
Juntas de dilatação:	
Encontros:	
Outros elementos:	
B- Elementos da pista ou funcionais	

detectadas em inspeção anterior, bem como anotados novos defeitos e ocorrências, tais como reparos, reforços, recuperações e qualquer modificação de projeto, realizada no período. As inspeções rotineiras devem registrar os efeitos visualizados no exterior das estruturas; as avaliações de alinhamento, prumo e deformações podem ser feitas visualmente.

6.3 Inspeção Extraordinária

A inspeção extraordinária é uma inspeção não programada, solicitada para avaliar um dano estrutural excepcional, causado pelo homem ou pela natureza.

6.4 Inspeção Especial

As inspeções especiais são basicamente inspeções visuais pormenorizadas, realizadas em intervalos não superior a cinco anos e comandadas por um inspetor sênior como definido no item 4.1.2 da norma.

6.5 Inspeção Intermediária

Inspeção recomendada para monitorar uma deficiência suspeita ou já detectada, tal como um pequeno recalque de fundação, uma erosão incipiente, um encontro parcialmente descalçado, um estado de um determinado elemento estrutural etc.

7. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS

O anexo B do DNIT 010/2004-PRO traz as fichas para preenchimento durante as inspeções rotineiras, que servem de apoio para a classificação final da estrutura. Para os cinco grupos de elementos presentes que são laje, vigamento principal, mesoestrutura, infraestrutura, pista/acesso.

Tabela 4- Ficha de Inspeção para avaliação do elemento laje

1. LAJE		Nota Técnica :		Local	Quantidade (Opcional)
Buraco (Abertura)	Existe	o	É Iminente	_____	_____
Armadura Exposta	o Muito Oxidada	o	Grande Incidência	_____	_____
Concreto Desagregado	o Muita Intensidade	o	Grande Incidência	_____	_____
Fissuras	o Forte Infiltração	o	Grande Incidência	_____	_____
Marcas de Infiltração	o Forte	o	Grande Incidência	_____	_____
Aspecto de Concreto	o Má Qualidade			_____	_____
Cobrimento	Ausente / Pouco			_____	_____

Fonte: DNIT (2004)

O quadro a seguir correlaciona essa nota a categoria dos problemas detectados no elemento. Anexo C será atribuída a cada elemento componente da ponte uma nota

de avaliação, variável de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou a menor gravidade dos problemas existentes no elemento (DNIT 2004).

Tabela 5- Instruções para atribuição de notas de avaliação

NOTA	DANOS NO ELEMENTO/ INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não a 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 problema importante
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 Aparente	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 de mais 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 deslocamento e deformações etc.

Fonte: DNIT (2004)

8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho tem como fundamento à análise de diferentes artigos e bibliografias que tem como base as principais causas patológicas, métodos de diagnóstico e prevenção. Se tem como meta fazer um ensaio expositivo das causas mais comuns, mecanismos e sintomas de uma estrutura de concreto armado, de uma ponte específica alocada na cidade de Torres RS, com o objetivo de recomendar medidas de prevenção contra os processos que ajudam no deterioramento dos mesmos, não só para as pontes na região, mas sim para todo o Brasil, já que, sofrem de dita situação patológica e que devemos preservar as pontes. A análise das incidências patológicas que serão discutidos, serão feitas de forma visual, em conjunto com a NBR 9452:19 e DNIT 010/2004-PRO.

Prosseguimos com a inspeção rotineira, as análises serão feitas de forma visual, para observar inicialmente a situação em que a ponte se encontra, bem como as ocorrências de patologias mais comuns. Em seguida será efetuado um

levantamento fotográfico da ponte, dos lugares examinados, aparente manifestação em todos os elementos visíveis e acessíveis, contribuindo assim para um diagnóstico mais prudente das causas, além de mostrar como a estrutura da ponte se encontra.

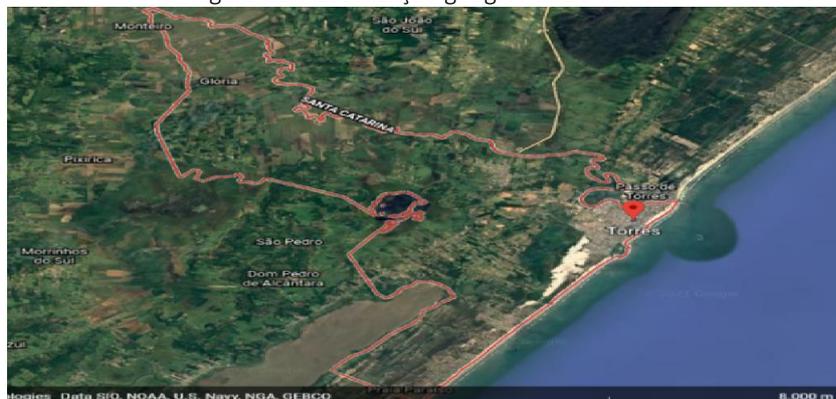
8.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Torres situado no extremo norte do litoral atlântico no estado do Rio Grande do Sul. O município se estende por 161.624 Km² com população estimada de 39.064 habitantes por Km² no território do município. Vizinhos dos municípios de Passo de Torres, Dom Pedro de Alcântara e São João do Sul. Torres se situa a 51 Km ao sul-oeste de Araranguá, a maior cidade dos arredores (IBGE 2020).

O município de Passo de Torres está localizado na microrregião de base cultural açoriana do extremo sul catarinense, distante 70 Km de Florianópolis, as margens do Rio Grande do Sul.

Sua área geográfica é de 99.075 Km², tendo como limite: ao norte com Balneário Gaivota, ao sul com Torres (RS), a oeste com São João do Sul e a leste com o Oceano Atlântico.

Figura 32 – Localização geográfica de Torres



Fonte: O autor

A primeira ponte pênsil para pedestres, inaugurada em 24 de outubro de 1964, foi construída durante o mandato do Sr. Luviano Maciel, na época prefeito do município de São João do Sul. Em 1985, por meio de uma ação conjunta das prefeituras de Torres e São João do Sul foi construída uma ponte pênsil mais larga e com pedestais de alvenaria.

A primeira atividade econômica é o turismo, seguido da pesca, industrialização de pescadores e a agropecuária (FARIAS, 2013).

8.2 Objeto de Estudo: Ponte de Concreto

Inaugurada em 2007, a ponte de concreto sobre o Rio Mampituba, unindo Passo de Torres e Torres; Orçada em R\$ 2,4 milhões, a obra realiza o sonho de pelo menos três gerações de catarinenses e gaúchos às margens do rio que separa os dois estados (Nei Manique, 2007).

Figura 33 – Ponte de concreto Anita Garibaldi sobre o Rio Mampituba



Fonte: O autor

9. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Através deste tópico para alcançar todos os objetivos descritos, serão abordados os resultados obtidos de acordo com os objetivos especificados para o desenvolver desta pesquisa, tais como: inspeção visual e fotográfica

O tipo de inspeção visual empregada e levantamentos fotográficos se baseou na Inspeção Rotineira, conforme consta na NBR 9452 (ABNT, 2019) e DNIT 010/2004-PRO.

A partir dos registros adquiridos durante a vistoria juntamente com a pesquisa bibliográfica realizada, foi possível destacar os problemas patológicos mais comuns.

Os resultados obtidos das inspeções rotineiras realizadas na ponte são relevantes, pois revela a necessidade de algumas intervenções nessa estrutura, para garantir segurança aos seus usuários.

A princípio serão apresentadas as manifestações patológicas encontradas na estrutura feita de concreto armado. A mesoestrutura é do tipo pórtico e não contém aparelhos de apoio, com cinco vãos com duas longarinas metálicas em cada vão, constituída de pilares, lajes em concreto armado. Não foi realizada a inspeção na infraestrutura, pois não houve instrumentos e um veículo adequada para acesso as

fundações e informações de projeto, pois não foi possível entrar em contato com a prefeitura da cidade o atendimento estava indisponível.

Figura 34 – Vista lateral esquerda da ponte de concreto Anita Garibaldi



Fonte: O autor

Figura 35 – Vista superior do tabuleiro da ponte de concreto Anita Garibaldi



Fonte: O autor

Figura 36 – Vista inferior do tabuleiro da ponte Anita Garibaldi



Fonte: O autor

9.1 Patologias encontradas na superestrutura

Guarda-corpos fazem a contenção lateral da via possui altura suficiente, em alguns pilares apresentando altura 87 cm, em desacordo com a normativa em vigor a qual solicita como sendo dimensão mínima de 90 cm (DNIT, 1996).

Figura 37 – Altura do guarda corpo



Fonte: O autor

Algumas dessas armaduras se encontram em estado de corrosão avançado, com perda significativa de bitola e ausência dos estribos, os quais foram totalmente corroídos, como podemos observar na figura 38.

Figura 38 – Armadura exposta e concreto deslocado



Fonte: O autor

A ponte apresenta deterioração do guarda-corpo que está com as armaduras corroídas e portanto provocaram o lascamento do concreto como observado na figura 39.

Figura 39 – Deterioração do guarda-corpo por corrosão



Fonte: O autor

A deformação é um tipo de patologia encontrado no asfalto, ocorre por afundamento do pavimento causada geralmente por resistência insuficiente do pavimento para receber a passagem constante de cargas, neste caso da ponte Anita Garibaldi como houve um afundamento no asfalto, optaram por fazer um remendo, a aplicação de outro material para correção ou eliminação de uma patologia. Apesar de corrigir um defeito, os remendos, caso mal executado, podem comprometer a qualidade do pavimento, e a região fica mais propensa a outras deteriorações na região onde ocorreu o afundamento, como mostra a figura 44.

Figura 40 – Deformação do pavimento



Fonte: O autor

A falta de estanqueidade de elementos de juntas de dilatação ou de problemas no sistema de drenagem como falta de buzinetes quebrados, drenos entupidos, estas patologias se manifestam por meio de manchas escuras na laje, como vemos na figura 41.

Os rebites se encontram com ferrugem em torno de sua cabeça, rebites nestas condições, faz com que estes elementos fiquem fora de serviço, provocando maiores

esforços nos rebites vizinhos, fazendo com que eles não fiquem apertados e conseqüentemente mais leves, causando patologias nas estruturas.

Figura 41 – Manchas de umidade na laje em balanço e Rebites



Fonte: O autor

O guarda - rodas não tem função estrutural, não pode ser levado em conta pois ele pode ser destruído por um impacto, deixando de ser efetivo, é construído apenas para resistir e impedir impactos laterais e por isso sua armadura longitudinal muitas vezes é mínima. E para evitar estes tipos de fissuras como vimos na figura 42, é adequado seccionar o guarda rodas sobre pilares, no entanto se utilizar armaduras longitudinais adequada, não é necessário seccionar sobre pilares.

Figura 42 – Fissura no guarda-rodas



Fonte: O autor

Foram localizadas corrosão em diversos pontos da estrutura, nas longarinas e transversinas metálicas.

Figura 43 – Vista inferior das lajes com Corrosão das transversinas metálicas



Fonte: O autor

Figura 44 – Corrosão das longarinas metálicas



Fonte: O autor

Em alguns pontos foi notado a presença de infiltração na laje causando o fenômeno de lixiviação, identificado pelas manchas brancas ao longo da laje.

Figura 45 – Lixiviação em alguns pontos da laje



Fonte: O autor

9.2 Patologias Encontradas na mesoestrutura

Segundo Vitorio (2015), Os pilares e encontros localizados nas calhas dos rios constituem obstáculos que modificam os mecanismos de escoamento das águas,

aumentando a velocidade, a vorticidade e turbulência, que geram cavidades (ou fossas) de erosão a essas estruturas podendo causar o solapamento das fundações.

Isso compromete a estabilidade não apenas das fundações, mas das estruturas das pontes.

Figura 46 -Solapamento das fundações do encontro



Fonte: O autor

Os encontros da ponte verificaram-se a presença de erosão e de fissuras e outras formas de manifestações patológicas, havendo também a presença de vegetação crescendo junto a alvenaria.

Figura 47 – Erosão do solo pedregulhoso sob a fundação de um dos encontros



Fonte: O autor

Notamos a separação física do concreto, desprendendo em pedaços em placas, o problema ocorre com a perda da função ligante do cimento, podendo acontecer por vários motivos como ataque biológico, carbonatação, movimentação de fôrmas; quando a desagregação acontece, a estrutura perde a capacidade de resistir aos esforços solicitantes.

Figura 48 – Desagregação e armadura exposta na laje do passeio



Fonte: O autor

9.3 Aplicação da Metodologia ABNT NBR 9452-2019

De acordo com a NBR 9452-2019, as patologias encontradas na estrutura podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, não havendo sinais de comprometimento da estabilidade da obra, estando a estrutura em relação ao seu comportamento estrutural, está dentro da normalidade, contudo, apresenta desconforto aos usuários, pela falta de espaço na área de passeio dos pedestres, pelo fato do pedestre ter que se aproximar muito do guarda-corpo para dar passagem a bicicletas e pessoas que vem em direção oposta, pela vibração do tabuleiro que é perceptível, reparos nas regiões onde a deslocamento do concreto e tratamento da armadura exposta, uma das manifestações patológicas que foi mais encontrada na ponte, defeitos estes que requerem ações de médio prazo.

A Ponte apresenta pequenos anomalias, que se não forem tratadas podem evoluir, diante destas alterações anatômicas da estrutura que foram observadas ao longo de sua estrutura, quanto ao aspecto estrutural e de durabilidade, se houver negligências a esses reparos, podem comprometer a vida útil da estrutura, pois se encontra em um ambiente de agressividade ambiental moderada.

Tabela 6- Modelo de ficha de classificação da OAE preenchida

Parâmetros	Elementos						Nota final
	Super Estrutura	Meso Estrutura	Infra Estrutura	Elementos Complementares		Pista	
				Estrutura	Encontro		
Estrutural	3	4	NA	-	3		3
Funcional	3	NA	NA	-	3		3
Durabilidade	3	3	NA	-	2		3

Fonte: NBR 9452-2019

A nota que foi apresentada para os três parâmetros: Estrutural, Funcional e de Durabilidade foi a nota final 3, oriunda das armaduras expostas já com uma perda

Continuação da tabela 7 – ficha de inspeção rotineira preenchida					
3. MESOESTRUTURA		Nota Técnica:	3	Local	Quantidade(Opcional)
Armadura Exposta	<ul style="list-style-type: none"> • Muito Oxidada ○ Grande Incidência 			Pilares	
Concreto Desagregado	<ul style="list-style-type: none"> • Muita Intensidade ○ Grande Incidência 				
Fissuras	<ul style="list-style-type: none"> • Forte Infiltração ○ Grande Incidência 				
Aparelho de Apoio	<ul style="list-style-type: none"> ○ Danificado ○ Grande Incidência 				
Aspecto do Concreto	<ul style="list-style-type: none"> ○ Má Qualidade 				
Cobrimento	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ausente/Pouco 				
Desaprumo	<ul style="list-style-type: none"> • Há 				
Deslocabilidade dos Pilares	<ul style="list-style-type: none"> ○ Forte 				
4. INFRAESTRUTURA		Nota Técnica:	NA	Local	Quantidade(Opcional)
Recalque de Fundação	<ul style="list-style-type: none"> ○ Há 				
Deslocamento de Fundação	<ul style="list-style-type: none"> ○ Há 				
Erosão Terreno de Fundação	<ul style="list-style-type: none"> ○ Há 				
Estacas Desenterradas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Há 				
5. PISTA/ACESSO		Nota Técnica:	3	Local	Quantidade(Opcional)
Irregularidade no Pavimento	<ul style="list-style-type: none"> • Muita Intensidade ○ Grande Extensão 				
Junta de Dilatação	<ul style="list-style-type: none"> • Faltando/Inoperante ○ Muito Problemática 				
Acessos X Ponte	<ul style="list-style-type: none"> • Degrau Acentuado ○ Concordância Problemática 				
Acidentes com Veículos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Frequente ○ Eventual 				

Fonte: DNIT 010/2004

De acordo com DNIT 010/2004, há alguns danos na estrutura, gerando insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade. A classificação segundo a norma considerou também que a recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática, mas também fazer alguns serviços de manutenção, recomendando um acompanhamento da evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise feita na estrutura, o objetivo deste trabalho consistiu em identificar as principais ocorrências patológicas na ponte de concreto no município de Torres RS, como por exemplo, fissuras, corrosão nas armaduras, lixiviação etc., atentando sempre para sua estrutura, podemos notar que existe manifestações patológicas das mais comuns, mas que se não forem tratadas corretamente em estágios iniciais, podem ao passar do tempo ser um problema não mais comum, mas sim de extrema importância, fazendo com que seja mais onerosa a manutenção, em vista das primeiras ocorrências patológicas que são comuns em todo o Brasil e no mundo, que sofre com estes problemas patológicos.

Cabe ressaltar que este levantamento sobre as principais patologias encontradas na ponte enfrentou grandes dificuldades para análise, pela falta de

registros e projeto, os quais não foram acessíveis e disponibilizados para estudo e avaliação das ocorrências patológicas

Muitas das patologias levantadas demandaram uma análise mais criteriosa e detalhada, merecendo um estudo mais aprofundado para que possam gerar novas contribuições para uma melhor compreensão das patologias encontradas na ponte, para alcançar com êxito a solução dos problemas encontrados.

11. CONCLUSÃO

Conclui-se que a ponte de concreto localizada no Município de Torres apresenta problemas patológicos decorrentes da falta de manutenção que podem ser atribuídos por vícios construtivos e falta de manutenção preventiva, em algumas análises visuais tais patologias é devido ao envelhecimento precoce, falta de manutenção e um cuidado mais adequado da mesma, pelo fato da estrutura ter apenas 14 anos de uso.

Nos últimos anos tem crescido o número de estruturas de concreto armado com manifestações patológicas, principalmente com problemas de corrosão de armadura, como resultado do envelhecimento precoce das construções existentes.

A ausência de um plano de manutenção, e uma elaboração de curso para auxiliar e treinar os colaboradores de forma intuitiva e para uma tomada de decisão em tempo hábil, pode evitar uma série de problemas na estrutura, e aumentando a vida útil da estrutura, pois estruturas que deveriam durar mais de 50 anos, se torna um fardo pois as manifestações patológicas são inevitáveis, por isso seria recomendável a implantação do plano de manutenção, não apenas manutenção corretiva, como é o que acontece na maioria dos casos.

Na pesquisa bibliográfica a autora buscou esboçar alguns tópicos das principais manifestações patológicas em pontes, dentre elas as fissuras, corrosão de armaduras e do concreto, que foi observado algumas delas fazendo a análise da estrutura.

Foram evidenciadas manifestações patológicas que são encontradas normalmente em pontes localizadas próximas de mares e rios. Por ser uma zona de atmosfera marinha, embora a estrutura de concreto e seus materiais que a constituem não estar em contato direto com o mar, a mesma recebe uma quantidade de sais que são levados até a estrutura pelo vento, causando deterioração, no entanto, verificou-se principalmente que a ponte de concreto estudada, por ser construída em 2007,

tendo poucos anos de uso, mesmo estando em condição considerada boa, observamos patologias que nesta idade não deveria existir, notou-se então a necessidade de um tratamento adequado a estrutura.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452: Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto** – Procedimento. Rio de, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas**. Rio de Janeiro, 2013.

ANDRADE PERDRIX, M. D. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo, Brasil: Pini, 1992.

ANDRADE, T., SILVA, A.J.C., 2005, “**Patologia das estruturas**”. Ed. Ibracon, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de fundações**. NBR 6122, ABNT, 2010, 91p.

BRASIL. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (010/2004 - PRO) - Diretoria de Planejamento e Pesquisa/IPR

CARMONA FILHO. A. **Curso Prático de Diagnóstico, Reparo, Reforço e Proteção de Edificações em Concreto**. São Paulo: Abece, 2005.

CARMONA FILHO, Antonio e Thomas. **Fissuração nas estruturas de concreto**, boletim técnico 2013.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armadura em concreto; inspeção e técnicas eletroquímicas**. São Paulo; Pini; Goiania: Editora UFMG, 1997.

CAVET, D. G.; RODRIGUES, G. L.; JASINSKI, M. E. F.; NETTO, S. C. **Análise de segurança e durabilidade em viadutos por meio de vistorias**. Estudo de caso do viaduto colorado, Curitiba-PR. Curitiba, 2010. Trabalho de Conclusão de Pós Graduação lato sensu - Instituto IDD

CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** São Paulo: Técnica. 160, p., jul. De 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>.

DNIT. Norma **010: Inspeção em pontes e viadutos de concreto armado e protendido**. Rio de Janeiro, 2004.

EL HASSAN, J.; BRESSOLETE, P.; CHATEAUNEUF, A EL TAWIL, K. **Reliability-based assessment of the effect of climatic conditions on the corrosion of RC structures subject to chloride ingress**. *Engineering structures*, v.32, p.3279-3287, 2010

FARIAS, Vilson Francisco De- passodetorres.sc.gov.br/ **Dos Açores ao Brasil Meridional**:.2013

GASPAR, P.; BRITO, J. de. **Mapping Defect Sensitivity in External Mortar Renders**. In: *JOURNAL OF CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS*, v. 19(8), 2005.

GENTIL, V. **Corrosão. 3 ed. Livros Técnicos e Científicos**. Rio de Janeiro: 1996

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **ESTUDO DE PATOLOGIAS E SUAS CAUSAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES**. 2015.

GORGES WILSON- **Elementos Constituintes das Pontes**- PUCPR, 2015.

HELENE, P. R. L., **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Pini/ IPT 1986.

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

HELENE, P. R. L. (1993) **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 231p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

HELENE, Paulo. R.L. **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto**. In: Workshop Durabilidade das Construções. Anais... São Leopoldo, 1997

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. **Durabilidade de componentes da construção**. In: Coletânea Habitar- Construção e Meio Ambiente, Porto Alegre: ANTAC, v.7, 2006.

KLIMPEL, E. C.; SANTOS, P. R. C. **Levantamento das manifestações patológicas presentes em unidades do conjunto habitacional Moradias Monteiro Lobato**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Patologia nas Obras Civis) – Instituto IDD, Curitiba, 2010, 98p.

LEONHARDT, F. **Construções de concreto: principais básicos da construção de pontes de concreto**. Rio de Janeiro: Interciência, 1977

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das Construções: **procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**: São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.

LUCKO, Gunnar. **Means and Methods Analysis of a Cast-In-Place Balanced Cantilever**, 1999

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

MARCHETTI, O. **Pontes de Concreto Armado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

MATTOS, Tales Simões, **Programa para análise de superestruturas de pontes de concreto armado e protendido**, Tese de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, 2001

MEHTA, P. K.; BREMNER, T. W. **Concreto in the Marine Environment-Some Lessons for the Future.**In: **Odd. E. Gj.rvSymposium on Concrete for Marine Structures.Proceedings.** New Brunswick, 1996.

MENDES, Luis Carlos. **Pontes.** Rio de Janeiro: Eduff, 2017

MOLIN, Dal e COITINHO, Denise Carpena. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul.** 1988.

O'CONNOR, C. **Pontes: superestruturas,** São Paulo: Editora da USP, 1975

PEREIRA, Thiago Ramos. **Corrosão em Armaduras de Concreto.** UFPR. 2017.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados.** 1. ed. São Paulo, SP: Pini, 2008. 179 p.

PINHEIRO, M. R. A.; SILVA, E. I., **CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO NA CIDADE DE RECIFE.** 3º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções 2018.

PINHO, Fernando Ottoboni, BELLEI, Ildony Hélio, **Pontes e viadutos em vigas mistas.** 1ª ed. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2007.

PFEIL, W. **Pontes: curso básico: projeto, construção e manutenção.** Rio de Janeiro: Campus, 1983.

MENEGUETTI, João. V.; PEREIRA, Gean.; AKASAKI, Jorge. **Estudo da origem, sintomas e incidências de manifestação patológicas do concreto.** Revista Científica ANAP Brasil, São Paulo, v.12, n.26, p. 37, 2019.

RIBEIRO, R., 2006, **“Coesão e trabalhabilidade”.** In: www.cimentoitambe.com.br

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforma de Estruturas**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

TAKEYA TOSHIKI; EL DEBS MOUNIR KHALIL - **Introdução às pontes de concreto** -Universidade de São Paulo escola de engenharia de São Carlos departamento de engenharia de estruturas – 2007.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989

TORNERI, Paola. **Comportamento estrutural de pontes estaiadas: comparação de alternativas**. 2002. 272 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

VITÓRIO, J. A. P. – **Pontes Rodoviárias – Fundamentos, Conservação e Gestão, Livro editado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Pernambuco**, Recife, 2002.

VITÓRIO, J. A. P. – **curso de especialização em inspeção, manutenção e recuperação de estruturas-fundamentos da erosão nas fundações de pontes e nos aterros de acesso-**, Recife, 2015.

VITÓRIO, J. A. P. – **Pontes metálicas e mistas- tópicos de conservação, danos e reforço estruturais - reforço e recuperação de pontes e viadutos**. Recife, 2015.

