

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO

FLÁVIO DE OLIVEIRA VASCONCELOS

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE
CONCRETO ARMADO – ESTUDO DE CASO**

DELMIRO GOUVEIA

2018

FLÁVIO DE OLIVEIRA VASCONCELOS

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE
CONCRETO ARMADO – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Msc. Vinícius Costa Correia

DELMIRO GOUVEIA

2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Larissa Carla dos Prazeres Leobino

V331a Vasconcelos, Flávio de Oliveira

Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado – estudo de caso / Flávio de Oliveira Vasconcelos. – 2018.
69 f. : il.

Orientação: Prof. Me. Vinícius Costa Correia.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2018.

1. Engenharia civil. 2. Pontes. I. Título.

CDU: 625.745.1:69.05

Folha de Aprovação

FLÁVIO DE OLIVEIRA VASCONCELOS

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO – ESTUDO DE CASO

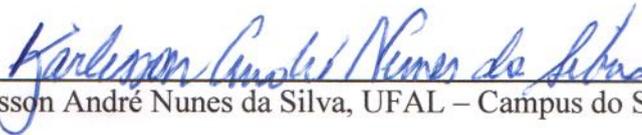
Trabalho de Conclusão de Curso, submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão e aprovado em 02 de maio de 2018.

Banca Examinadora:



Msc. Alverlando Silva Ricardo, UFAL – Campus do Sertão

(Avaliador)



Msc. Karlisson André Nunes da Silva, UFAL – Campus do Sertão

(Avaliador)



Msc. Vinícius Costa Correia, UFAL – Campus do Sertão

(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Não poderia ocorrer de forma distinta, o primeiro parágrafo de agradecimento deste trabalho é destinado à inspiração da minha vida, meu pai Juarez. O qual posso resumir brevemente como meu melhor amigo, meu melhor tutor e meu eterno companheiro.

Agradeço aos meus preciosos irmãos, minha mãe e meus sobrinhos por estarem sempre comigo em todos os momentos, me apoiando e incentivando.

Agradeço aos meus colegas de turma, em especial ao Allan, por ter me ajudado sempre que precisei.

Agradeço aos meus professores, com raras exceções, que desde o primeiro período se mostraram determinados a passar conhecimento.

Agradeço ao meu orientador, professor Vinícius Correia pelos ensinamentos técnicos e por ter se mostrado muito presente durante toda elaboração do trabalho.

Agradeço aos professores Karlisson e Alverlando por aceitarem o convite para compor a banca avaliadora do meu TCC.

Agradeço ao renomado engenheiro do Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT), Dr. Nabuco, o qual colaborou com conhecimento e fornecimento de dados necessários para a composição deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que tiveram participação na minha graduação, seja de forma direta ou indireta.

“Obstáculos são aqueles perigos que você vê quando tira os olhos do seu objetivo.”

Henry Ford

RESUMO

A existência de diversas pontes de concreto armado com manifestações patológicas que geralmente passam despercebidas pelos usuários, devido ao seu sistema estrutural não ser de fácil visibilidade, motivou esta pesquisa. As pontes têm alta importância no sistema de desenvolvimento econômico, possibilitando o acesso de mercadorias, auxiliando o turismo e viabilizando deslocamentos em geral. Este trabalho tem como objetivo o estudo das manifestações patológicas encontradas em quatro pontes de concreto armado localizadas entre os KM 62 e KM 82 da rodovia BR-423, próximas à cidade de Delmiro Gouveia, no sertão alagoano. Foram realizadas inspeções “in loco” nas pontes sobre os riachos Salgadinho, Moreira, Taboleiro e Mosquita, com base no manual IPR 709 de 2004 (Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias), atribuindo notas técnicas de 1 à 5 para as obras. Nas inspeções, além da identificação das principais manifestações patológicas, foram apontadas as suas possíveis causas. Todas as pontes analisadas apresentaram diversas manifestações patológicas, com ênfase na corrosão e eflorescência, atingindo principalmente os vigamentos longitudinal e transversal das estruturas. Ficou evidente através da presente pesquisa, que as pontes analisadas necessitam de manutenção para que possam ter uma maior vida útil.

Palavras-chave: Pontes de Concreto, Manifestações Patológicas, inspeção.

ABSTRACT

The existence of several reinforced concrete bridges with pathological manifestations which usually pass unnoticed by users, due to the difficult visibility of its structural system, motivated this research. The bridges have a high importance in the system of economic development, enabling the access of goods, aiding tourism and providing offsets. This work has as objective the study of pathological manifestations found in four reinforced concrete bridges located between KM62 and KM82 of BR 423 highway, near Delmiro Gouveia, in the hinterland of Alagoas. Inspections were carried out "*in loco*" on the bridges over the streams: Salgadinho, Moreira, Taboleiro and Mosquita, based on the IPR of 709 2004 manual (Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias), assigning 1 to 5 for technical grades on the work. Inspections, in addition to identifying the main pathological manifestations pointed their possible causes. All bridges analyzed showed several pathological manifestations, with an emphasis on corrosion and efflorescence, affecting mainly the longitudinal and transverse frames of structures. It was evident through the present research, that the bridges analyzed need maintenance to have a longer useful life.

Key Words: Concrete bridges, Pathological Manifestations, Inspection

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Demonstração virtual de estrutura em Concreto Armado	16
Figura 02 – Ponte de Nossa Senhora da Guia	17
Figura 03 – Ponte sobre o rio Messias	18
Figura 04 – Ponte de São João (Portugal)	18
Figura 05 – Ponte da Amizade (Foz do Iguaçu)	19
Figura 06 – Ponte Afonso Pena	20
Figura 07 – Complexo Turístico Ponte João Isidoro França	20
Figura 08 – Gráfico de problemas patológicos	25
Figura 09 – Esquema do processo corrosivo	26
Figura 10 – Concreto armado sobre efeito da corrosão	28
Figura 11 – Esboço esquemático da sequência de corrosão do aço no concreto	28
Figura 12 – Concreto desagregado	30
Figura 13 – Concreto sobre reação Álcali-agregado	31
Figura 14 – Concreto carbonatado (teste com fenolftaleína)	32
Figura 15 – Eflorescência sobre estrutura de concreto	33
Figura 16 – Ilustração dos tipos de fissuras	36
Figura 17 – Ponte atingida por embarcação na china	38
Figura 18 – Incêndio sobre ponte.....	39
Figura 19 – Laje de concreto armado danificada por ação do fogo	39
Figura 20 – Ponte com falha na junta de dilatação	41
Figura 21 – Aparelho de apoio esmagado	42
Figura 22 – Mapa de trecho inspecionado	44
Figura 23 – Guarda corpo mal executado	49
Figura 24 – Manifestações Patológicas Encontradas nas Pontes	50
Figura 25 – Nota técnica geral das pontes	51
Figura 26 – Vista inferior Ponte sobre riacho Salgadinho	52
Figura 27 – Pavimento da ponte Salgadinho após acidente	52
Figura 28 – Vista inferior ponte sobre riacho Moreiras	53
Figura 29 – Apoio da ponte sobre riacho Taboleiro	53
Figura 30 – Vista inferior das vigas da ponte sobre riacho Taboleiro	54
Figura 31 – Vista inferior das vigas da ponte sobre o riacho Mosquita	54
Figura 32 – Manifestações patológicas na Laje	55

Figura 33 – Manifestações patológicas nas vigas	55
Figura 34 – Notas por parte estrutural	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classificação dos agentes agressivos.	23
Tabela 02 – Principais causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto (%).	24
Tabela 03 – Tabela de fissuração.	36
Tabela 04 – Pontes inspecionadas.	44
Tabela 05 – Orientação de nota técnica	47
Tabela 06 – Medidas das pontes	48
Tabela 07 – Problemas não estruturais	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 OBJETIVOS	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
2.2 TIPOS DE PONTES	16
2.2.1 Pontes em laje (Maciça ou vazada)	16
2.2.2 Pontes de concreto em vigas (seção T, seção celular, treliça)	17
2.2.3 Pontes de concreto em pórticos	18
2.2.4 Pontes de concreto em arco	18
2.2.5 Pontes de concreto pênséis ou ponte suspensa	19
2.2.6 Pontes de concreto atirantadas (estaiadas)	20
2.3 PROCESSO DE EXECUÇÃO	21
2.3.1 Construção “In Loco”	21
2.3.2 Pré-moldados	21
2.3.3 Em balanços sucessivos	21
2.3.4 Em aduelas ou segmentos progressivos	22
2.4 PATOLOGIAS E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO	22
2.4.1 CORROSÃO	26
2.4.2 DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO	29
2.4.3 REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO	30
2.4.4 CARBONATAÇÃO	32
2.4.5 LIXIVIAÇÃO E EFLORESCÊNCIA	33
2.4.6 FISSURAÇÃO	34
2.4.7 DANOS POR COLISÕES E POR FOGO	37
2.5 FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE PONTES	39
2.5.1 FALHA NA CONCRETAGEM	40
2.5.2 FALHA EM JUNTAS DE DILATAÇÃO	40
2.5.3 FALHA EM INSTALAÇÕES DE DRENAGEM	41
2.5.4 FALHAS EM ENCONTROS	41
2.5.5 FALHAS EM APARELHOS DE APOIO	42
3. METODOLOGIA	43
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	43
3.2 COLETA DE DADOS	45
3.3 ANÁLISE DOS DADOS	46

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE	61

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Pode-se imaginar que a travessia de um curso da água, para o homem primitivo, se constituía num grande problema muitas vezes insolúvel. Não se pode tratar como uma conjectura descabida, que a solução para este problema tenha sido apontada pela própria natureza: uma árvore tombada sobre um curso de água indicava um recurso que com muitas melhorias poderia ser usado dali para adiante. Talvez esta tenha sido a forma mais elementar de ponte. Um recurso adotado para transpor um obstáculo como a água.

Sendo um meio de transposição sobre passagens molhadas e viabilizando traçados necessários de rodovias, as pontes, chamadas de obras de arte especial pela necessidade de mão de obra especializada, são obras que necessitam de atenção durante as etapas construtivas e manutenção especializada periódica. Porém, geralmente os devidos cuidados não são tomados, agravando o quadro de deterioração deste tipo de obra de arte especial em âmbito nacional.

As pontes de concreto armado são esmagadora maioria dentre os tipos de pontes existentes no Brasil, tendo isso em vista, torna-se importante avaliar os possíveis fatores deterioradores destes elementos em prol de obter a segurança necessária e a durabilidade estimada dos empreendimentos construídos. Frequentemente, trafega-se sobre as pontes e não é identificado o quão deterioradas elas podem estar, devido ao fato de ser notado normalmente apenas o aspecto do pavimento, o que leva à necessidade de inspeções dos elementos estruturais componentes das pontes, a fim de determinar seus estados de utilização, mantendo padrões de funcionalidade e segurança.

As chamadas patologias na construção civil são justamente similares à definição utilizada na área da saúde, indicando estudo de corpos com sua funcionalidade comprometida; quando se fala sobre as formas de manifestação dessas “doenças”, utilizamos o termo manifestações patológicas. Para o presente estudo, foram determinadas as manifestações patológicas em quatro pontes de concreto armado, localizadas na BR-423 no estado de Alagoas, designando suas patologias através destas manifestações, o que pode salvar as vidas das pessoas e prolongar a vida útil da obra analisada.

A engenharia civil busca a inovação e a concretização de planos que se formam a partir de ideais, influenciando na evolução da qualidade de vida e segurança da população. Estudos internacionais estimam que o ideal é que seja investido pelo menos 2% do Produto Interno Bruto (PIB) na manutenção de edificações. Assim, as obras que têm vida útil estimada em 50 anos, por exemplo, poderiam estar renovadas e em perfeitas condições de uso por muito mais tempo.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é expor a necessidade de atenção que deve ser dada às principais manifestações patológicas que venham a existir em pontes de concreto, visando prevenir acidentes e reduzir custos com manutenção, reparo e reforço da estrutura

Os objetivos específicos envolvem a determinação das principais manifestações patológicas em quatro pontes de concreto localizadas na BR-423, através de inspeções “in loco” individualmente realizadas, assim como apontar as possíveis causas originadoras destes fatores deteriorantes e enfim, sucintamente, sugerir medidas de recuperação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A constante busca pela melhoria da infraestrutura e, conseqüentemente, da qualidade de vida, torna imprescindível o uso de obras especiais. Na ocasião de meios que interfiram acessos, sendo estes de passagem molhada, existe a necessidade da construção de uma ponte. Segundo Marchetti (2008), denomina-se ponte toda obra destinada a permitir a transposição de obstáculos à continuidade de uma via de comunicação qualquer, podendo ser: rios, braços de mar, vales profundos etc.

É possível elaborar projetos de pontes com os principais materiais estruturais da construção civil: Alvenaria, Madeira, Concreto e Aço. Com diversos métodos construtivos, sua finalidade irá indicar o material e tipo de ponte mais propício para o empreendimento, podendo mescla-los e atingir altos índices de resistência atrelados a características de alto padrão estético juntamente a uma execução que represente menos custos e tempo.

Por serem compostas por material de fácil acesso, utilização e de alta durabilidade, as pontes de concreto armado representam o maior volume no cenário mundial. O concreto é o material resultante da mistura dos agregados (naturais ou britados) com cimento e água podendo ser acrescido ou não de diversos tipos de aditivos. Segundo Araújo (2010) dependendo das necessidades, podem ser acrescentados aditivos químicos (retardadores ou aceleradores de pega, plastificantes e superplastificantes, etc.) e adições minerais (escórias de alto-forno, pozolanas, fíleres calcários, microssílica, etc.) para otimizar características do concreto fresco ou endurecido.

Em relação à resistência do material, o concreto suporta de forma satisfatória esforços de compressão, porém, para a resistência à tração o concreto simples necessita de reforço. De acordo com Botelho (2015), o concreto suporta em torno de dez vezes menos à tração do que resiste à compressão, por isso, é necessário que sejam implementados materiais que supram essa deficiência. Existem opções de misturas para peças de concreto que apresentam resistências adequadas para estruturas sujeitas a grandes esforços de tração e compressão, tais como estruturas de Concreto Armado, estruturas de Concreto Protendido e Misturas de concreto com utilização de Fibras.

As pontes, também chamadas de obras de arte especial (juntamente a viadutos, passarelas, tuneis etc.), são classificadas assim pela necessidade de maior especialização e

capacitação na metodologia construtiva. As pontes podem ser divididas em três partes principais:

Infraestrutura ou fundação – Através da infraestrutura, os esforços da mesoestrutura são recebidos e transmitidos ao solo de implantação da obra, rocha ou solo. Entram na classificação de infraestrutura os blocos, as sapatas, as estacas, os tubulões etc., assim como as peças de ligação de seus diversos elementos entre si. (PFEIL, 1979)

Mesoestrutura – Parte constituída pelos pilares, por aparelhos de apoio, vigas travessas, vigas de amarração e contraventamentos. É o elemento que recebe os esforços da superestrutura e os transmite à infraestrutura, em conjunto com os esforços recebidos diretamente de outras forças solicitantes da ponte, tais como pressões do vento e da água em movimento.

Superestrutura – Segundo Marchetti (2008), esta parte é constituída por vigas e lajes, que em conjunto, formam o elemento de suporte do estrado por onde se trafega. As cargas da superestrutura são transferidas para a mesoestrutura que prontamente transfere as cargas para a infraestrutura, fazendo com que estas cargas cheguem ao solo ou à rocha onde se apoia a ponte.

Para vencer a fragilidade do concreto à tração em pontes, normalmente é utilizada a armação simples e/ou a protensão (normalmente utilizada para vencer grandes vãos sem comprometer a segurança da estrutura). As estruturas de concreto armado, assim como todos os tipos de obras civis, devem seguir minuciosamente as instruções normativas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para o caso específico, as especificações são dadas principalmente pelas normas:

ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto — Procedimento;

ABNT NBR 6122:1996 – Projeto e execução de fundações.

ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações Procedimento.

DNER 698/100:1996 – Manual de projeto de obras de arte especiais;

ABNT NBR 7187:2003 – Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento;

ABNT NBR 7188:2013 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.

Segundo a norma NBR 6118:2014, os elementos de concreto armado são aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência, estas são compostas por materiais de concreto que recebem barras de aço na área tracionada da peça,

devido à baixa resistividade do concreto para esforços de tração. A metodologia permite que a parte comprimida seja apenas resistida pelo concreto e o combate à tração seja a finalidade do aço. As barras de aço devem possuir boa aderência e devem ser devidamente protegidas da agressividade que o ambiente pode trazer a estrutura, minimizando os riscos de comprometimento da segurança estrutural.

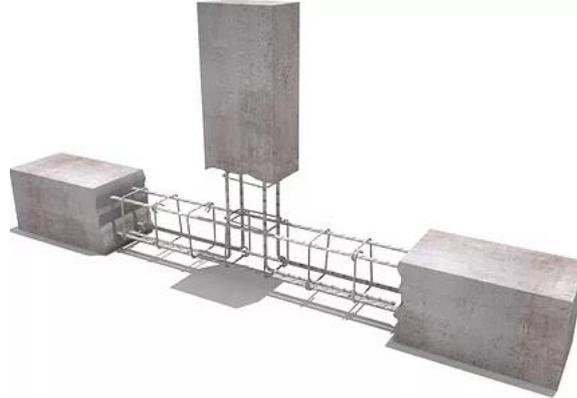


Figura 01 – Demonstração virtual de estrutura em Concreto Armado – Fonte: Grupo Aço Danti, 2017

Com o avanço da engenharia, foram surgindo diversos tipos de pontes de concreto armado e diversas classificações. Primeiramente, em relação à extensão do vão total, de acordo com Marchetti (2008), pode-se usar a seguinte classificação:

- Vão de até 2 metros – Bueiros ou galerias;
- Vão de 2 metros à 10 metros – Pontilhões;
- Vão acima de 10 metros – Pontes.

2.2 TIPOS DE PONTES

A caracterização em relação ao sistema estrutural, de acordo com Pfeil (1979) pode se classificar de diversas maneiras, sendo as mais comuns:

2.2.1 Pontes em laje (Maciça ou vazada)

São pontes que não possuem vigas, podendo ter um sistema estrutural simplesmente apoiado ou contínuo, propiciando resistência satisfatória à torção e boa distribuição de esforços. As pontes em lajes são adequadas para pequenos vãos da ordem de 20m quando tem apenas um vão, e 30m no caso de serem contínuas, onde se adotarão mísulas, como pode ser observado na Figura 02. (SÁNCHEZ, 2017)



Figura 02 – Ponte de Nossa Senhora da Guia – Fonte: <http://pontesvida.wordpress.com>, 2011

2.2.2 Pontes de concreto em vigas (seção T, seção celular, treliça)

A norma DNER 698/100 comenta que a viga é o tipo mais simples de estrutura, sendo adequada para uma extensa faixa de variação de vãos, desde 10 metros, nos pontilhões de concreto armado, até mais de 100 metros, em vigas protendidas de altura variável. Entretanto, no caso de grandes vãos, os processos executivos de recente desenvolvimento são, em geral, adequados para estruturas de grande rigidez à torção e os valores altos de momentos negativos requerem, no caso de vãos extensos, a adoção de estruturas celulares. As estruturas em vigas são utilizadas, normalmente, para vãos até 50 metros com moldagem no local e cimbramento (escoramento) convencional, e até cerca de 40 metros para estruturas pré-moldadas, lançadas por treliça. As pontes em vigas se caracterizam por apresentarem ligações que não permitem que os momentos fletores do corpo estradal se transmitam à mesoestrutura.

“O sistema é caracterizado por vigas longitudinais denominadas longarinas que tem como função suportar o tabuleiro onde será realizado o tráfego de pedestres e veículos. Diversos casos ainda introduzem vigas transversais (transversinas) que auxiliam no aumento da rigidez do sistema estrutural.” (LOBATO, 2016)

A Figura 03 ilustra este modelo estrutural.



Figura 03 – Ponte sobre o rio Messias – Fonte: Autor, 2018

2.2.3 Pontes de concreto em pórticos

Na construção deste tipo de ponte, os pórticos fazem o elo que assegura a rigidez à flexão da superestrutura e infraestrutura, não utilizando aparelhos de apoio entre elas. Neste método estrutural, a viga e o pilar atuam de forma monolítica e parte do esforço de flexão do corpo estradal é transmitido aos pilares e muro de encontro gerando uma redução das solicitações na superestrutura à custa da flexão sobre a infraestrutura. Este modelo estrutural é ilustrado na Figura 04.

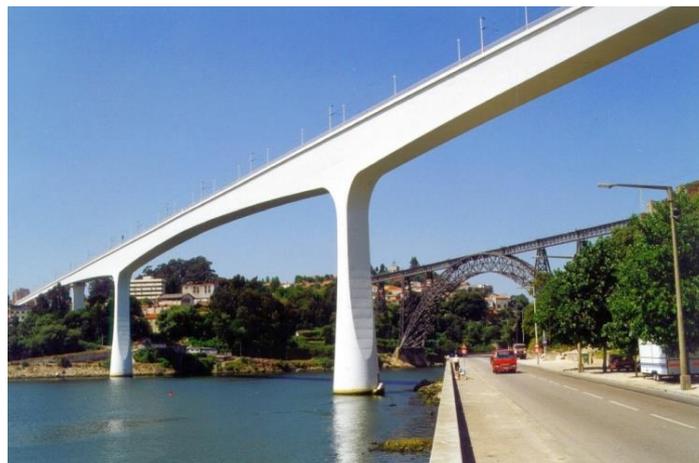


Figura 04 – Ponte de São João (Portugal) – Fonte: skyscrapercity.com, 2008

2.2.4 Pontes de concreto em arco

As estruturas em arco possibilitam a construção de pontes de concreto sem o uso da protensão e com pequeno consumo de material; o eixo do arco pode ser projetado em

coincidência com a linha de pressões devida à carga permanente, aproveitando, assim, a principal capacidade resistiva do concreto que é à esforços de compressão. (Manual de projetos de obras de arte especiais, DNER (698/100), 1996). A Figura 05 expõe uma ponte em arco onde o arco está localizado abaixo da laje.



Figura 05 – Ponte da Amizade (Foz do Iguaçu) – Fonte: Radar Nacional, 2016

2.2.5 Pontes de concreto pênses ou ponte suspensa

Ainda segundo o manual do DNER (atual DNIT), as estruturas pênses são utilizadas desde os tempos primitivos como forma espontânea de suportar cargas e vencer desfiladeiros profundos e com grandes aberturas. Como o próprio nome diz, são pontes suspensas sustentadas por cabos ou tirantes chamados de pendurais apoiados em torres de sustentação com uma laje contínua por onde passa o tráfego de veículos e pedestres. Os pendurais trabalham com função de compressão às torres de sustentação, estas que em contrapartida transferem estas cargas compressoras para a infraestrutura. Devido aos seus grandes vãos suspensos, o tabuleiro deve ser de extrema rigidez à torção para que não sejam gerados grandes desconfortos pelas ações do vento que podem acarretar em movimentos no corpo estradal. Este método antecede o de pontes estaiadas, e apesar de ter uma bela estética, no Brasil é um método pouco utilizado, tendo como exemplo a ponte Afonso Pena que liga Goiás à Minas Gerais, exposta na Figura 06.



Figura 06 – Ponte Afonso Pena – Fonte: Local Guides Connect, 2017

2.2.6 Pontes de concreto atirantadas (estaiadas)

As pontes estaiadas, também chamadas de pontes atirantadas, assim como as pontes pênsis, são um tipo de ponte suspensa por cabos; esta é composta por mastros que é ligado diretamente ao tabuleiro da ponte, sustentando-a. A principal diferença entre a ponte estaiada e a pênsil é que na ponte estaiada os cabos têm uma angulação que acarreta em uma força horizontal sobre o tabuleiro. Esta ponte é considerada uma solução intermediária entre a ponte pênsil, que requer maior estrutura de cabos, e uma ponte fixa que requer uma estrutura de sustentação mais cara e elaborada. Podemos observar este modelo na Figura 07, com a ponte estaiada localizada no estado do Piauí.



Figura 07 – Complexo Turístico Ponte João Isidoro França – Fonte: oitomeia.com, 2017

2.3 PROCESSO DE EXECUÇÃO

Em relação à execução, as pontes possuem vários obstáculos devido à localidade onde são construídas, sobre água e diversas vezes longe de civilização, até mesmo para fornecimento de energia; visto isso, existem diversas maneiras construtivas que tornam possível a execução de uma via de acesso como uma ponte. Dentre os métodos, o que possuir a união entre custo/benefício, segurança e menor tempo, deve ser o método selecionado para concretização do projeto. Segundo Pinho e Bellei (2007), em geral toda montagem de pontes e viadutos requer um estudo mais detalhado, onde se defina passo a passo todo o processo a ser usado ao longo da mesma. Usualmente, os métodos construtivos são:

- Construções “in loco” (moldadas no local);
- Pré-moldados;
- Balanços sucessivos;
- Aduelas ou segmentos progressivos.

2.3.1 Construção “In Loco”

Nas construções “in loco”, como o próprio nome diz, as peças estruturais são todas moldadas e concretadas no local final de execução. Esta metodologia só é possível em ocasiões favoráveis, onde seja possível a fabricação do elemento na posição exata de projeto. Quando possível, este método traz uma redução relativamente significativa na obra por dispensar o uso de máquinas de içamento.

2.3.2 Pré-moldados

De acordo com Marchetti (2008), neste método executivo os elementos da superestrutura são executados fora do local definitivo. Segundo Diniz (2006), A construção em pré-moldado é tradicionalmente feita através de elementos ligados por articulações fixas ou móveis. As peças pré-moldadas são montadas a seco, sobre argamassa, sobre almofadas de elastômeros, livres para se movimentar, ou fixas através de pinos ou outro dispositivo. No final da fabricação e no momento em que o local final estiver pronto para receber os elementos pré-moldados, estes devem ser içados com extrema segurança e postos no local final conforme projeto.

2.3.3 Em balanços sucessivos

Ainda segundo Marchetti (2008), este processo é “in loco” com aspectos especiais, caracterizado pela superestrutura da ponte ser executada em seções progressivas a partir dos pilares já construídos, onde cada nova etapa se apoia no balanço da etapa anterior executada. Um dos pontos vantajosos dessa metodologia executiva é quase que sempre a eliminação total

do uso de escoamentos intermediários (cimbramentos, treliças etc). Este processo faz o uso de concreto protendido que é indicado para vencer os grandes vãos gerados pelos balanços, apesar das etapas iniciais serem em concreto armado.

2.3.4 Em aduelas ou segmentos progressivos

De maneira semelhante à anterior, o processo de aduelas é feito em etapas progressivas sobre balanços, tendo como fator distinto a questão de os elementos da superestrutura serem construídos de forma pré-moldada e içados ao local.

2.4 PATOLOGIAS E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

O cenário nacional transparece situações frequentes que envolvem o mau uso dos recursos fornecidos pelo governo à construção civil, estes que são poucos para as diversas necessidades da construção civil; isso impõe a necessidade de construir com muito critério, as etapas de projeto, execução e manutenção das obras em geral. A garantia de segurança e os altos orçamentos relacionados à recuperação estrutural tornam gritante a necessidade de minimização das manifestações patológicas que possam surgir com o passar do tempo sobre uma estrutura. Particularmente falando, o estado de Alagoas, segundo fontes responsáveis do Departamento de Estradas e Rodovias (DER-AL), tem grande carência no setor de manutenção das obras de arte especiais em geral, isso implica em uma vasta precariedade estrutural em diversas pontes do corpo estradal alagoano.

Helene (2005) explica que o custo de uma medida preventiva tomada na etapa de projeto equivale ao número 1, em caso da necessidade de uma medida extra projeto tomada durante a execução da obra, esse número equivale a um custo 5 (5 vezes o custo de uma medida tomada na etapa de projeto), se eventualmente for necessária a execução de uma medida preventiva durante o período de uso e manutenção sobre a estrutura, esse custo equivale a 25, que ainda é baixo em relação ao custo de um reparo sobre uma estrutura comprometida com problemas evidentes, representado por um custo 125 vezes maior do que se tivesse sido tomada uma medida preventiva na etapa de projeto.

Em pontes, o contato direto do concreto com a água favorece o processo de degradação, fazendo com que seja frequente o surgimento deste processo em pilares submersos. Segundo Cánovas (1988), a variação de nível da água sobre estruturas de concreto é prejudicial devido à ocorrência de variação entre estados de saturação e ressecamento que implicam na deterioração do concreto por conta da cristalização dos sais que ficam retidos nos poros que se unem ao processo de expansão causando tensões sobre o material.

Souza E Ripper (1998) define que as causas do enfraquecimento estrutural são variadas, partindo do envelhecimento natural até os acidentes, contando com possíveis erros de profissionais desqualificados. Ainda segundo os autores, de forma genérica, as patologias das estruturas é o estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

Segundo Carvalho (2010), a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto, da espessura e da qualidade do concreto do cobrimento da armadura. Bauer (2008) faz relação da durabilidade dos elementos de concreto com o eventual ataque de agentes agressivos a que eles estejam sujeitos durante a sua vida em serviço. O autor classifica os agentes agressivos de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 01 – Classificação dos agentes agressivos

Agentes	Concreto	Armadura
Mecânicos	Abrasão, choques, vibração, Fadiga.	
Físicos	Temperatura	
Físico-químicos		Corrosão Eletroquímica Corrosão sob tensão
Ecológicos Químicos	Águas puras, Águas carbônicas, Águas sulfatadas, Água do mar, Agentes reativos.	Oxidação
Intrínsecos	Reação álcali-agregado	
Biológicos	Bactérias	

Fonte: Adaptado de Bauer, 2008, p.302

De acordo com Fusco (2012), a boa durabilidade do concreto das estruturas depende de sua fabricação com materiais não expansivos e de sua capacidade de resistir às agressões provenientes do meio externo. Os mecanismos de agressão são de diversos tipos, alguns de natureza física e outros de natureza química.

Helene (2005) diz que os problemas patológicos em quase sua unanimidade apresentam manifestações características que indicam qual a natureza, a origem e as prováveis consequências. Além de manifestações patológicas, também podemos chamar de lesões, danos e defeitos estruturais que podem ser descritos e classificados em prol da elaboração de um primeiro diagnóstico, a partir de inspeções visuais qualificadas.

Notoriamente e como mencionado no segundo parágrafo deste tema, as possibilidades de deterioração das estruturas de concreto são diversas, sobre as etapas principais, Souza E Ripper (2009) expõe em forma de tabela, os principais possíveis responsáveis das manifestações patológicas nas estruturas em diversos países.

Tabela 02 – Principais causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto (%)

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	⇐ 49 ⇒		
C.S.T.C. (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	⇐ 40 ⇒		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	⇐ 88 ⇒			12
E.N.R. (U.S.A.) (1968 - 1979)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	⇐ 40 ⇒		16
Jean Blévat (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Fonte: Souza e Ripper (2009)

Já Helene (2005), ilustra as principais causas dos problemas patológicos seguindo o seguinte gráfico:

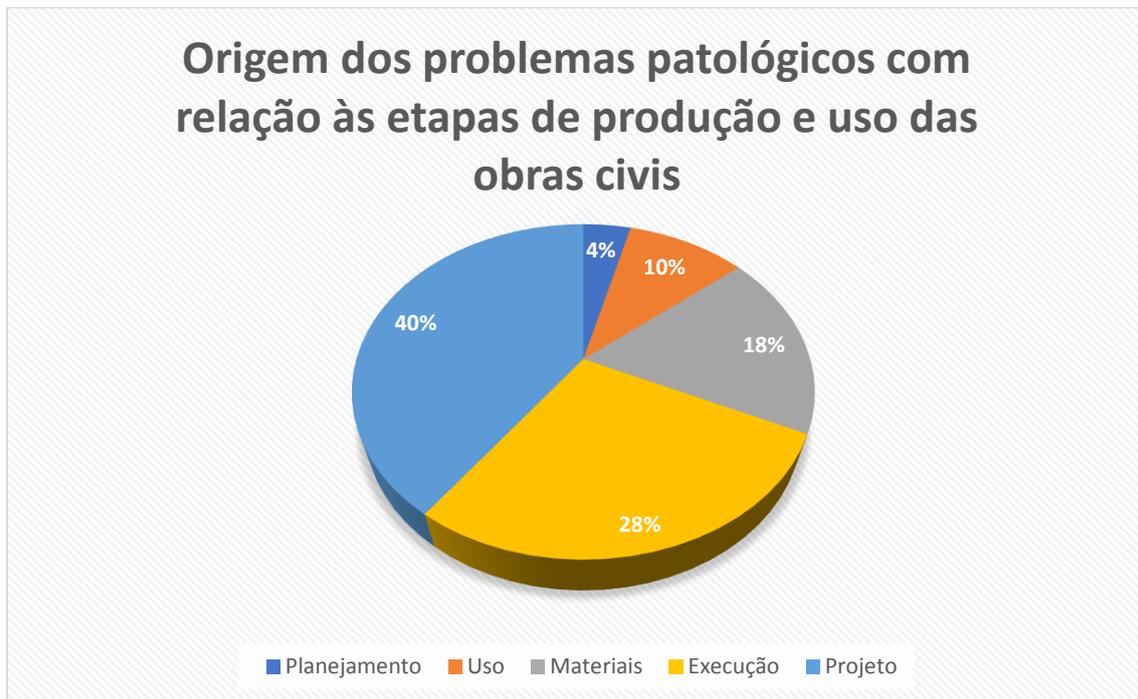


Figura 08 – Gráfico de problemas patológicos – Fonte: Adaptado de HELENE, 2005, p.25

De acordo com Rocha (2015), as manifestações patológicas devem ser estudadas a fim de ser feita uma avaliação correta e assim, a adoção do melhor método para recuperação e proteção da estrutura, satisfazendo as condições técnicas e econômicas.

Recentemente, com o período de chuvas ao redor do estado alagoano, o sistema estrutural das pontes esteve à prova e com isso, além das manifestações patológicas que surgem com o decorrer do tempo, foram relatados deslizamentos e erosões causadas pelo despreparo dos entornos da obra. A partir do conhecimento da importância de análises patológicas em pontes de concreto armado, a fim de estruturar os relatórios de inspeção deste trabalho, é importante relatar de forma objetiva sobre os principais causadores da queda da confiabilidade estrutural deste tipo de obra civil.

2.4.1 CORROSÃO

As pontes são estruturas que têm extremo contato com o meio ambiente trabalhando muitas vezes em contato direto com a água, fatores estes que são propícios ao surgimento de manifestações de corrosão. Elementos estruturais sobre o efeito de corrosão, de modo infeliz, são facilmente encontradas nas obras de concreto armado em pontes, segundo Cánovas (1988) deve ser levado em consideração em um concreto que tenha contato direto com a água, fatores como o tipo de cimento empregado, dosagem deste cimento, superfície específica do cimento, conteúdo de aluminato e silicato tricálcico, conteúdo de álcalis do cimento, concentração das soluções agressivas ambientais, temperatura média do ambiente, fator água/cimento do traço, qualidade e natureza dos agregados, compactidade do concreto e a cura.

Este evento deteriora o sistema estrutural do concreto armado e acaba por transparecer, na maioria das vezes, certa displicência tanto pelo órgão investidor quanto pelo setor executor do empreendimento, que permitem situações de extremo risco sem a aplicação de medidas assistenciais.

Lapa (2008) diz que a corrosão pode ser definida como a deterioração de um material por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos. No concreto armado, o estudo e tratamento da corrosão são importantes tanto no aço como no concreto, onde as ações do tipo químico são as que maiores prejuízos causam.

De acordo com Fusco (2012), para que as armaduras dentro do concreto sofram corrosão, é preciso que junto a elas haja umidade e oxigênio, pois, o meio em que elas estão mergulhadas é alcalino. Segundo Tuutti (1982) o PH do concreto está entre 13 e 14.

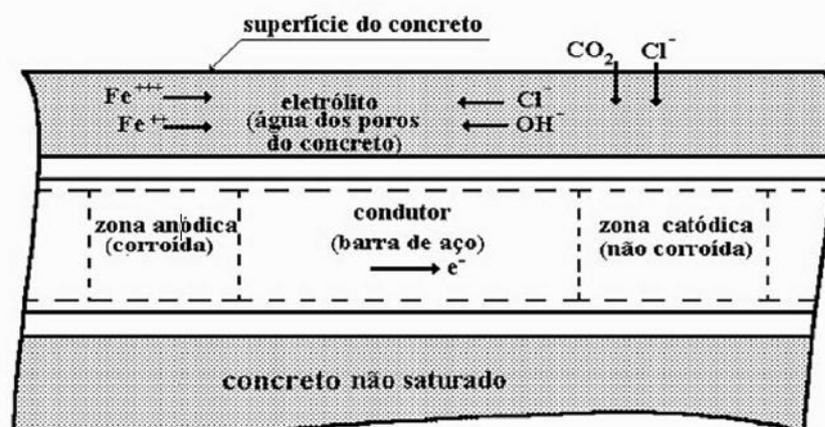


Figura 09 – Esquema do processo corrosivo – Fonte: SOUZA E RIPPER, 2009, p. 67

Em sua dissertação, Freire (2005) comenta que a corrosão e a deterioração do concreto podem estar associadas a fatores mecânicos, físicos, biológicos ou químicos, dentre estes, tendo como exemplos os seguintes agentes:

- mecânicos – vibração e erosão;
- físicos – variações de temperatura;
- biológicos – bactérias;
- químicos – produtos químicos como ácidos e sais.

“Os aços estruturais, quando são expostos à atmosfera, apresentam uma forte tendência a corroer-se, devido à presença de vários fatores, entre eles: umidade relativa, presença de umidade (chuva, orvalho, névoa) e de contaminantes (cloreto, sulfato, material particulado) sobre a superfície do aço, presença de ciclos úmidos/secos, pH do meio, vento e natureza dos produtos de corrosão.” (CARMONA, 2005, p.12).

Projetos de estruturas de concreto armado são executados em função da área de aço necessária para resistir, em parceria com o concreto, aos esforços solicitantes sobre a estrutura. Alterações causadas pelo processo corrosivo estão ligadas diretamente ao grau de confiabilidade do empreendimento.

De acordo com Souza e Ripper (2009), a corrosão das armaduras é um processo que avança de sua periferia para o seu interior, havendo troca da seção de aço resistente por ferrugem (produto da reação oxidante), o que faz diminuir a seção útil da armadura, reduzindo sua capacidade resistente. Ainda segundo o raciocínio do autor, é possível pontuar os principais efeitos negativos da corrosão no concreto armado:

- Perda de aderência das barras de aço e do concreto, alterando a função estrutural da peça;
- Desagregação da camada de concreto envolvente sobre a armadura, isso ocorre devido a criação de óxido de ferro hidratado ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) gerada pelo Ferro, que para ocupar seu espaço, gera um aumento considerável de volume na barra de aço e acaba por exercer pressão sobre o concreto que é capaz de danificá-lo;
- Fissuração, processo este que ocorre pela continuidade da desagregação. Com a abertura das fissuras, o concreto armado tem maior contato com agentes agressivos externos, o que acelera e potencializa o processo corrosivo, que se não for solvido, pode chegar a condenação da estrutura.



Figura 10 – Concreto armado sobre efeito da corrosão – Fonte:Clubedoconcreto.com.br, 2015

Em sua tese apresentada à Lund University, Tuutti (1982) explica que o processo de corrosão se inicia através dos cloretos que penetram no aço, podendo contrariar a passividade localizada quando o eletrólito (água) está altamente alcalino; a camada de concreto é alterada quimicamente quando o CO_2 penetra o material, em seguida, a solução presente nos poros é neutralizada, dando origem ao processo de carbonatação.

Segundo Sartori (2008), são fatores preponderantes na influência da criação de um estado de corrosão da armadura: ambientes agressivos, porosidade elevada, alta capilaridade, deficiência no cobrimento, materiais de construção com problemas e fissuração acentuada. A corrosão do aço pode ser ilustrada pelo esquema abaixo:

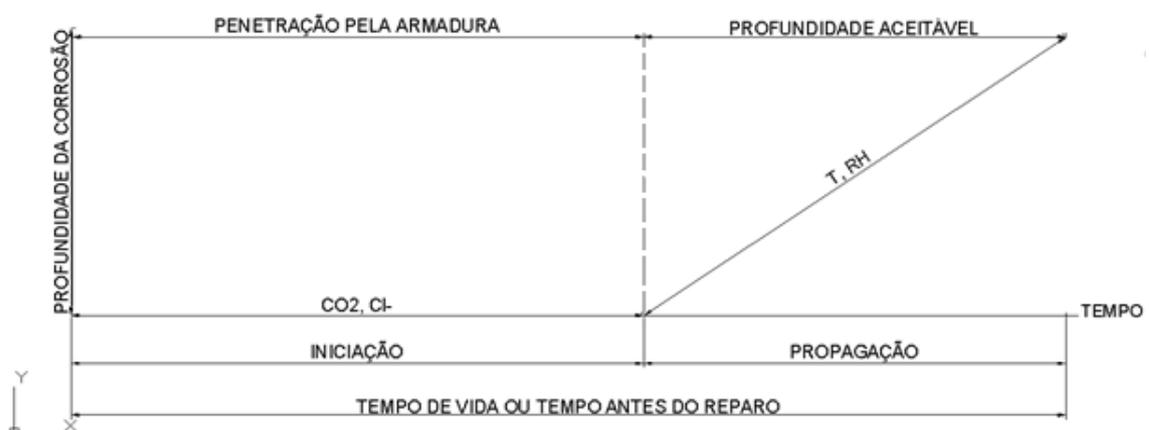


Figura 11 – Esboço esquemático da sequência de corrosão do aço no concreto – Adaptado de TUTTI,1998, p.18

O esquema ilustra que a vida de serviço do concreto armado, baseado na corrosão da armadura, o gráfico está subdividido em duas fases, a de iniciação e a de propagação. O

comprimento do período de iniciação é determinado pelo quão rápido o concreto que cobre a armadura é atingido de forma com que permita a penetração de elementos nocivos, chegando ao aço. Em seguida, ocorre a propagação da corrosão até que a estrutura seja condenada ou reparada.

De forma resumida, para evitar o processo de corrosão, o concreto deve conter a menor quantidade de vazios possível, ter sua fissuração controlada, cobrimento respeitado de acordo com a classe de agressividade ambiental e espessura relacionada aos esforços solicitantes.

2.4.2 DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO

Sendo um dos sintomas mais característicos da existência de um ataque químico sobre a estrutura, a desagregação tem como principal característica a perda da coesão entre as partículas que compõem o concreto.

A desagregação ocorre quando o cimento vai perdendo seu caráter de aglomerante, fazendo com que parte dos agregados fiquem livres da união que a pasta de cimento proporciona. O fenômeno se inicia na superfície dos elementos de concreto gerando mudança de cor, fissuração e desarranjo das camadas externas do concreto, devido à variação de volume, o que desintegra a massa da estrutura, gerando deficiência na coesão e, conseqüentemente, queda de resistência. A melhor medida para prevenir este tipo de patologia é a produção de um concreto muito compacto, com um traço bem elaborado, cimento adequado e um processo de vibração primoroso durante a concretagem (CÁNOVAS, 1988). De acordo com Souza e Ripper (2009), este fenômeno apresenta a separação física das placas de concreto, fazendo com que o mesmo perca a funcionalidade monolítica (trabalhar de forma uniforme), que é deteriorada pela perda do engrenamento entre os componentes do concreto, prejudicando sua capacidade resistiva.

Segundo Bauer (2008), as causas fundamentais são duas:

- Reações com o hidróxido de cálcio, proveniente da hidratação dos componentes do cimento;
- Reações do íon sulfato, entre o sulfato e a aluminato presente no interior do concreto, originando reações expansivas que deterioram o concreto.

Os vazios de concretagem, conhecidos como bicheiras, acarretam na segregação dos componentes do concreto e a presença de vazios indesejáveis na estrutura, causados pelo não preenchimento de partes da peça de concreto que tornam o concreto mais poroso e propiciando ataques químicos. Esta falha pode ser causada na etapa de controle tecnológico do concreto, na etapa de projeto ou pelo adensamento incorreto durante a concretagem.



Figura 12 – Concreto desagregado – Fonte: equipedeobra.pini.com.br, 2016

2.4.3 REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO

A reação álcali-agregado é um dos fenômenos mais ofensivos que podem ocorrer nas estruturas de concreto. As pontes de concreto, por estarem situadas normalmente em locais de alta umidade, são bastante propícias para a ocorrência desta reação.

Segundo West (1996), a reação ocorre quando os álcalis da pasta de cimento ou de uma fonte externa, reagem com os minerais dos agregados, formando substâncias expansivas que deterioram o concreto. Estas reações podem ser divididas em três: álcali-sílica, álcali-silicato e álcali-carbonato.

Reação álcali-sílica: surge entre a sílica amorfa e certos tipos de vidros, e os íons hidroxilas provenientes da dissolução dos hidróxidos alcalinos (SANCHEZ, 2008). Neste fenômeno participam a sílica reativa dos agregados e os álcalis na presença de hidróxido de cálcio originado pela hidratação do cimento, onde é formado um gel com propriedades expansivas; é o tipo que se desenvolve mais rápido.

Reação álcali-silicato: sendo similar e mais lenta que a anterior, esta reação tem a participação dos álcalis e alguns tipos de silicatos presentes em rochas. É uma particularidade da reação álcali-sílica que está relacionada à presença de quartzo tensionado ou minerais expansivos de classe dos filossilicatos. (NBR 15577:2008)

Reação álcali-carbonato: Segundo Neville (2013), é uma reação rara e pode ocorrer entre agregados de calcário dolomítico e os álcalis do cimento. As reações expansivas são quase sempre associadas à presença de argila e a incerteza sobre o efeito pozolânico no controle da substância. Como a reação regenera os hidróxidos alcalinos, a reação terá continuidade até que a dolomita tenha reagido por completo ou que a fonte de álcalis se esgote, deteriorando o concreto de forma constante.

“A reação ocorre, principalmente no exterior do concreto em condição de umidade constante ou quando existe uma alternância entre molhagem e secagem ou em temperaturas elevadas.” (NEVILLE, 2013, p.266)

De acordo com Rolim (2010), O fenômeno tem a capacidade de gerar um gel que em presença de água, a absorve, causando aumento de volume e, conseqüentemente, desagregações e tensões no concreto que quando superam a sua resistência, causam fissuras nos agregados e no concreto propriamente dito.

São fatores que colaboram com a reação: composição do agregado, porosidade do agregado, disponibilidade de água na pasta, permeabilidade na pasta de cimento e quantidade de álcalis no cimento. Taylor (1992) comenta que no caso de concreto armado, as fissuras aparecem paralelas à armadura ou em forma de “mapas”.



Figura 13 – Concreto sobre reação Álcali-agregado – Fonte: engenhariacivil.com, 2016

A intensidade e a velocidade das reações expansivas dependem da concentração e da fase reativa no agregado (Kihara,1986).

Segundo Mizumoto (2009), os sintomas da reação surgem com o passar dos anos em forma de fissuras e deformações estruturais, o que é similar a outras causas patológicas, trazendo uma certa dificuldade de identificação da causa exata de uma manifestação de álcali-agregado.

A expansão e as fissuras causadas pela reação além da temperatura adequada, requerem basicamente três fatores: quantidade suficiente de agregado reativo, compostos alcalinos (sódio e potássio) nos poros do concreto e a presença de umidade.

2.4.4 CARBONATAÇÃO

Baseado em Yazigi (2008), a carbonatação é um processo de redução da alcalinidade do concreto causada pela presença de CO_2 (dióxido de carbono) durante a hidratação do cimento, o processo é potencializado pela temperatura e pelas condições de umidade presentes internamente ou superficialmente no concreto.

“O processo de carbonatação ocorre com maior rapidez em concretos de baixa qualidade e em ambientes cuja umidade relativa varia entre 50 e 70%.” (HELENE, 2008, p.46).

Segundo Souza e Ripper (2009), o problema da carbonatação é quando ela atravessa a camada de cobrimento e atinge a armadura, fazendo com que o filme óxido desta seja quebrado e assim, se inicie o processo de corrosão. Caso se mantivesse limitada ao cobrimento, a carbonatação poderia ser benéfica ao concreto, melhorando resistências químicas e mecânicas.

De acordo com Rocha (2015) o dióxido de carbono atinge os poros por meio da difusão, reagindo com o hidróxido de cálcio no interior do concreto. O resultado desta reação é a formação de carbonato de cálcio e a redução do pH do concreto a valores inferiores a 9.

A determinação da profundidade da carbonatação pode ser quantificada de forma parcial, com medidores colorimétricos de pH. Devido à praticidade, custo, rapidez e precisão considerável, o composto químico mais utilizado é a fenolftaleína, que responde com mudança de cor rósea (rosa claro à rosa escura) a um intervalo de pH de 8 à 9,8 e atingindo a cor carmim ou roxa para pH entre 10 e 12. Ou seja, no teste com fenolftaleína, a parte do concreto sem cor está carbonatada.



Figura 14 – Concreto carbonatado (teste com fenolftaleína) – Fonte: cimentoitambe.com.br, 2009

2.4.5 LIXIVIAÇÃO E EFLORESCÊNCIA

Em pontes de concreto, a lixiviação ocorre com frequência por geralmente haver contato direto da estrutura com a água em ambientes agressivos. Segundo Souza e Ripper (2009), este processo se caracteriza pela dissolução e arraste do hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 presente na pasta de cimento Portland endurecido (liberado na hidratação), que vai em direção à superfície externa do elemento através da passagem da água pela estrutura. Este processo faz com que ocorra uma reação química de remoção destes compostos hidratados, reduzindo o pH do concreto.

A lixiviação com esse processo de dissolução, transporte e deposição do hidróxido de cálcio (que forma os estalactites e estalagmites na superfície do concreto), dá origem à manifestação patológica chamada de eflorescência, esta manifestação tem coloração esbranquiçada e é localizada na superfície do elemento de concreto afetado.

O fenômeno torna o concreto mais poroso, por dar espaço para a decomposição de outros hidratos presentes no concreto, o que gera enfraquecimento do concreto e suscetibilidade da armadura ao processo corrosivo.

Assim como Souza e Ripper, Andrade (1992), afirma que a lixiviação aumenta a porosidade do concreto facilitando o ingresso de mais agentes agressivos, o que contribui com a deterioração gradativa do concreto armado.



Figura 15 – Eflorescência sobre estrutura de concreto – Fonte: ecivilnet.com, 2016

2.4.6 FISSURAÇÃO

A fissuração é a característica do evento em que a tensão resistiva de parte da estrutura ou de toda ela, está sendo superada (fissura ativa) ou foi superada (fissura passiva) por algum tipo de esforço sobre ela, sejam estes de origem interna ou externa; as fissuras podem se manifestar após anos, semanas ou até mesmo após algumas horas. Segundo Helene (2005), existindo alguma deficiência na estrutura de concreto armado, as fissuras são geralmente, a forma de manifestação do problema. A configuração da fissura pode levar às causas da deterioração estrutural, podendo ser por ações internas como ação expansiva da armadura corroída, retração ou expansão do concreto e por ações externas devido a esforços solicitantes excessivos ou não dimensionados na etapa de projeto. Bauer (2008) explica que em todos os elementos de concreto podem aparecer fissuras, porém, devem ser identificadas as origens, intensidades e magnitudes para caracteriza-las como deficiência estrutural ou não. Ainda segundo o autor, é de suma importância detectar o motivo do aparecimento da fissura a fim de encontrar a medida terapêutica cabível para a recuperação da estrutura.

“A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras.” (NBR 6118:2014, p.79).

As causas das fissuras podem ser diversas, de acordo com Cánovas (1988), podendo se justificar o aparecimento de fissuras pelos seguintes itens:

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

É necessário que o processo de cura seja bem conduzido, evitando a perda de água descontrolada e uma retração ou expansão indesejável. O concreto deve passar pela sua reação

exotérmica com “saúde” e ter seu controle de qualidade durante os 28 dias recomendados pela literatura, atingindo sua resistência estimada.

As constantes variações de temperatura geram variações de volume, que acarretam na fissuração, diminuindo sua capacidade resistiva e contribuindo com ataques químicos que intensificam a incidência deste tipo de manifestação patológica, deteriorando a estrutura. Diversas possibilidades que podem levar as peças de concreto armado a fissurar tornam imprescindível que o projeto e a metodologia de execução sigam restritamente as indicações presentes nas normas regulamentadoras, a fim de reduzir a possibilidade desta manifestação patológica.

A fissuração pode ocorrer durante o estado plástico do concreto, quando ainda está fresco, este fenômeno ocorre principalmente devido à rápida e descontrolada perda de água do material durante processo de enrijecimento. No concreto convencional, a água é o elemento de menor densidade, o que faz com que ela se acumule na superfície do concreto fresco e que os agregados miúdos e graúdos se sedimentem, processo denominado de exsudação. A água presente na superfície tem seu processo de evaporação acelerado por ações do vento, temperatura, baixa umidade do ar ou pode ser absorvida por formas de madeira. A perda de água descontrolada acarreta no acúmulo indesejável de vazios e variação de volume com retração ou expansão, o que deteriora o concreto, alterando a sua resistência e favorecendo o surgimento destas fissuras.

Diversos tipos de patologias acarretam em fissuração, conseqüentemente existem várias formas de recuperar uma estrutura em estado de fissuração, porém, como mencionado, é primordial identificar a origem da fissura e o seu comportamento. Neville (2013) traz um interessante estudo internacional da Concrete Society (1982) sobre a fissuração, que expressa detalhes importantes sobre os tipos, características, causas e métodos corretivos.

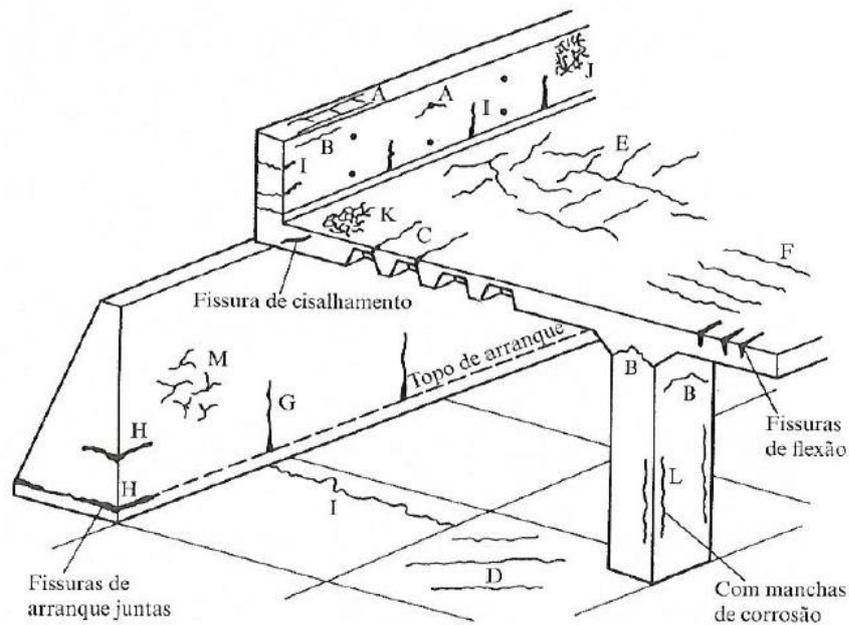


Figura 16 – Ilustração dos tipos de fissuras – Fonte (NEVILLE p.250 *apud* CONCRETE SOCIETY N.22, 1982, p.38)

Tabela 03 – Tabela de fissuração

Tipo de Fissura	Símbolo na figura 16	Subdivisão	localização mais comum	Causa principal	Causas secundárias/fatores	Metodos corretivos	Tempo de aparecimento
Assentamento Plástico	A	Sobre a armadura	Seções espessas	Exsudação excessiva	Condição para secagem precoce	Reduzir exsudação (revibração ou incorporação de ar); revibrar	10 min à 3 horas
	B	Em arco	Topo de pilares				
	C	Mudança de espessura	Lajes nervuradas				
Retração plástica	D	Diagonal	Pisos e lajes	Secagem precoce e armadura próxima à superfície	Velocidade de exsudação baixa	Iniciar a cura mais cedo	30 min à 6 horas
	E	Aleatória	Lajes armadas				
	F	Sobre a armadura	Lajes armadas				
Retração Térmica Inicial	G	Restrição externa	Paredes espessas	Geração excessiva de calor de hidratação	Resfriamento rápido	Reduzir calor e/ou isolar	um a dois dias ou três semanas
	H	Restrição interna	Lajes espessas	Gradientes de temperatura excessivos			
Retração por secagem em longo prazo	I		Lajes e paredes finas	Juntas ineficientes	Retração excessiva e cura ineficiente	Reduzir quantidade de água e melhorar a cura	Várias semanas à meses
Mapeadas	J	Junto às formas	Concreto aparente	Fôrmas impermeáveis	Misturas ricas e cura inadequada	Melhorar cura e acabamentos	um à sete dias, podendo ser mais tarde
	K	Concreto desempenado	Lajes	excesso de desempenho			
Corrosão de armadura	L	Natural	Pilares e Vigas	Cobrimento isuficiente	Concreto de baixa qualidade	Eliminar as causas listadas	Mais de dois anos
Reação alcali-agregado	M		Locais úmidos	Agregados reativos e cimento com alto teor de álcalis		Prevenção na escolha do material	Mais de cinco anos

Fonte: Adaptado Neville, 2013, p.252 *apud* CONCRETE SOCIETY Technical report 22, 1982

O tratamento de fissuração é orientado em duas classes distintas segundo publicação de recuperação de pontes e viadutos IPR 744 (2010) que indica como devem ser tratadas essas manifestações patológicas:

Fissuras mortas ou inativas: são fissuras cujas aberturas não têm variação de tamanho e não tem possibilidade de piora, fissuras estáveis. Como tratamento para este tipo pode tanto ser apenas escovado o local da fissura e preenchido com argamassa de cimento e areia como pode ser feito um alargamento em forma de V com argamassa.

Fissuras vivas ou ativas: são fissuras que ainda estão sujeitas a movimentações e variação de tamanho. O tratamento deste tipo de fissura é normalmente feito com compostos à base de betume e poliuretanos a depender do tamanho da fissura ativa, se é de grande abertura ou pequena abertura.

2.4.7 DANOS POR COLISÕES E POR FOGO

O impacto de um corpo sobre os elementos de uma ponte pode ter diversas consequências a depender das massas, velocidades e deformabilidades dos elementos envolvidos no momento da colisão.

As colisões são potenciais agravantes das manifestações patológicas, deteriorando a estrutura, causando fissuração excessiva, diminuindo a resistência à agressão ambiental e podendo levá-la ao colapso oriundo de uma carga não prevista na etapa de projeto. Em pontes, existem elementos estruturais de segurança como guarda-corpo e guarda-rodas que servem para prevenção de maiores danos em caso de acidentes sobre a laje, estes são próprios para absorver impactos de pequeno e médio porte. Para o caso de uma colisão na parte de mesoestrutura e infraestrutura, gerada pelo impacto de embarcações ou outros objetos que possam ser transmitidos até a ponte, os danos são maiores e a chance da necessidade de recuperação, reforço ou reconstrução da estrutura é alta.



Figura 17 – Ponte atingida por embarcação na china – Fonte: G1.com (2007)

As estruturas de concreto armado quando submetidas a altas temperaturas como a presença de fogo, têm a microestrutura alterada de acordo com o aumento da temperatura. De acordo com a federação internacional de concreto estrutural *fib* nº38 (2007), quando o concreto é exposto ao fogo, pode sofrer de três tipos principais de deterioração: redução de propriedades mecânicas, deformações térmicas excessivas e deslocamento (*spalling*) intenso. O estudo também comenta que a influência do aquecimento dependerá da taxa de calor, condição de umidade inicial, estado limite, geometria, tamanho, carregamento sobre a estrutura e componentes do concreto.

Segundo Taylor (1990), devido à baixa condutividade térmica e alto calor específico do concreto, em caso de fogo sobre uma estrutura de concreto armado, a armadura estará com boa proteção, porém, o concreto em si é prejudicado devido ao comportamento da pasta de cimento em variações de temperatura. Quando em temperaturas baixas, a pasta de cimento, com o decorrer do aumento da temperatura, sofre expansão progressivamente até os 300°C, onde ocorre uma contração desproporcional devido à perda de água e os agregados seguem em processo expansivo gerando tensões resultantes que podem acarretar perda de resistência na estrutura, fissuração e deslocamento.

Cánovas (1988) comenta que as estruturas de concreto armado após atingirem uma temperatura de 100°C sofrem pela perda de aderência entre o aço e o concreto, em função da duração e da intensidade do aquecimento chegando a ponto de perder totalmente a aderência ao chegar nos 600°C, o que desorganizaria a função estrutural do elemento.



Figura 18 – Incêndio sobre ponte – Fonte: guideengenharia.com.br, 2015



Figura 19 – Laje de concreto armado danificada por ação do fogo – Fonte: g1.globo.com, 2016

2.5 FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE PONTES

A etapa construtiva é um fator predominante para a durabilidade e eficiência da estrutura, diversas patologias podem ser evitadas ou retardadas caso haja eficiência nos projetos, na execução e na manutenção de pontes de concreto armado.

Pontes são estruturas especiais devido a sua complexidade e seu contato direto com o meio ambiente e caso existam deficiências, estas devem ser diagnosticadas e corrigidas em tempo hábil, mediante a uma terapia adequada e com o menor custo possível.

“Obras curtas com saia de aterro sem proteção, drenagem inadequada, ausência de pingadeiras, cobrimentos insuficientes das armaduras, aparelhos de apoio mal dimensionados, juntas de dilatação mal escolhidas e mal dimensionadas, fundações inadequadas para condicionantes geotécnicas locais e pilares mal locados são algumas das principais deficiências diretamente ligadas ao projeto e que certamente darão origem a uma série de patologias.” (IPR 744, 2004, p.70)

2.5.1 FALHA NA CONCRETAGEM

A etapa de concretagem deve ser minuciosamente controlada devido ao alto índice de acidentes e prejuízos que pode gerar, caso seja feita de forma incorreta. Na etapa de concretagem as operações devem ser controladas por etapas, sendo orientadas de acordo com as normas regulamentadoras respectivas:

- Correta locação das formas concretadas;
- Verificação das quantidades corretas de cimento, agregados, água e aditivos (caso tenha);
- Mistura correta do composto, garantindo uniformidade;
- Verificação do posicionamento das formas e armadura com verificação da qualidade e quantidade das mesmas;
- Garantia do cobrimento da peça de acordo com o projeto;
- Transporte adequado até o local de lançamento;
- Lançamento com altura controlada, sobre camada limpa e própria para a aderência do concreto;
- Adensamento de modo a obter uma massa densa e uniforme, eliminando o ar aprisionado e forçando as partículas a terem uma maior proximidade entre elas;
- Cura adequada, mantendo a perda de umidade do concreto controlada;
- Moldagem e ensaios com corpos de prova a fim de obter o estudo de resistência do concreto utilizado.

2.5.2 FALHA EM JUNTAS DE DILATAÇÃO

A junta de dilatação é um ponto frágil que serve para prevenir ou limitar as tensões provenientes de variações nas dimensões do concreto ou permitir a concretagem de grandes peças mantendo sempre o concreto impermeável a líquidos (BAUER, 2008).

Além das suas próprias patologias, a junta tem a penetração das águas pluviais que são deletérias para as pontes, tornando necessária sua inspeção periódica. As juntas devem ser corretamente dimensionadas e locadas de forma com que assegurem a prevenção de dilatações térmicas e esforços não previstos que possam alterar o volume do elemento para cada local da estrutura em que seja aplicada. É prevista uma adequação das seções determinadas para o seu posicionamento e manutenção caso a funcionalidade da junta esteja comprometida.



Figura 20 – Ponte com falha na junta de dilatação – Fonte: Ecoacre.net, 2015

2.5.3 FALHA EM INSTALAÇÕES DE DRENAGEM

A finalidade do sistema de drenagem é remover rapidamente as águas pluviais do estrado, evitando acidentes de tráfego e as densas consequências da permanência de águas que se tornam poluídas no estrado.

Diversos acidentes e formas de deterioração podem surgir se a etapa de drenagem não for executada corretamente. As ações que a água pode causar são devastadoras para uma ponte, tanto para o tráfego sobre ela quanto para a sua funcionalidade estrutural. A drenagem deve estar de acordo com condições previstas por norma de forma que:

- Possibilite declividade única caso seja uma obra de arte curta;
- Sempre que possível, executar declividade de pelo menos 2%;
- Possuir elementos de captação de água pluvial em bom estado;
- Possuir drenos que evitem acúmulo de água na parte interna da estrutura com distanciamento adequado por norma;
- Evitar deterioração da estrutura por acúmulo de água.

2.5.4 FALHAS EM ENCONTROS

“Encontros são elementos estruturais que possibilitam uma boa transição entre obras de arte especiais e rodovias; ao mesmo tempo em que são os apoios extremos das obras de arte, são elementos de contenção e estabilização dos aterros de acesso.” (DNER698/100, 1996, p. 53).

Os encontros são de suma importância para a transição entre o estrado e a ponte, estes devem ser bem executados de forma com que estejam seguros contra:

- Movimentação Vertical;
- Movimentação Lateral;
- Movimentação Rotacional;
- Erosão;
- Falência de materiais.

2.5.5 FALHAS EM APARELHOS DE APOIO

Segundo o Manual de Inspeção de Pontes IPR 709 (2004), o aparelho de apoio é um dispositivo que faz a transição entre a superestrutura e a mesoestrutura, ou a infraestrutura, nas pontes sem pórticos. Os aparelhos podem ser fixos ou móveis a depender do projeto, tendo como principal função:

- Transmissão de carga da superestrutura para mesoestrutura ou para infraestrutura;
- Permitir movimentos longitudinais da superestrutura devido à esforços característicos por efeitos de temperatura, expansão e retração;
- Permitir rotações da superestrutura, motivadas pelas deflexões provocadas pela carga permanente e pela carga móvel

Os aparelhos de apoio, devem estar firmemente fixados, sem folgas, corretamente alinhados, em bom estado de conservação, isentos de detritos e em completo e mútuo contato com a superestrutura. Atualmente, o aparelho de apoio mais utilizado é o aparelho móvel tipo Neoprene, que é basicamente uma placa composta por elastômero e aço que tem como características a capacidade de rotação com pequena resistência e transmissão de reação de apoio em área bem definida.

Caso o aparelho se encontre fora dos padrões, o mesmo deve ser trocado com o auxílio de macacos hidráulicos antes que cause maiores prejuízos à estrutura como um todo.



Figura 21 – Aparelho de apoio esmagado – Fonte: IPR 709, 2004

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa executa a explanação do tema proposto, aprofundando o conhecimento sobre a situação atual das pontes de concreto localizadas na área estudada. O autor realiza uma atividade técnica que abrange a coleta de dados através de um exame minucioso “in loco” de 4 pontes localizadas na BR-423, seguindo as normas de inspeção propostas pela ABNT NBR 9452:2016 e IPR 709:2004, a fim de elaborar um relatório que represente o atual caráter estrutural da ponte. Os elementos de estudo foram escolhidos devido à proximidade da cidade do campus universitário, facilitando assim o deslocamento. Foram selecionadas pontes com acessos possíveis e em estados mais críticos. As pontes estudadas não possuem registro de manutenções nos últimos dez anos segundo fontes responsáveis do Departamento de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o que proporciona efeitos que deterioram a obra, ou seja, proporciona o surgimento de manifestações patológicas sobre a estrutura.

A inspeção é caracterizada como de caráter Rotineiro, ou seja, uma inspeção programada em prol da coleta de dados e identificação de anomalias aparentes. Os métodos utilizados nesta pesquisa são: descritivo, fazendo a análise dos dados das pontes como um todo e qualitativo, ao identificar a sua situação atual em relação ao desempenho da estrutura. O estudo deve ser feito de forma que determine as manifestações patológicas existentes nas pontes em análise, apontando sua possível causa e enfim, expondo uma sugestão para solução.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As 4 pontes determinadas para este trabalho estão especificamente localizadas em um trecho de 18,6 quilômetros de extensão, na BR-423, entre os KM 62,8 e KM 81,4, no estado de Alagoas. A BR-423 se trata de uma rodovia de intenso tráfego que atravessa os estados de Alagoas, Bahia e Pernambuco, com, segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), uma extensão de 279 quilômetros. As pontes normalmente não são de fácil acesso; a escolha destas se deu pela possibilidade do acesso e inspeção. Os elementos estudados são constantemente solicitados por um tráfego de veículos pesados e leves. A rodovia é de extrema importância para o comércio regional, possibilita o tráfego de forma satisfatória e atualmente está recebendo tratamento de revitalização do pavimento.

As pontes inspecionadas na BR-423 são expostas na tabela a seguir:

Tabela 04 – Pontes inspecionadas

NÚMERAÇÃO	NOME	KM	LATITUDE	LONGITUDE
1	PONTILHÃO SOBRE RIACHO SALGADINHO	62,86	-09 17' 39.28452"	-37 50' 14.82000"
2	PONTE SOBRE RIACHO MOREIRA	66,58	-09 18' 04.95648"	-37 52' 22.27980"
3	PONTE SOBRE RIACHO TABOLEIRO	72,77	-09 18' 26.71308"	-37 54' 10.18800"
4	PONTE SOBRE RIACHO MOSQUITA	81,40	-09 19' 37.28424"	-37 58' 29.22780"

Fonte – Autor (2018)

A figura 22 ilustra a localização dos elementos estudados:

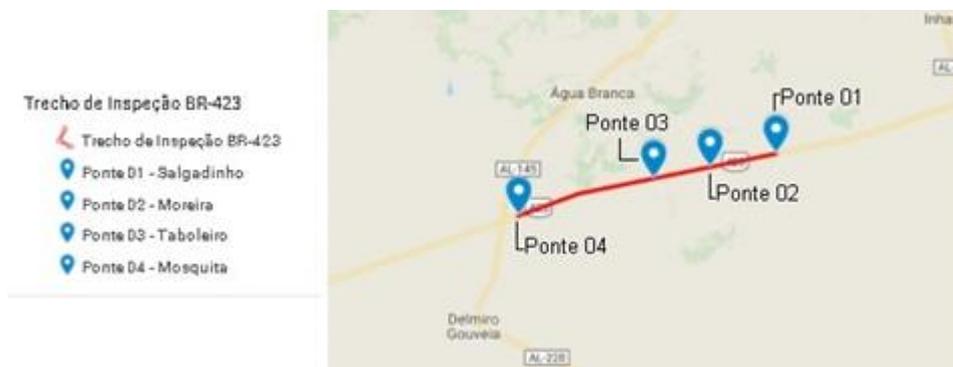


Figura 22 – Mapa de trecho inspecionado – Fonte: adaptado google maps, 2018

Segundo o estudo de tráfego feito pelo DNIT em 2009, a região das pontes analisadas na BR-423 possuía um volume diário de tráfego de 600 veículos por dia, onde cerca de 23% se dá por caminhões médios e pesados, o que caracteriza que a rodovia e consequentemente as pontes, recebem cargas intensas de forma constante. Esses números do estudo de tráfego se intensificaram de 2009 para a data presente, porém, não foi possível obter o estudo atual de tráfego diário médio (VDM).

O local de estudo pode ser classificado, de acordo com a norma NBR 6118:2014, como de Classe de Agressividade Ambiental Urbana (CAA II), apesar de se encontrar em zona rural (CAA I), devido a critérios de segurança para a estrutura e possíveis defeitos executivos. Havendo proximidade das cidades, grande amplitude térmica, alto volume de tráfego e a arborização das proximidades em maior parte do ano ser precária, é intensificada a degradação da estrutura.

3.2 COLETA DE DADOS

A pesquisa foi realizada a partir de visitas e verificações visuais em cada ponte com a ajuda de um auxiliar para a retirada de medidas e por critérios de segurança. As inspeções das pontes foram conduzidas de forma sistemática e organizada a fim de encontrar quaisquer defeitos na estrutura e garantindo que todo elemento estrutural seja inspecionado.

O relatório fotográfico foi feito de forma abrangente com fotos que ilustrem com qualidade os setores mais importantes das pontes em análise e seus defeitos eventualmente encontrados. Por fim, os defeitos devem ser examinados e registrados para apontar a causa e encontrar uma solução para recomposição da estrutura. Durante a vistoria, foi importante aguardar a passagem de veículos pesados sobre as obras, a fim de observar se há vibrações ou deformações excessivas que possam acarretar em manifestações patológicas nas estruturas.

Para a coleta de dados em relação às patologias, foram analisadas as condições dos seguintes itens:

- **Geometria:** deve ser verificado o alinhamento da obra e ao fluir o trânsito sobre esta, se ocorrem anomalias que possam deteriorar a obra;
- **Acessos:** deve ser verificado o aspecto do pavimento, a existência e estado das placas de transição, juntas entre acessos, saias de aterro, drenagem e continuidade das barreiras, de forma que estas estejam com suas funcionalidades garantidas;
- **Cursos d'água:** avaliar se a seção de vazão disponível na obra é suficiente de forma que não gere acúmulo de água e erosão;
- **Encontros e fundação:** verificar descalçamentos na fundação, erosão e quaisquer motivos que deteriorem a funcionalidade destes, tal como deve ser feito nos encontros;
- **Apoios:** deve ser verificado se os pilares e as vigas de contraventamento estão sofrendo alterações na funcionalidade estrutural.
- **Aparelhos de apoio:** os aparelhos de apoio devem estar acessíveis devido à necessidade de inspeção e eventuais trocas, caso estejam desgastados.
- **Superestrutura:** Os pontos principais das vigas e lajes devem ser verificados com ênfase na função estrutural;
- **Barreiras e Guarda-corpos:** As barreiras e guarda-corpos devem estar em boas condições para que possam cumprir suas funções de evitar graves acidentes.

Os instrumentos e equipamentos utilizados para a realização da coleta de dados da pesquisa foram os seguintes:

- Trena de 30 metros;
- Máquina fotográfica;
- Prancheta;
- Folha;
- Caneta;
- Sistema de Posicionamento Global(GPS).

A coleta dos dados da pesquisa foi feita no dia 07 de abril de 2018, após um dia de chuva intensa na região sertaneja.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados obtidos na inspeção foi exposta em forma de gráficos e tabelas a fim de melhor ilustrar a situação das obras de artes especiais estudadas. As manifestações patológicas identificadas nas estruturas foram analisadas conforme o referencial bibliográfico citado neste trabalho, objetivando identificar o surgimento das mesmas e apontar inconformidades de projeto, execução ou mau uso da obra.

Na análise dos dados, é importante caracterizar o aspecto da ponte como um todo, dando uma nota técnica baseada nas normas técnicas de inspeção, em prol de mensurar a necessidade de medidas recuperativas aos elementos deteriorados. A nota técnica deve ser dada de forma individual e geral para o grupo de pontes estudadas.

Segundo a norma DNIT 010/2014, os defeitos identificados podem ser classificados como:

- **Defeito tolerável:** defeito que não reduz substancialmente o desempenho da obra.
- **Defeito grave:** defeito que pode afetar, em parte, o desempenho da obra.
- **Defeito crítico:** defeito que pode afetar, de forma acentuada, o desempenho da obra, necessitando de um reparo urgente.

Os elementos de infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura de cada ponte são analisados separadamente, verificando sua funcionalidade de forma individual, tal como verificar sua estabilidade. Então, será possível afirmar a situação estrutural da ponte como um todo, principalmente em sua função, que é proporcionar um tráfego sobre o obstáculo da água, de forma segura, confortável e duradoura.

A quantificação e estabelecimento da nota é feita analisando a intensidade dos defeitos em relação à estrutura, e ação corretiva que deve ser feita, as condições de estabilidade juntamente à classificação das condições da ponte, conforme expõe a tabela abaixo:

Tabela 05 – Orientação de nota técnica

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

Fonte: Adaptado IPR 709, 2004

A partir do estabelecimento da nota, é possível classificar o estado estrutural das pontes analisadas e assim, identificar a necessidade de reparo, manutenção ou observação para continuidade de uso da obra com segurança.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho, com o espaço amostral coletado de quatro pontes de concreto armado, teve os resultados baseados em relatórios elaborados para cada ponte. Relatórios separam as características da ponte e as analisa por elemento estrutural, buscando indicar uma nota técnica geral para a obra e notas técnicas para os elementos estruturais, sendo feitas as devidas observações e as relatando por meio de fotografias para então explicitar soluções possíveis para os problemas, baseando-se na análise visual e no estudo do inspetor, que para este caso trata-se do autor do trabalho.

Referente à tipologia estrutural das obras, todas foram caracterizadas como pontes em viga, tendo laje maciça e vigamento cruzado de longarinas e transversinas, apoiados em muros de encontros de pedra argamassada com apoios do tipo pendular, que apesar de ser um método antigo de projeto, é eficiente e proporciona estabilidade às pontes observadas até os dias de hoje. É importante salientar que as pontes estudadas foram construídas no ano de 1955 e foram medidas “in loco” com as seguintes extensões:

Tabela 06 – Medidas das pontes

Identificação	Nome	Comprimento (m)	Largura (m)
Ponte 01	Salgadinho	17,25	8,30
Ponte 02	Moreira	12,80	8,30
Ponte 03	Taboleiro	15,90	8,20
Ponte 04	Mosquita	10,97	8,20

Fonte: Autor (2018)

Durante as inspeções, o autor se posicionou com segurança ao lado da laje nos quatro pontos extremos, aguardando a passagem de veículos pesados a fim de observar a estabilidade da obra e verificar se há alguma inconformidade grave na transição dos veículos ao passarem pela ponte, como ruídos e tremores. Todas as pontes se comportaram de forma satisfatória durante a passagem de grandes cargas, sem expressarem altos tremores, nem ruídos.

Não foi possível observar o estado da fundação abaixo da superfície do solo das pontes em análise. Da mesma forma, os aparelhos de apoio das quatro pontes estavam cobertos por argamassa, solo e outros tipos de sujeira que impossibilitaram a verificação da sua situação funcional.

Outros fatores observados foram as condições dos tubos de drenagem e dos guarda-corpos presentes na parte superior da obra. Em relação à prevenção de acidentes graves, estes mecanismos em todo o espaço amostral se encontraram com a sua funcionalidade precária:

- **Guarda-corpos:** a execução irregular da ligação do guarda-corpo distorce sua função de segurança gerando instabilidade, diminuindo sua durabilidade e influenciando na ocorrência de acidentes graves. Fatores como o mau dimensionamento do traço de concreto, a limpeza e preparo da superfície de ligação para o guarda-corpo juntamente à falta de controle de qualidade na execução, são as possíveis causas da má inserção do elemento na laje, demonstrada pelos vazios de concretagem que enfraquecem o elemento e favorecem a incidência de corrosão da armadura e do próprio concreto.



Figura 23 – Guarda corpo mal executado – Fonte: Autor, 2018

- **Tubos de drenagem:** nas pontes observadas, a função dos drenos de evitar o acúmulo de água sobre a obra não estava nas conformidades devido à obstrução dos mesmos, e como relatado anteriormente, a presença de umidade excessiva é um dos principais agravantes de manifestações patológicas em estruturas de concreto. O acúmulo de água também possibilita que em dias de fortes chuvas e principalmente nas pontes localizadas em pontos baixos, a ocorrência de fenômenos de aquaplanagem que retiram do condutor a posse de total controle sobre o seu veículo, o que potencializa a geração de graves acidentes.

Apesar das condições adversas de acesso ao setor inferior da ponte, para caracterizar a vistoria como concluída, todos os elementos estruturais devem ser observados minuciosamente. Em virtude dessa condicional, foi executado o acesso, onde foi possível observar que todas as pontes analisadas possuem manifestações patológicas que, em proporções diferentes para cada elemento, comprometem as funções estruturais projetadas. Os gráficos a seguir ilustram os resultados obtidos, assim como na seção de anexos se encontram as planilhas de inspeção de cada ponte preenchidas com estes resultados.

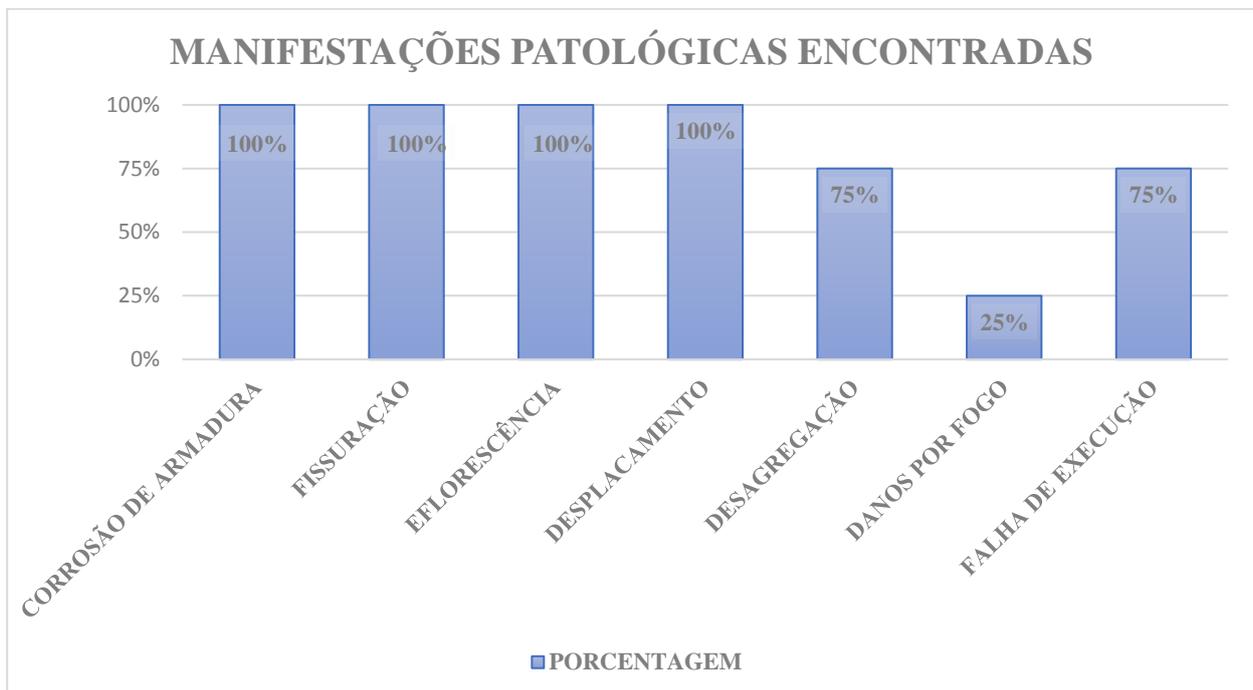


Figura 24 – Manifestações Patológicas Encontradas nas Pontes – Fonte: Autor (2018)

Analisando a Figura 24, é possível afirmar que todas as pontes apresentaram manifestações patológicas, sendo unanimidade as manifestações: Corrosão de Armadura, Eflorescência, Fissuração e Deslocamentos.

Considerando que as quatro pontes foram construídas no mesmo ano, com o mesmo modelo estrutural e em um espaço de 18,6 quilômetros de distância, era possível prever que os elementos teriam semelhança nos problemas estruturais, sendo possivelmente executados pela mesma equipe. As manifestações patológicas como corrosão de armadura, fissuração, eflorescência, deslocamento e desagregação, poderiam ter sido evitadas na etapa de concepção de projeto e execução e com manutenções periódicas. Em todas as pontes estudadas, os cobrimentos das vigas foram insuficientes, o que diminui a proteção da armadura e favorece o

efeito da corrosão através da agressividade do ambiente, conseqüentemente, gerando fissuração e deslocamento.

A eflorescência incidiu fortemente em todas as pontes estudadas, quase em unanimidade nas faces laterais das vigas, possivelmente pela circulação de água através da gravidade sobre o elemento estrutural em ambiente úmido. O fenômeno intensificou a porosidade do concreto, o que aumentou a incidência de corrosão na armadura da região afetada.

No espaço amostral estudado, apenas foi possível observar fortemente o fenômeno de desagregação nos guarda-corpos, que em sua ligação com a laje, possuíam um concreto de má qualidade unido à má execução da inserção de um elemento ao outro. No que se refere à carbonatação, esta manifestação patológica apenas poderia ser observada com o uso de elementos químicos como fenolftaleína, que reagem de acordo com o pH, ou aparelhos próprios para a medição de corrosão. Estes dispositivos não estiveram ao alcance do autor.

Notas técnicas foram atribuídas às obras analisadas e a Figura 25 torna explícita a precariedade da maioria das pontes.

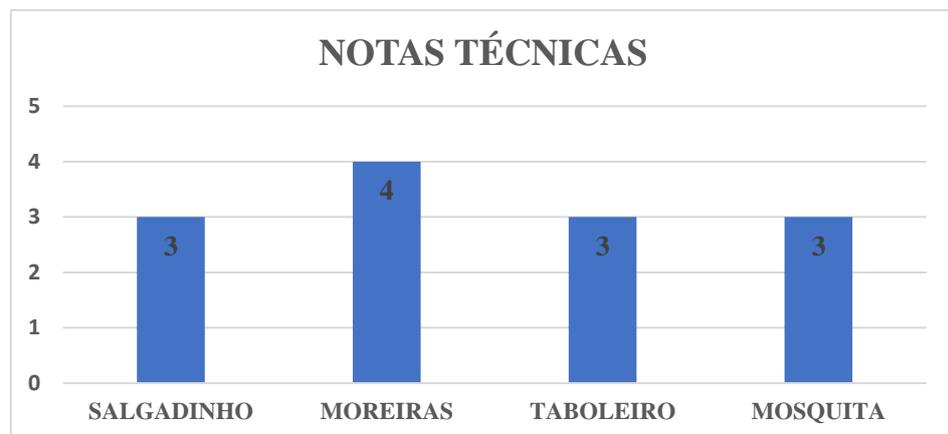


Figura 25 – Nota técnica geral das pontes – Fonte: Autor (2018)

Analisando a Figura 25, é correto afirmar que todas as pontes analisadas necessitam de manutenção e da continuidade de inspeções rotineiras, a fim de identificar em tempo hábil um agravamento da insuficiência estrutural.

A ponte 01 sobre o riacho Salgadinho, recebeu uma nota 3 devido ao seu estado de deterioração na superestrutura, com necessidade de avaliação especializada de um engenheiro de estruturas; suas vigas possuem armadura exposta e corroída em diversos pontos, cobertura insuficiente da armadura e grande incidência de eflorescência (Ver Figura 26). A laje está em condição razoável, apesar de ter ocorrido um acidente sobre ela, no qual um veículo foi

incinerado e deteriorou parte do pavimento (Ver Figura 27), porém, a laje apenas apresentou pequenos deslocamentos, pequenas fissuras e armadura exposta em locais pontuais.



Figura 26 – Vista inferior Ponte sobre riacho Salgadinho – Fonte: Autor (2018)



Figura 27 – Pavimento da ponte Salgadinho após acidente – Fonte: Autor (2018)

Em relação à ponte 02 sobre o riacho Moreiras, esta recebeu uma nota técnica geral 4, a melhor dentre as obras inspecionadas, por ter sido o elemento que se encontrou em um estado menos deteriorado dentre as pontes examinadas. A laje e os muros de encontro estão em boas condições, porém o vigamento apesar de não possuir muitos pontos com armadura exposta, tem pontos manifestados patologicamente por eflorescência como é possível observar através da Figura 28, o que torna grande a possibilidade de haver corrosão na armadura.



Figura 28 – Vista inferior ponte sobre riacho Moreiras – Fonte: Autor (2018)

A ponte 03 sobre o riacho Taboleiro recebeu uma nota três, apesar de ter a laje em boas condições, a ponte possui deslocamentos de concreto e armadura exposta no apoio pendular (Ver Figura 29) juntamente à manifestação de eflorescência e armadura corroída exposta principalmente nas faces laterais das vigas, conforme é possível observar pela Figura 30.



Figura 29 – Apoio da ponte sobre riacho Taboleiro – Fonte: Autor (2018)



Figura 30 – Vista inferior das vigas da ponte sobre riacho Taboleiro – Fonte: Autor (2018)

A ponte 04 sobre o riacho Mosquita recebeu uma nota três devido ao alto índice de armadura corroída exposta nas vigas transversais e longitudinais, principalmente na face inferior, juntamente à manifestação de eflorescência, como pode ser visto pela Figura 31. A laje possui pequenos deslocamentos gerados por corrosão da armadura.



Figura 31 – Vista inferior das vigas da ponte sobre o riacho Mosquita – Fonte: Autor (2018)

O estudo permitiu observar que a maior parte dos problemas foram localizados nas vigas longitudinais e vigas transversais. Comparando a Figuras 32 e a Figura 33, podemos constatar que os pontos mais problemáticos das pontes analisadas são as vigas.

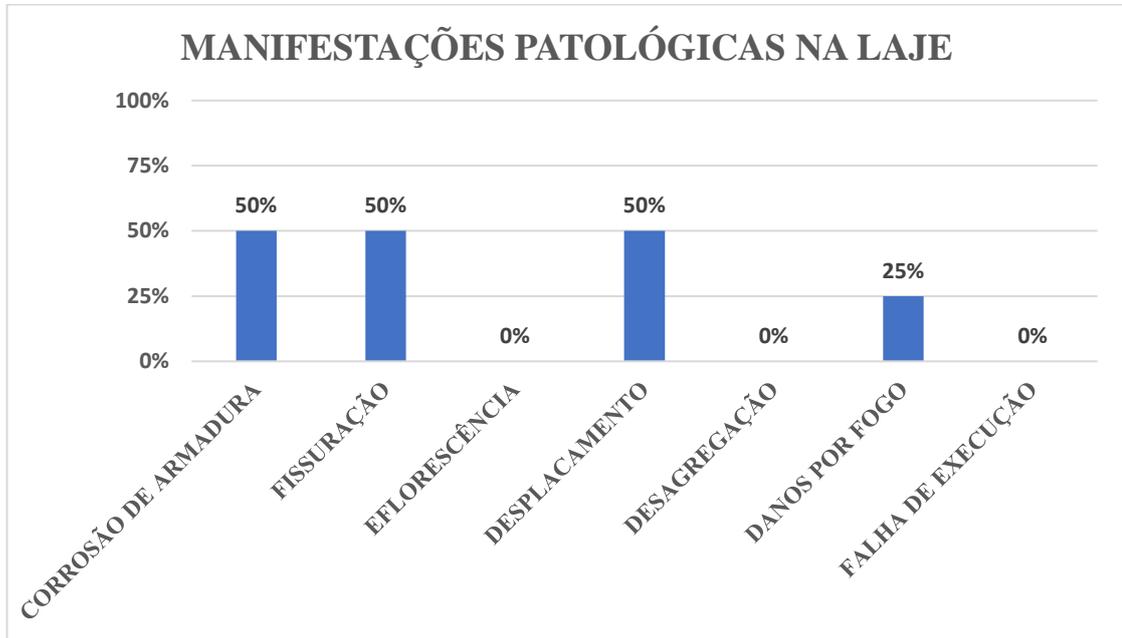


Figura 32 – Manifestações patológicas na Laje – Fonte: Autor (2018)

A figura 32 demonstra que dentro do espaço amostral coletado, as lajes ficam divididas entre haver exposição de manifestações patológicas. Não foram identificadas manifestações de Eflorescência, Desagregação e Falha de Execução na análise da laje feita pelo autor na parte inferior das pontes.

A figura 33 demonstra a precariedade das vigas analisadas neste estudo:

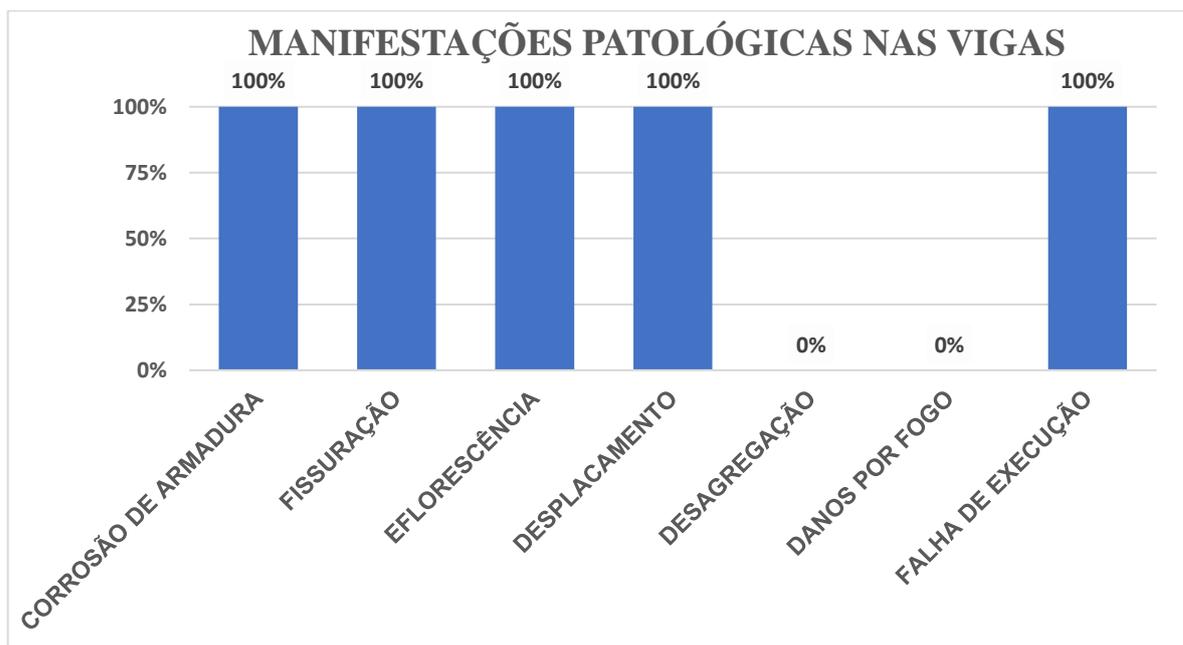


Figura 33 – Manifestações patológicas nas vigas – Fonte: Autor (2018)

A Figura 33 permite afirmar que todas as vigas demonstraram manifestações patológicas de Corrosão de armadura, Fissuração, Eflorescência, Deslocamento de concreto e Falhas executivas.

Ao atribuir notas técnicas para as partes estruturais (infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura), foi elaborado o gráfico exposto na Figura 34:



Figura 34 – Notas por parte estrutural – Fonte: Autor (2018)

Como mencionado no começo do capítulo, não foi possível o acesso à infraestrutura devido a esta não estar possibilitada de análise visual, fazendo com que não fosse atribuída uma nota para esta parte estrutural. A mesoestrutura foi analisada pelos muros de encontro e apoios pendulares, e estes se encontraram em sua maioria em bom estado. A superestrutura das pontes possui a grande maioria das manifestações patológicas encontradas no estudo de inspeção.

Durante a inspeção foram observados outros problemas que podem gerar danos futuros às pontes, sendo estes expostos na tabela 07:

Tabela 07 – Problemas não estruturais

PONTES	GUARDA-CORPOS MAL EXECUTADOS	DRENOS OBSTRUÍDOS	APARELHO DE APOIO INACESSÍVEL	PAVIMENTO DANIFICADO
SALGADINHO		X	X	X
MOREIRAS		X	X	
TABOLEIRO	X	X	X	
MOSQUITA	X	X	X	

Fonte – Autor (2018)

A não acessibilidade à visualização da situação do aparelho de apoio impossibilitou a análise deste elemento. Em contato com o Departamento Nacional de Infraestrutura, foi obtida a informação que desde a construção das obras (1955), não houve troca dos aparelhos de apoio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de estudos baseados em inspeções das manifestações patológicas em pontes de concreto, é possível determinar e prever problemas expressivos em obras. As manifestações sinalizam o problema e dependendo da sua tipologia e intensidade, são capazes de informar a necessidade de uma manutenção ou de um reforço estrutural.

As inspeções periódicas são necessárias às obras e devem ser feitas cuidadosamente, principalmente nas obras de arte especial que geralmente apresentam problemas deteriorantes na sua parte inferior, onde não tem fácil acesso e visibilidade, o que explica a necessidade de maior cuidado.

As pontes analisadas têm grande quantidade de manifestações patológicas, sendo em maior expressão a corrosão de armaduras e a eflorescência, devido na maior parte das vezes à falta de cobertura, umidade e enfraquecimento do concreto. As manifestações encontradas foram expressivas e intensas, porém, não demonstraram sinais de colapso pela inspeção visual, existindo a necessidade de manutenção e recuperação de alguns elementos estruturais, principalmente as vigas longitudinais e vigas transversais, por demonstrarem maiores indicativos patológicos.

Apesar dos pontos de pendência em relação à inspeção da infraestrutura das pontes e verificação de carbonatação, o estudo feito é importante e os relatórios elaborados demonstram de maneira macroscópica o estado de saúde dos elementos estudados, possibilitando identificar se existe a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre as condições das pontes da rodovia BR-423. Em vista que em inspeções estruturais, o objetivo é analisar a situação dos elementos vitais e a existência de condições agravantes à deterioração, pode-se considerar que as inspeções realizadas obtiveram sucesso no seu objetivo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Rio Grande: Dunas, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: Abnt, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7187**: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577**: Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto. Rio de Janeiro: Moderna, 2008.
- BAUER, Falcão. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: Ltc, 2008.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado em tempo**. São Paulo: Blucher, 2015.
- CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 1988.
- CARMONA, THOMAS G. **Modelos de Previsão da Despassivação das Armaduras em Estruturas de Concreto Sujeitas à Carbonatação**. São Paulo, Universidade de São Paulo PCC.USP, 2005.
- CARVALHO, Roberto Chust. **Cálculo de Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Carlos: Edufscar, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **698/100: MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS**. Rio de Janeiro: Ipr, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (DNIT). **IPR 709: Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. Rio de Janeiro: Ipr, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (DNIT). **IPR 744: MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS**. Rio de Janeiro: Ipr, 2010.

FUSCO, Pericles Brasiliense. **Tecnologia do Concreto Estrutural**. São Paulo: Pini, 2012.

FREIRE, Karla Regina Rattmann. **AValiação DO DESEMPENHO DE INIBIDORES DE CORROSÃO EM ARMADURAS DE CONCRETO**. 2005. 211 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

HELENE, Paulo. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2005.

KIHARA, Y. **Reação Álcali-agregado: Aspectos Mineralógicos**. 1º Simpósio Nacional de Agregados, São Paulo, 1986.

TUUTTI, Kyosti. **Corrosion of Steel in Concrete**. Stockholm: CBI, 1982.

LAPA, José Silva. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LOBATO, Raul. **Sistemas estruturais: Pontes em viga, treliça e em laje**. Mato Grosso: Slide, 2016. Color.

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

MIZUMOTO, Camilo. **Investigação da Reação Álcali-Agregado (RAA) em Testemunhos de Concreto e Agregados Constituintes**. 2009. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

NEVILLE, A.m.; BROOKS, J.j.. **Tecnologia do Concreto**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado**: elementos de projetos, solicitações, dimensionamento. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

PINHO, Fernando Ottoboni; BELLEI, Ildony Hélio. **Pontes e viadutos em vigas mistas**. Rio de Janeiro: Ibs/cbca, 2007.

ROCHA, Bruno dos Santos. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. 2015. 76 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ROLIM, Paulo Henrique Borba. **REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO: AVALIAÇÃO DO MÉTODO QUÍMICO DE ENSAIO**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SANCHEZ, Leandro Francisco Moretti. **Contribuição aos Estudos dos Métodos de Ensaio na Avaliação das Reações Álcali-Agregado em Concretos**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SARTORTI, Artur Lenz. **IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PONTES DE VIAS URBANAS E RURAIS NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS-SP**. 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

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

TAYLOR, H. F. W. **Cement Chemistry**. Academic Press Ltd., Londres, Inglaterra, 1990.

WEST, Graham. **Alkali-aggregate reaction in concrete roads and bridges**. London: Thomas Telford, 1996.

YAZIGI, Ricardo. **Avaliação de carbonatação em viadutos de concreto armado**. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Infraestrutura e Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2008

APÊNDICE

INSPEÇÃO DE PATOLOGIAS - PONTES DE CONCRETO						
IDENTIFICAÇÃO						
Inspetor:	Flávio Vasconcelos			Data 07/04/2018	Clima: INSTÁVEL	
Nome:	Ponte sobre riacho Mosquita			Localização		
UF:	ALAGOAS			Latitude	Longitude	
Rodovia:	BR-423	KM	81,4	-09 19' 37.28424"		-37 58' 29.22780"
Extensão:	10,97 m	Largura	8,20 m	Administração		
Pavimento:	Asfalto (X)	Concreto ()		DNIT (X)	DER ()	Outros () _____
Ano de Construção: 1955		VMD: 600		Acessibilidade para vistoria: Boa () Média () Ruim (X) Inacessível ()		
Tipo Estrutural: Ponte em Vigas						
CONDIÇÕES GERAIS						
a) Condições de estabilidade: Boa (X) Sofrível () Precária ()						
b) Condições de Conservação: Boa () Regular () Sofrível () Ruim (X)						
c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? Sim (X) Não () Urgente? Sim () Não (X)						
OBSERVAÇÕES: PONTE COM VIGAMENTO PRINCIPAL DETERIORADO POR CORROSÃO E LIXIVIAÇÃO, NECESSITANDO DE MANUTENÇÃO E UMA INSPEÇÃO ESTRUTURAL.						
NOTA TÉCNICA GERAL	3		Descrição da Nota: APESAR DE BOAS CONDIÇÕES DA LAJE, DO PAVIMENTO E DE ESTABILIDADE, TANTO AS LONGARINAS QUANTO AS TRANSVERSINAS ESTÃO SOBRE PROCESSO CORROSIVO INTENSO E COM COBRIMENTO INSUFICIENTE. OS GUARDA CORPOS ESTÃO MAL INSERIDOS NA OBRA E OS DRENOS ESTÃO OBSTRUÍDOS.			
ANÁLISE DE QUALIDADE ESTRUTURAL						
Manifestações Patológicas	Local de Manifestação			Possíveis Causas		
CORROSÃO DE ARMADURA	VIGAS, LAJE E GUARDA-CORPO			COBRIMENTO INSUFICIENTE E CONCRETO CORROÍDO.		
FISSURAÇÃO	VIGAS, LAJE E GUARDA-CORPO			FISSURAS GERADAS POR EXPANSÃO DA ARMADURA EM PROCESSO CORROSIVO.		
CARBONATAÇÃO	NÃO INFORMADO			NECESSITA DE INSPEÇÃO COM USO DE ELEMENTOS QUÍMICOS COMO FENOLFTALEÍNA OU APARELHOS MEDIDORES.		
EFLORESCÊNCIA	VIGAS			EXCESSO DE UMIDADE E CONCRETO ENFRAQUECIDO		
DESPLACAMENTO	VIGAS			CONCRETO E ARMADURAS EM EFEITO CORROSIVO E/OU FALHA NA CONCRETAGEM		
DESAGREGAÇÃO	GUARDA-CORPOS			TRAÇO COM MAL DIMENSIONAMENTO, FALTA DE VIBRAÇÃO, PREPARO INCORRETO DA SUPERFÍCIE DE ADESÃO ENTRE O ELEMENTO E A LAJE		
FALHA DE EXECUÇÃO	GUARDA-CORPOS E VIGAS			COBRIMENTO INSUFICIENTE E INSERÇÃO DOS GUARDA CORPOS NA LAJE		
DANO POR FOGO OU COLISÃO	NÃO APRESENTA					
REPAROS SUGERIDOS						
INFRAESTRUTURA	MESOESTRUTURA			SUPERESTRUTURA		
NÃO FOI POSSÍVEL INSPECIONAR	NÃO HÁ NECESSIDADE DE REPAROS			AS VIGAS DEVEM SER INSPECIONADAS E VERIFICADA A DIMENSÃO DA CORROSÃO EM RELAÇÃO À SEÇÃO DE AÇO DANIFICADA E A EXTENSÃO DA CORROSÃO. CASO TENHA COMPROMETIDO CONSIDERAVELMENTE A FUNÇÃO ESTRUTURAL, A ARMADURA DEVE SER DEVIDAMENTE RECOMPOSTA. A LAJE POSSUI PEQUENOS DANOS POR CORROSÃO, DEVENDO SER INSPECIONADA EM MAIS PONTOS INTERNOS PARA MELHOR AVERIGUAR A NECESSIDADE DE REPARO; DESOBSTRUÇÃO DOS DRENOS; REMOÇÃO/INSERÇÃO ADEQUADA DOS GUARDA-CORPOS.		
NOTA TÉCNICA:			NOTA TÉCNICA:	5	NOTA TÉCNICA:	3

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS		RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	
		Obra : PONTE SOBRE O RIACHO MOSQUITA	Local : BR-423 KM 81,4
Foto 01	Foto 02		
			
Foto 03	Foto 04		
			
COMENTARIOS			
FOTO 01		FOTO 02	
ARMADURA DAS VIGAS CORROÍDA		VIGAMENTO COM EFLORESCÊNCIA INTENSA	
FOTO 03		FOTO 04	
GUARDA-CORPOS COM DESAGREGAÇÃO NA INSERÇÃO COM A LAJE		LAJE COM PEQUENOS DESPLACAMENTOS DO CONCRETO E ARMADURA EXPOSTA (CORROÍDA) EM LOCAIS PONTUAIS	

INSPEÇÃO DE PATOLOGIAS - PONTES DE CONCRETO						
IDENTIFICAÇÃO						
Inspetor:	Flávio Vasconcelos			Data 07/04/2018	Clima: INSTÁVEL	
Nome:	Ponte Sobre o Riacho Taboleiro			Localização		
UF:	ALAGOAS			Latitude	Longitude	
Rodovia:	BR-423	KM	72,76	-09 18' 26.71308"		-37 54' 10.18800"
Extensão:	15,9 m	Largura	8,20 m	Administração		
Pavimento:	Asfalto (X)	Concreto ()	DNIT (X)	DER ()	Outros () _____	
Ano de Construção: 1955	VMD: 600	Acessibilidade para vistoria: Boa () Média (X) Ruim () Inacessível ()				
Tipo Estrutural: Ponte em Vigas						
CONDIÇÕES GERAIS						
a) Condições de estabilidade: Boa (X) Sofrível () Precária ()						
b) Condições de Conservação: Boa () Regular () Sofrível (X) Ruim ()						
c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? Sim(X) Não () Urgente? Sim() Não (X)						
OBSERVAÇÕES: PONTE COM CORROSÃO NAS VIGAS E NO APOIO; MUROS DE ENCONTRO E LAJE VISUALMENTE EM BOAS CONDIÇÕES. GUARDA-CORPOS MAL INSERIDOS NA LAJE. A PONTE SE COMPORTA BEM NA PASSAGEM DE VEÍCULOS PESADOS.						
NOTA TÉCNICA GERAL	3	DESCRIÇÃO DA NOTA: ENCONTROS E LAJE EM BOAS CONDIÇÕES, APOIO E VIGAMENTO MEDIAMENTE DETERIORADO, DRENOS OBSTRUÍDOS E GUARDA-CORPO MAL EXECUTADO.				
ANÁLISE DE QUALIDADE ESTRUTURAL						
Manifestações Patológicas	Local de Manifestação		Possíveis Causas			
CORROSÃO DE ARMADURA	VIGAS E GUARDA-CORPO		COBRIMENTO INSUFICIENTE E CONCRETO POROSO			
FISSURAÇÃO	VIGAS, APOIO E GUARDA-CORPO		FISSURAÇÃO GERADA POR EXPANSÃO DA ARMADURA CORROÍDA			
CARBONATAÇÃO	NÃO INFORMADO		NECESSITA DE INSPEÇÃO COM USO DE ELEMENTOS QUÍMICOS COMO FENOLFTALEÍNA OU APARELHOS MEDIDORES.			
EFLORESCÊNCIA	VIGAS		EXCESSO DE UMIDADE E CONCRETO ENFRAQUECIDO			
DESPLACAMENTO	VIGAS E APOIO		DESPLACAMENTO GERADO POR EXPANSÃO DA ARMADURA CORROÍDA E EXCESSO DE FISSURAÇÃO			
DESAGREGAÇÃO	GUARDA-CORPO		TRAÇO COM MAL DIMENSIONAMENTO E AGREGADOS DE MÁ QUALIDADE, FALTA DE VIBRAÇÃO, PREPARO INCORRETO DA SUPERFÍCIE DE ADESÃO ENTRE O ELEMENTO E LAJE			
FALHA DE EXECUÇÃO	GUARDA-CORPOS E VIGAS		COBRIMENTO INSUFICIENTE E INSERÇÃO DOS GUARDA CORPOS NA LAJE			
DANO POR FOGO OU COLISÃO	NÃO APRESENTA					
REPAROS SUGERIDOS						
INFRAESTRUTURA	MESOESTRUTURA			SUPERESTRUTURA		
NÃO FOI POSSÍVEL OBSERVAR A ESTRUTURA ABAIXO DO NÍVEL NATURAL DO SOLO	RECOMPOSIÇÃO DA CAMADA DE CONCRETO DESPLACADA NOS APOIOS E VERIFICAR DA CORROSÃO EM RELAÇÃO A NECESSIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DA ARMADURA.			AS VIGAS DEVEM SER INSPECIONADAS EM MAIS PONTOS PARA VERIFICAR A EXTENSÃO DA CORROSÃO E O CONCRETO SOB EFLORESCÊNCIA DEVE SER SUBSTITUÍDO; DESOBSTRUÇÃO DOS DRENOS E REMOÇÃO/INSERÇÃO ADEQUADA DOS GUARDA-CORPOS.		
NOTA TÉCNICA:		NOTA TÉCNICA:	4	NOTA TÉCNICA:		3

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS		RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	
		Obra : PONTE SOBRE O RIACHO TABOLEIRO	Local : BR-423 KM 72,76
Foto 01	Foto 02		
			
Foto 03	Foto 04		
			
COMENTARIOS			
FOTO 01	FOTO 02		FOTO 04
VISTA LATERAL DE VIGAMENTO COM ARMADURA CORROÍDA E EXPOSTA, E VIGA SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA.	APOIO COM CONCRETO DESPLACADO E ARMADURA EXPOSTA.		
FOTO 03	FOTO 04		
VISTA INFERIOR DE VIGA COM ARMADURA CORROÍDA E CONCRETO DESPLACADO.	GUARDA CORPO MAL EXECUTADO COM CONCRETO DESAGREGADO		

INSPEÇÃO DE PATOLOGIAS - PONTES DE CONCRETO						
IDENTIFICAÇÃO						
Inspetor:	FLÁVIO VASCONCELOS			Data 07/04/2018	Clima: INSTÁVEL	
Nome:	Ponte sobre o riacho Moreira			Localização		
UF:	ALAGOAS			Latitude	Longitude	
Rodovia:	BR-423	KM	66,58	-09 18' 04.95648"		-37 52' 22.27980"
Extensão:	12,80 m	Largura	8,30 m	Administração		
Pavimento:	Asfalto (X)	Concreto ()		DNIT (X)	DER ()	Outros () _____
Ano de Construção: 1955	VMD: 600	Acessibilidade para vistoria: Boa () Média () Ruim (X) Inacessível ()				
Tipo Estrutural: Ponte em Vigas						
CONDIÇÕES GERAIS						
a) Condições de estabilidade: Boa (X) Sofrível () Precária ()						
b) Condições de Conservação: Boa () Regular (X) Sofrível () Ruim ()						
c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? Sim() Não (X) Urgente? Sim() Não ()						
OBSERVAÇÕES: PONTE EM CONDIÇÃO RAZOÁVEL, TENDO COMO PRINCIPAL EFEITO DETERIORANTE MANIFESTADO POR EFLORESCÊNCIA						
NOTA TÉCNICA GERAL	4	DESCRIÇÃO DA NOTA: LAJE EM BOAS CONDIÇÕES, VIGAMENTO SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA E MUROS DE ENCONTRO EM BOM ESTADO				
ANÁLISE DE QUALIDADE ESTRUTURAL						
Manifestações Patológicas	Local de Manifestação		Possíveis Causas			
CORROSÃO DE ARMADURA	VIGAS		COBRIMENTO INSUFICIENTE E CONCRETO ENFRAQUECIDO			
FISSURAÇÃO	VIGAS		FISSURAS GERADAS POR ESFORÇOS DA CORROSÃO DA ARMADURA E ENFRAQUECIMENTO DO CONCRETO			
CARBONATAÇÃO	NÃO INFORMADO		NECESSITA DE INSPEÇÃO COM USO DE ELEMENTOS QUÍMICOS COMO FENOLFTALEÍNA OU APARELHOS MEDIDORES.			
EFLORESCÊNCIA	VIGAS		EXCESSO DE UMIDADE E CONCRETO ENFRAQUECIDO			
DESPLACAMENTO	VIGAS		EXCESSO DE FISSURAÇÃO, ENFRAQUECIMENTO DO CONCRETO DEVIDO À LIXIVIAÇÃO E CORROSÃO DA ARMADURA			
DESAGREGAÇÃO	NÃO OBSERVADO					
FALHA DE EXECUÇÃO	NÃO OBSERVADO					
DANO POR FOGO OU COLISÃO	NÃO OBSERVADO					
REPAROS SUGERIDOS						
INFRAESTRUTURA	MESOESTRUTURA			SUPERESTRUTURA		
NÃO FOI POSSÍVEL OBSERVAR A ESTRUTURA ABAIXO DO NÍVEL NATURAL DO SOLO	MUROS EM BOAS CONDIÇÕES			O VIGAMENTO SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA DEVE TER O CONCRETO REPARADO ATRAVÉS DA SUA SUBSTITUIÇÃO POR UM NOVO CONCRETO E OS DANOS DE CORROSÃO NA ARMADURA DEVEM SER INSPECIONADOS EM MAIS PONTOS E VERIFICADA A DETERIORAÇÃO DA SEÇÃO PARA ANALISAR A NECESSIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DA ARMADURA		
NOTA TÉCNICA:		NOTA TÉCNICA:	5	NOTA TÉCNICA:	4	

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS	Obra : PONTE SOBRE RIACHO MOREIRA Local : BR-423 KM 66,58
Foto 01	Foto 02
	
Foto 03	Foto 04
	
COMENTARIOS	
FOTO 01	FOTO 02
VIGA SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA COM PEQUENAS FISSURAS	VIGA SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA COM ARMADURA CORRÓIDA E EXPOSTA
FOTO 03	FOTO 04
VIGA COM ARMADURA CORRÓIDA E EXPOSTA	VIGAMENTO SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA

INSPEÇÃO DE PATOLOGIAS - PONTES DE CONCRETO						
IDENTIFICAÇÃO						
Inspetor:	Flávio Vasconcelos			Data 07/04/2018	Clima: INSTÁVEL	
Nome:	Ponte sobre Riacho Salgadinho			Localização		
UF:	ALAGOAS			Latitude	Longitude	
Rodovia:	BR-423	KM	62,86	-09 17' 39.28452"	-37 50' 14.82000"	
Extensão:	17,25 m	Largura	8,30 m	Administração		
Pavimento:	Asfalto (X)	Concreto ()	DNIT (X)	DER ()	Outros () _____	
Ano de Construção: 1955	VMD: 600	Acessibilidade para vistoria: Boa () Média (X) Ruim () Inacessível ()				
Tipo Estrutural: Ponte em Vigas						
CONDIÇÕES GERAIS						
a) Condições de estabilidade: Boa (X) Sofrível () Precária ()						
b) Condições de Conservação: Boa () Regular () Sofrível () Ruim (X)						
c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? Sim (X) Não () Urgente? Sim () Não (X)						
OBSERVAÇÕES: HOVE INCÊNDIO DE UM CARRO SOBRE O PAVIMENTO DA PONTE; VIGAS COM ARMADURA CORROÍDA, EXPOSTAE SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA; GUARDA CORPO MAL EXECUTADO; ARMADURA EXPOSTA NA LAJE E EFLORESCÊNCIA. MUROS DE ENCONTRO EM BOAS CONDIÇÕES.						
NOTA TÉCNICA GERAL	3	DESCRIÇÃO DA NOTA: VIGAS ALTAMENTE DETERIORADAS EM ALGUNS PONTOS; LAJE COM DESPLACAMENTOS E CORROSÃO. MUROS DE ENCONTRO EM BOAS CONDIÇÕES.				
ANÁLISE DE QUALIDADE ESTRUTURAL						
Manifestações Patológicas	Local de Manifestação		Possíveis Causas			
CORROSÃO DE ARMADURA	VIGAS E LAJE		COBRIMENTO INSUFICIENTE E CONCRETO ENFRAQUECIDO			
FISSURAÇÃO	VIGAS E LAJE		FISSURAÇÃO ORIUNDA DA CORROSÃO			
CARBONATAÇÃO	NÃO INFORMADO		NECESSITA DE INSPEÇÃO COM USO DE ELEMENTOS QUÍMICOS COMO FENOLFTALEÍNA OU APARELHOS MEDIDORES.			
EFLORESCÊNCIA	VIGAS		EXCESSO DE UMIDADE E DESGASTE DO CONCRETO ENFRAQUECIDO			
DESPLACAMENTO	VIGAS E LAJE		CONCRETO ENFRAQUECIDO, EXCESSO DE FISSURAÇÃO E CORROSÃO.			
DESAGREGAÇÃO	GUARDA-CORPOS		MAL DIMENSIONAMENTO DO TRAÇO, FALTA DE VIBRAÇÃO E DESPREPARO DA SUPERFÍCIE RECEPTORA DO ELEMENTO.			
FALHA DE EXECUÇÃO	GUARDA-CORPOS		COBRIMENTO INSUFICIENTE NOS ELEMENTOS ESTRUTURAIIS; MAL DIMENSIONAMENTO DO TRAÇO, FALTA DE VIBRAÇÃO E DESPREPARO DA SUPERFÍCIE RECEPTORA DO ELEMENTO.			
DANO POR FOGO OU COLISÃO	LAJE/PAVIMENTO		ACIDENTE DE VEÍCULO COM INCENDIO DO MESMO SOBRE A LAJE.			
REPAROS SUGERIDOS						
INFRAESTRUTURA	MESOESTRUTURA		SUPERESTRUTURA			
NÃO FOI POSSÍVEL OBSERVAR A ESTRUTURA ABAIXO DO NÍVEL NATURAL DO SOLO	MESOESTRUTURA EM CONDIÇÕES ACEITAVEIS		INSPEÇÃO DA ARMADURA DO VIGAMENTO EM DIVERSOS PONTOS, REMOÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DA ARMADURA EXPOSTA CORROÍDA; SUBSTITUIÇÃO DO CONCRETO SOB EFEITO DE EFLORESCÊNCIA E DESOBSTRUÇÃO DOS DRENOS; REMOÇÃO/INSERÇÃO ADEQUADA DOS GUARDA-CORPOS.			
NOTA TÉCNICA:		NOTA TÉCNICA:	5	NOTA TÉCNICA:	3	

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS	Obra : PONTE SOBRE RIACHO SALGADINHO Local : BR-423, KM 62,86
Foto 01	Foto 02
	
Foto 03	Foto 04
	
COMENTARIOS	
FOTO 01	FOTO 02
EFLORESCÊNCIA E CORROSÃO COM ARMADURA EXPOSTA EM VIGA LATERAL	VISTA INFERIOR DE VIGA COM ARMADURA CORROÍDA E EXPOSTA
FOTO 03	FOTO 04
PAVIMENTO SOBRE A LAJE ATINGIDO POR EFEITO DO FOGO	LAJE COM DESPLACAMENTOS DO CONCRETO E ARMADURA CORROÍDA EXPOSTA.