

LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES GERAIS DE PONTES DE PEQUENO PORTE EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS – ESTUDO NA LITERATURA.

Arthur L. G. Guilherme de Souza¹, Marcilene Vieira da Nóbrega²

Resumo:

Pontes são obras de artes utilizadas desde os tempos antigos para superar barreiras impostas pela natureza como vales ou rios. Ao longo do tempo passaram por diversos avanços em seus processos construtivos que permitiram aumentar a sua segurança e durabilidade. Atualmente as pontes são largamente utilizadas para interligar municípios em todo território brasileiro e torna-se fundamentalmente para a via social e econômicas desses lugares. Um dos tipos de pontes mais utilizados são as de concreto armado devido a facilidade de execução e durabilidade. No entanto, a ação das intempéries é um fator inevitável, pois essas estruturas estão bastante sujeitas e se não forem reparadas podem comprometer a vida útil da estrutura. Buscando entender as causas e as soluções para as manifestações patológicas mais comuns encontradas em pontes de concreto armado de pequeno porte (comprimento menor que 30m), este trabalho fez um estudo na literatura para verificar as condições gerais de algumas pontes do Brasil. Foram pesquisadas 10 pontes distribuídas em diversos municípios pelo Brasil. Ao final da pesquisa pode-se concluir, baseado nos trabalhos que foram lidos, que as manifestações patológicas mais frequentes foram corrosão de armadura, deslocamento do concreto e eflorescências, que se não forem reparadas podem provocar danos severos à estrutura, podendo chegar ao colapso das mesmas.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Estado de conservação. Manutenção de pontes.

1 INTRODUÇÃO

O avanço da construção civil nos últimos anos, fez surgir uma preocupação no tocante à vida útil, durabilidade e desempenhos das estruturas. É papel fundamental da construção civil, desenvolver projetos e processos construtivos para os mais diversos tipos de obras, uma vez que obras como pontes e viadutos são importantíssimas para um país [1].

As pontes são consideradas elementos essenciais, tanto para as rodovias, quanto para as ferrovias, pois tornaram-se a base para que o fluxo ininterrupto de pessoas, veículos e/ou cargas transponham obstáculos com o menor percurso possível, sejam eles, naturais ou artificiais [2].

Estudos indicam o quão importante são as pontes e os viadutos, levando em conta as consequências oriundas da limitação ou interdição delas, causando assim transtornos aos usuários ou até perdas de cargas com insumos perecíveis [3].

Desde quando se começou a utilizar concreto armado em construções, todas as edificações, pontes, rodovias, cais e demais construções civis que o utilizavam, passaram a resistir ainda mais as intempéries, além das sobrecargas. O concreto, mesmo sendo considerado, um material altamente resistente – dadas as devidas manutenções – existem construções que apresentam os mais diversos tipos de manifestações patológicas com intensidade e incidência substancial, causando para os seus construtores ou proprietários altos custos para o tratamento. Desta forma, há sempre o comprometimento estético, e o mais preocupante, o comprometimento de sua capacidade resistiva, podendo chegar, inclusive, ao colapso total da estrutura [4].

Apesar da grande evolução no desenvolvimento de tecnologias utilizadas na construção civil, é comum o surgimento de manifestações patológicas em pontes de concreto armado, comprometendo a sua durabilidade, o seu desempenho e a sua funcionalidade estrutural comprometida. Afim de que, essas manifestações sejam eliminadas ou, no mínimo, reparadas, é fundamental que seja cada vez mais realizados estudos detalhados a respeito das origens de tais manifestações [4].

O Brasil possui uma extensão continental e também uma quantidade de municípios espalhados por todo seu território. Esses municípios muitas vezes são interligados por pontes e muitas vezes o estado de conservação pode interferir diretamente no deslocamento de pessoas e mercadorias entre os mesmos.

Desta forma, este artigo tem como objetivo principal realizar um estudo na literatura sobre o estado de conservação em pontes de concreto armado de pequeno porte (com vão de até 30m) localizadas em municípios brasileiros. Pretende-se com o trabalho apresentar as principais manifestações patológicas presentes nessas obras

¹ Discente do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

² Professora da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

de arte, suas causas e soluções de reparos propostas pelos autores pesquisados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição

De acordo com [5], as pontes são obras que buscam interligar vias de comunicação que foram interrompidas por obstáculos, neste caso, rios e braços de mar. Já se a interrupção foi causada por um vale ou outra via, denomina-se mais precisamente de viaduto.

Para [6], as pontes de pequeno porte são comumente chamadas de pontilhões, apesar de não existir qualquer diferença em relação as funções das pontes e pontilhões, existe uma certa divergência no que diz respeito ao comprimento do vão para a distinção das mesmas, tendo sido fixado por alguns engenheiros em 5m e outros em 10m.

Ainda a luz do que diz [5], quando devido à largura do curso da água, o comprimento da ponte será muito longo, é necessário a criação de uma extensão em seco (normalmente aterro), está é denominada de viaduto de acesso.

2.2 Histórico das pontes

De acordo com [6], as mais antigas pontes de pedra são Romanas e feitas utilizando a técnica de arcos. É possível citar a Ponte Fabricio que foi construída em meados de 62 a.C, além da São Ângelo e a Ponte Céstio, construídas em aproximadamente 134 d.C e 27 a.C, respectivamente.

Os materiais da época, escassos por falta de tecnologia, não se mostravam empecilhos para as construções das obras de arte, uma vez que a mão de obra escrava reinava sobre a falta de tecnologia, proporcionando que coisas inimagináveis fossem realizadas.

Foram os romanos os primeiros a observar os benefícios que o arco traria as pontes e aquedutos, na Itália ainda é possível encontrar pontes e aquedutos que utilizaram de pedras e arcos em sua construção em pleno funcionamento.

Apenas no final do século XVIII, foi que as pontes, que antes eram construídas em alvenaria ou madeira, passaram, com a revolução industrial a ser construídas em ferro fundido e aço estrutural. E é só a partir de 1900 e 1938 que o concreto armado e o concreto protendido, respectivamente, passam a serem utilizados nas pontes [7].

2.3 Elementos estruturais constituintes das pontes

Os especialistas e estudiosos, classificam as suas estruturas de diversas formas, entretanto tomando como base [6], as pontes são divididas em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura. Na Figura 1 tem-se a composição estrutural de uma ponte genérica.

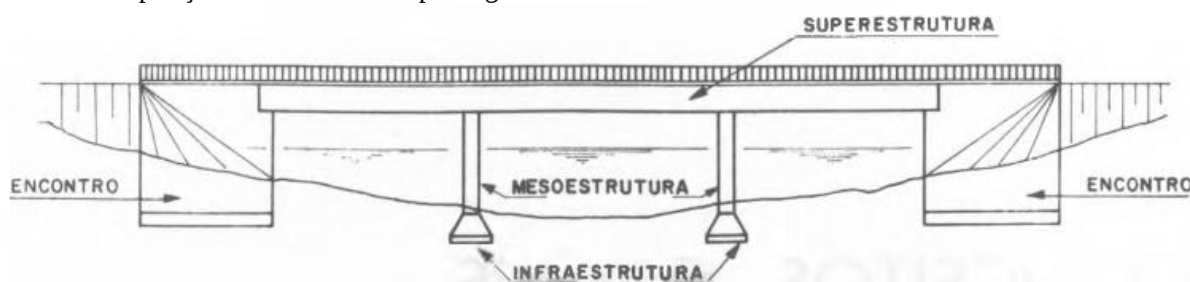


Figura 1. Composição estrutural e visão geral de uma ponte genérica. (Adaptado de [6])

A infraestrutura, que também pode ser denominada de fundação tem a mesma função de uma fundação residencial, é ela que transmite ao terreno de implantação da obra, rocha ou solo, todas as cargas que vão advir da superestrutura e mesoestrutura. A mesma é composta por sapatas, estacas de fundação, blocos, etc.

A mesoestrutura, de acordo com [5], é a parte que está entre a super e a infraestrutura, ela é a responsável por transferir todos os esforços recebidos pela superestrutura à infraestrutura. Em conjunto com isso, suporta outros esforços recebidos diretamente de outras forças solicitantes, tais como pressões do vento e da água em movimento. Os pilares são os elementos que compõem a mesoestrutura.

Superestrutura é a parte útil da obra, a parte onde se trafega, ela é responsável por vencer o vão a ser transposto, e é composta basicamente de lajes e vigas principais e secundárias.

Alguns engenheiros consideram os encontros como partes constituintes da mesoestrutura, já outros da infraestrutura. Estes têm como função receber o empuxo dos aterros de acesso e proteger os demais elementos deste aterro. Apesar de imprescindíveis em algumas pontes, existem outros formatos que permitem a não utilização

deles, normalmente em viadutos e pontes que não apresentam perigo de erosão pelo curso d'água [6]. Na Figura 2 observa-se o detalhe para uma ponte com a ausência de encontro.

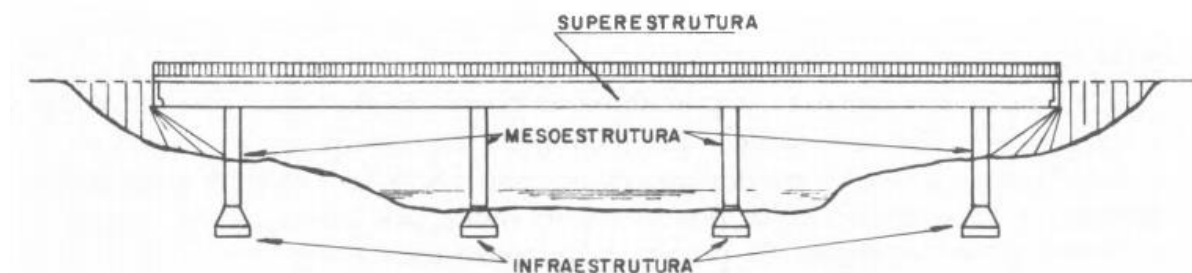


Figura 2. Ponte sem encontros. [6]

Nesse caso, os pilares que se encontram nos extremos é que ficam responsáveis por receber o empuxo dos aterros de acesso, e a superestrutura, ou melhor, o tabuleiro fica em balanço.

2.4 Classificação das pontes

As pontes podem ser classificadas de diversas formas, sendo que nesse trabalho serão destacadas as principais classificações citadas na literatura.

Podem ser segundo a finalidade ou natureza do tráfego; segundo o tipo de material; segundo o comprimento do vão; segundo a sua durabilidade e segundo o tipo estrutural da superestrutura.

A natureza do tráfego é um dos principais tipos de classificação de pontes. Considerada a forma mais genérica e mais fácil de se classificar uma ponte, uma vez que basta analisar o tipo de tráfego principal, podendo elas serem classificadas como: rodoviárias, ferroviárias, passarelas e mistas [5].

Com relação ao tipo de material as pontes podem ser classificadas como pontes de: madeira, alvenaria, concreto simples, concreto armado ou concreto protendido e aço [8].

Quanto ao comprimento do vão podem ser do tipo: Bueiros (2 a 3 m); do tipo Pontilhões (3 a 10 m) e do tipo Pontes (acima de 10 m) [5].

Ainda com relação ao comprimento do vão, [8] classifica da seguinte forma: pontes de pequenos vãos (até 30 m); pontes de vãos médios (de 30 a 60 m) e pontes de grandes vãos (acima de 60 m). Esta classificação foi definida para delimitação do vão das pontes pesquisadas neste artigo, ou seja, todas as pontes estudadas no trabalho tem vão até 30m, sendo consideradas pontes de pequenos vãos.

No que diz respeito a durabilidade, as pontes podem ser divididas, segundo [5], da seguinte forma: permanentes – aquelas planejadas e executadas para durarem até que haja alguma alteração nas condições das estradas e provisórias – projetadas e construídas para durarem apenas um “certo tempo”, geralmente até que se finalize a obra desejada. Normalmente são utilizadas como desvio de tráfego

E por último, quanto ao tipo estrutural da superestrutura, segundo [8] as pontes podem ser do tipo: viga; pórticos; arcos; pênsil e estaiadas. Essas, ainda podem apresentar algumas subdivisões, relacionadas ao tipo de vinculação dos elementos, como por exemplo: ponte em viga simplesmente apoiada, ponte em arco biarticulado, etc.

2.5 Manifestações patológicas em pontes

2.5.1 Definição de manifestação patológica

[4] define patologia como sendo uma parte da engenharia que procura estudar os sintomas, mecanismos, causas e as origens dos defeitos que surgem nas construções civis. Ainda segundo o autor, normalmente as patologias apresentam características pelas quais é possível deduzir qual a origem, natureza e os mecanismos dos fenômenos envolvidos.

[9] ratificam definindo como uma área da engenharia que se preocupa em estudar as origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas. Nesse texto será adotado o termo manifestação patológica quando se tratar de patologia, por ser um termo que tornou-se bastante usual na literatura corrente.

2.5.2 Durabilidade, vida útil e desempenho de estruturas

Para [9], a durabilidade e a vida útil são conceitos que andam lado-a-lado. Uma vez que as características de deterioração dos materiais são conhecidas ou estimadas, passa-se a entender como durabilidade a relação entre a aplicação destas características em determinada construção, classificando-a pelas suas respostas aos efeitos da agressividade ambiental, tendo assim definido a vida útil da mesma.

Eles ainda afirmam que a durabilidade de um determinado material irá variar de acordo com uma série de

fatores, entre eles o ambiente onde este material será inserido, ele ainda afirma que durabilidade é a capacidade que um material tem de se comportar de forma eficaz e segura, sob as condições previstas e durante o tempo previsto.

Como a estrutura e todas as suas partes se comportam durante a sua vida útil, pode ser definido como desempenho. Este varia de acordo com a utilização e localização, variando em função da execução do projeto, construção, manutenção e da exposição à agentes nocivos.

Como pode-se observar na Figura 3, para se garantir uma longa durabilidade de uma ponte é necessário a realização de diversos reparos ao longo de sua vida útil, isso a tornará uma ponte durável. Aquela que devido a má execução e erros de projeto, além de não passar por reparos, certamente não terá uma longa durabilidade e será classificada como ponte não durável.

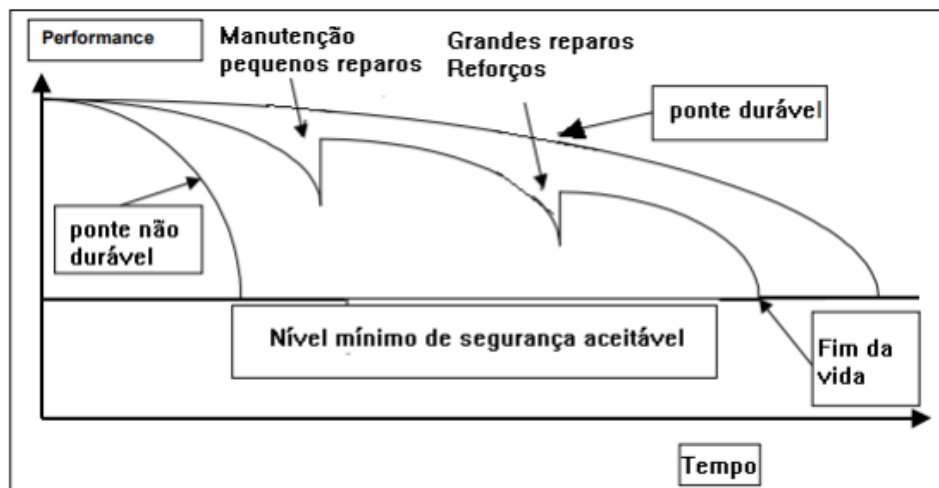


Figura 3. Fases do desempenho de uma estrutura durante sua vida útil. (Adaptado de [10])

A vida útil das estruturas é retardada devido a ação de diversos fatores, entre eles podemos destacar: erros de projeto, incompatibilidade de material, mão de obra desqualificada, erro de execução do projeto, falta de manutenção, etc., este é um dos motivos que tem levado estruturas consideradas relativamente “novas” à apresentarem manifestações patológicas [11].

[4], ainda ratifica dizendo, que esses problemas se agravam com o tempo, evoluindo para problemas maiores, gerando altos custos e demandando uma mão obra exaustiva para a reparação.

2.5.3 Origem das manifestações patológicas em pontes de concreto armado

Como já mencionado anteriormente, e ainda, segundo [12] o surgimento das manifestações patológicas em pontes de concreto, possuem diferentes razões, além disso, caso não forem tratadas de forma correta, tendem a comprometer toda a funcionalidade da estrutura.

Na Figura 4 tem-se os resultados relacionados com a incidência e origem das manifestações patológicas de acordo com levantamento de [4].

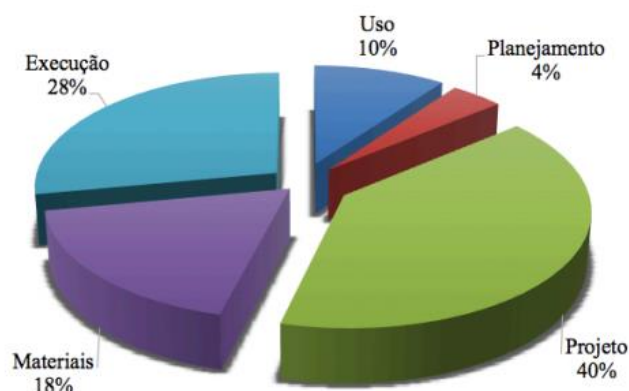


Figura 4. Origem das manifestações patológicas (Adaptado de [4])

Para o autor a natureza das manifestações patológicas está diretamente ligada à uma das cinco principais etapas do processo de construção e utilização de uma obra, são eles: projeto, planejamento, execução, materiais e uso.

Conforme observa-se na figura 4, a fase de projeto é a grande responsável pelo surgimento de manifestações patológicas, seguido de perto pela fase de execução.

Durante a concepção da obra, algumas falhas podem acontecer e gerar possíveis manifestações patológicas, são elas: más definições das ações atuantes ou combinações delas; falta de compatibilização entre estrutura e arquitetura; detalhamento insuficiente ou errado; erro de dimensionamento e inadequação do ambiente [9].

A utilização de materiais inadequados ou a falta deles podem fazer com que as estruturas tenham resistência inferiores às necessárias. Os casos mais comuns da não correta utilização de materiais são: utilização de concreto com resistência inferior ao especificado, seja por erro na encomenda, fornecimento ou mistura na obra e utilização de aço com bitola ou categoria diferentes das especificadas [9].

Já na fase de execução da obra, a falha humana, que muitas vezes está diretamente ligada à mão de obra desqualificada e irresponsabilidade técnica, é uma das diversas razões para os defeitos na execução da obra, isso é o que afirma [9]. Isso se dá devido a: deficiência de concretagem; má execução de escoramento e inexistência do controle de qualidade.

2.5.4 Mecanismos de deterioração e principais manifestações patológicas das obras de arte de concreto armado.

Sob o concreto armado atuam uma gama vasta de agentes naturais, que provocam o envelhecimento, diminuindo assim o seu desempenho, seja ele estético, funcional ou estrutural [13].

Os motivos da deterioração do concreto, são divididas em: mecânicas, físicas, químicas e biológicas [9].

As causas mecânicas estão relacionadas ao surgimento de manifestações patológicas oriundas do excesso de cargas, acidentes e impactos que não estavam previstos no projeto, ou seja, aquelas estruturas não estavam dimensionadas para aqueles esforços, resultando assim em esmagamentos e deformação da estrutura.

As causas físicas, normalmente originam-se da variação da temperatura, insolação, presença de ventos e água (na forma de chuvas, gelo e umidade). Na Figura 5 é possível constatar um breve resumo das causas físicas.

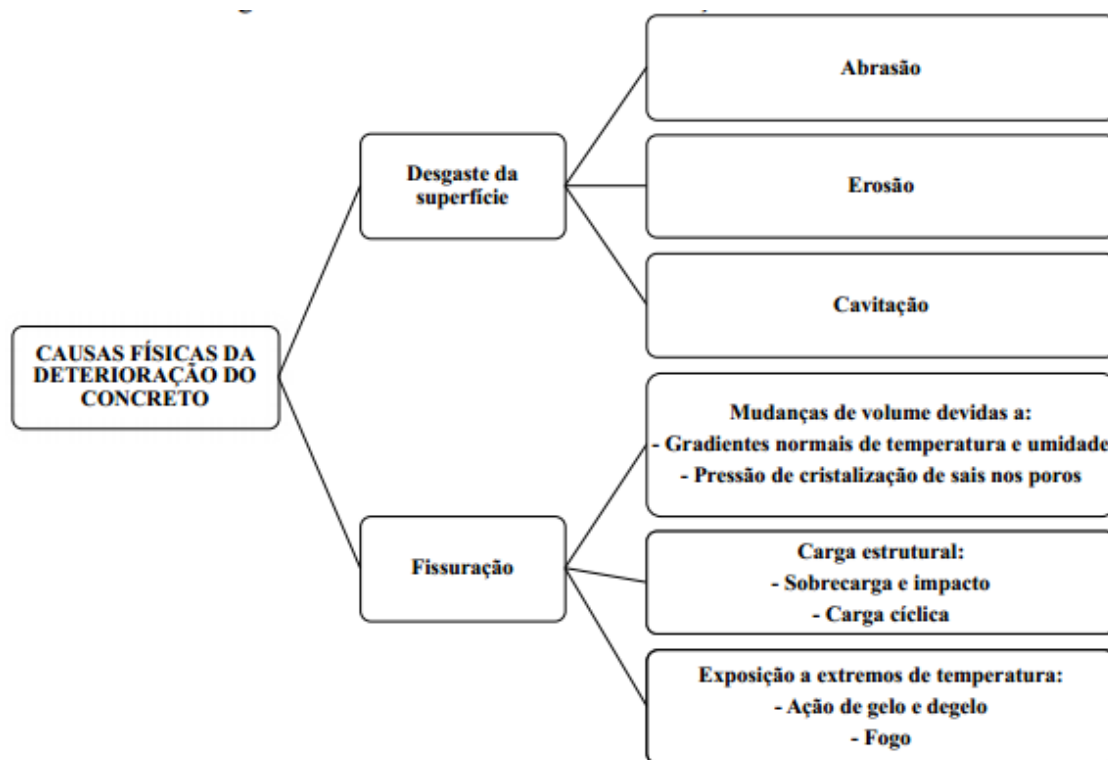


Figura 5. Causas físicas da deterioração do concreto. (Adaptado de [14])

As causas químicas são as principais responsáveis pela degradação das estruturas de concretos [14].

As manifestações patológicas provocadas quimicamente foram bem colocadas por [15], [16], [17] e [18] como:

- Carbonatação – reação química do anitrato carbônico (CO_2) presente no ar atmosférico, com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) presente no cimento hidratado, formando assim o carbonato de cálcio, tendo como consequência a redução do pH do concreto à valores inferiores a 9.
- Eflorescência – estruturas que possuem fissuras, normalmente absorvem mais a umidade, assim, diluindo o carbonato de cálcio e formando depósitos superficiais de coloração branca na superfície da peça.
- Corrosão das armaduras e do concreto – ações químicas e eletroquímicas do meio ambiente causam a deterioração do material, seja ele o concreto ou a armadura. A reação da pasta de cimento com alguns

elementos químicos causa a dissolução do material ou a criação de material expansivo, fazendo assim com que o concreto se deteriore.

- Desagregação – é a separação de partes do concreto, ou seja, deslocamento, que ocorre devido as armaduras oxidarem ou se dilatarem. Ainda pode ocorrer devido ao aumento do volume do concreto, uma vez que este absorve a água proveniente das chuvas, por exemplo.
- Ninhos de concretagem – espaços não preenchidos pela massa de concreto durante a concretagem de pilares, vigas, etc., devido à dificuldade do escoamento do mesmo nas formas.
- Fissuras – são comuns e oriundas basicamente da fragilidade do concreto, uma vez que este colapsa repentinamente e explosivamente por não ser resistente a tração.

2.6 Metodologia da pesquisa

A pesquisa realizada é do tipo exploratória e foi desenvolvida a partir de estudo na literatura para levantar trabalhos realizados com objetivo de obter as condições gerais das pontes de concreto armado e de pequeno porte, com até 30m de vão, fazendo avaliações quanto às manifestações patológicas existentes, suas possíveis causas e terapias. Optou-se em pesquisar pontes com essas dimensões por serem muito comuns por todo território brasileiro.

Após o estudo básico foi realizado levantamento bibliográfico em artigos, teses e dissertações cujo tema fosse pesquisar as condições gerais dessas estruturas por todo Brasil. Para tal utilizou-se nas buscas as seguintes palavras chaves: Manifestações Patológicas; Pontes; Manutenção de pontes

2.7 Resultados e discussões

Nesse tópico serão explanados os trabalhos encontrados para realização do artigo. Foram selecionados dez trabalhos realizados entre os anos de 2017 à 2020.

Autor(a)	Nº de pontes estudadas	Principais manifestações patológicas encontradas
Carnaúba (2017)	3	Corrosão de armaduras, infiltrações, eflorescências, deslocamento, fissuras, ninhos de concretagem e erosão no aterro.
Pontes et al. (2017)	1	Corrosão de armaduras, fissuras, trincas e eflorescências.
Vasconcelos (2018)	4	Corrosão de armaduras, fissuras e deslocamentos.
Cardoso (2018)	1	Corrosão de armaduras e deslocamento.
Nobre (2019)	2	Corrosão de armaduras.
Cruz (2019)	3	Corrosão de armaduras, fissuras, deslocamento, eflorescências.
Winkel (2019)	2	Corrosão de armaduras, fissuras, deslocamento, eflorescências e infiltração.
Souza; Júnior (2019)	1	Corrosão de armaduras, deslocamento, infiltração e eflorescências.
Morais (2020)	13	Corrosão de armaduras, fissuras, deslocamento e eflorescências.
Menezes (2020)	1	Corrosão de armaduras, deslocamento e fissuras.

2.7.1 Carnaúba (2017)

O trabalho foi realizado entre os municípios de Delmiro Gouveia e Olho D'Água do Casado, localizados no Estado de Alagoas. A autora pesquisou cinco pontes de concreto armado, entretanto apenas três se encaixaram nos padrões de ponte de pequeno porte, uma vez que possuíam extensões de 16,34m, 16,59m e 20,7m, respectivamente.

Foi observado que as principais manifestações patológicas encontradas nas pontes foram: corrosão das armaduras, infiltrações, eflorescências, desagregação, fissuras, ninhos de concretagem e erosão no aterro.

A orientação quanto ao tratamento da corrosão das armaduras é que fosse realizada a remoção cuidadosa do concreto afetado, fazendo a limpeza da superfície e a reconstrução da seção original das armaduras. Ainda cita, que nos casos em que não houve o comprometimento do concreto e das barras de aço, a simples recuperação estrutural através de argamassas seria o suficiente, inclusive mantendo as mesmas dimensões antes projetadas. Nos casos onde a corrosão estiver avançada, foi sugerido o reforço da estrutura, aumentando as suas dimensões originais. A mesma ainda sugere, que as corrosões foram reflexos da falta de cobrimento adequado, além da não utilização de pingadeiras na área do passeio, fazendo assim com que as águas das chuvas umedeçam a laje e causem a desagregação do concreto, expondo à armadura aos efeitos nocivos da água e dos gases.

No caso das infiltrações e eflorescências, a autora afirma que as principais causas podem ser: a má vedação das juntas do encontro, a incorreta impermeabilização, a falta de aparelhos de drenagem e alta porosidade do concreto. Como solução, ela sugere que sejam instalados órgãos de drenagem de água, que seja feito uma nova

impermeabilização juntamente com a proteção do tabuleiro, além da restauração do monolitismo através da injeção de resina epóxi.

Alega, ainda, que as fissuras e as exposições das armaduras podem ter sido provenientes da associação de recobrimentos pouco espessos, carbonatação, contaminação do concreto por cloretos, além da dilatação térmica. A terapia apontada para solucionar as manifestações patológicas encontradas é adoção de um programa de manutenção corretiva direcionada a principalmente aos encontros onde estão localizados a maior parte deste tipo de manifestações.

Já sobre os ninhos de concretagem a pesquisa deixa claro que eles são erros de execução, dando ênfase as etapas de lançamento e adensamento do concreto, podendo também terem sido causados por problemas no detalhamento das armaduras ou na montagem das formas. Para o reparo, a solução apontada foi a aplicação de argamassa de cimento acrescido de areia fina e aditivo adesivo sintético, uma vez que os ninhos não apresentam exposição das armaduras.

Quanto à erosão, primeiro é preciso separar os dois tipos de erosão que ocorrem naquelas pontes, uma delas: a erosão do das fundações, estas podendo ter sido causadas devido ao rebaixamento do leito do rio com o passar o tempo, a variação do nível da água e a correnteza. A outra, a erosão dos encontros, podem ser oriundas da falta de compactação adequada do maciço e dos taludes, além de deficiência ou ausência de proteção e drenagem dos mesmos, locação inadequada da ponte, projeto inadequado dos encontros e a falta ou deficiência de lajes de transição. As formas encontradas para solucionar as manifestações patológicas apresentadas são: o uso de argamassas na reparação da fundação ou reforço. No tocante à erosão dos encontros a autora não esboça nenhuma possível solução.

2.7.2 Pontes *et al.* (2017)

Nesse trabalho foi estudada somente uma ponte. Localizada na saída do município de Belém/PB em direção ao município de Tacima/PB, a ponte possui 26m de comprimento e 10m largura, sendo classificado como ponte de pequeno porte.

Após a inspeção, foram identificadas as manifestações patológicas do tipo corrosão, fissuras, trincas, manchas, além de defeitos no pavimento que recobre a mesma.

Os autores afirmam que várias das manifestações patológicas existentes na ponte, provavelmente se originaram devido à falta de manutenção ao longo da vida útil da obra, como também devido à salinidade das águas (apesar do rio que passa sob a ponte não ser perene) e possíveis reações álcali-agregado. Informam que a ponte se encontra em estado avançado de degradação, possuindo diversas trincas no pavimento flexível que a recobre, assim como trincas no muro de arrimo. Também, de acordo com os autores, é notória e preocupante a presença de eflorescências e a falta de guarda-corpo.

No tocante à eflorescência, os autores afirmam que ela ocorreu devido ao depósito de sais na superfície do concreto. Ela pode causar a despassivação da armadura. Apesar de na parte analisada com eflorescência não possuir armaduras expostas, o tempo sem manutenção pode favorecer o processo de carbonatação, levando a corrosão das armaduras.

Como terapia para a eflorescência, foi sugerido no trabalho que seja removida através de processos simples, como: escovação com escova dura e seca, escovação com água, leve jateamento de água e leve jateamento de areia.

No que diz respeito à corrosão das armaduras das vigas, informam apenas que, se a armadura apresentar uma perda de seção entre 15% e 25%, seja implantada uma armadura suplementar, para que a seção que está danificada possa ser recomposta.

E quanto aos reparos das áreas degradadas, eles informam que se deve refazer a parte destruída, mas inicialmente é necessário realizar uma limpeza no local, retirando entulhos, a seguir quebra-se a área adjacente ao dano, e só então se reconstrói a área afetada, preenchendo-a com concreto. No caso da trinca, também inicia-se fazendo uma limpeza, posteriormente sela-se e executa-se alguns furos no local, nestes furos são colocados tubos plásticos, e após isso epóxi deve ser aplicado. A parte dos tubos plásticos excedentes devem ser cortados, e por fim, é necessário fazer uma nova limpeza do local.

2.7.3 Vasconcelos (2018)

A pesquisa estudou quatro pontes localizadas na BR-423 entre os km 62,8 e o 81,4, no Estado de Alagoas, sendo todas com no máximo 18m de comprimento.

As principais manifestações patológicas encontradas foram: corrosão de armaduras, fissuração, eflorescência, deslocamento, desagregação, danos por fogo e falhas na execução, estando estas ordenadas de acordo com a frequência de surgimento, da maior para a menor.

Como dado curioso, mas não espantoso, o autor afirma que era esperado que as pontes apresentassem as mesmas manifestações patológicas, uma vez que todas foram construídas seguindo o mesmo modelo de construção e no mesmo ano. Além disso, registra que a corrosão de armaduras, fissuração, eflorescência, deslocamento, estão presentes em todas as pontes de sua pesquisa.

As manifestações patológicas como a corrosão das armaduras, fissuração, eflorescências, deslocamento e desagregação foram ocasionadas devido a erros de concepção de projeto e execução, entretanto afirma que a manutenção periódica poderia ter evitado a acentuação delas. Afirma ainda, que em todas as pontes, os cobrimentos das vigas foram insuficientes, diminuindo a proteção da armadura e favorecendo a corrosão, isso somado à agressividade do meio ambiente, consequentemente, gerou a fissuração e o deslocamento.

As eflorescências incidiram abundantemente em todas as pontes do estudo, por sua vez quase sempre nas faces laterais das vigas, o que evidencia que a circulação da água através da gravidade sobre o elemento estrutural, foi o fator preponderante para o aparecimento dessa manifestação. Sobre a eflorescência, ele conclui que ela aumentou o grau de porosidade do concreto, gerando um aumento na incidência de corrosão na armadura da região afetada.

No que tange à desagregação, afirma que esta manifestação esteve presente tão somente nos guarda-corpos, e que na parte de sua união com a laje foi usado um concreto de má qualidade, o que unido à má execução da inserção de um elemento no outro, provocou a referida manifestação patológica.

O autor finaliza afirmando que todas as pontes estudadas necessitam de manutenção e inspeções rotineiras, com o objetivo de identificar em tempo hábil o agravamento da situação. Apesar disso, o mesmo não sugere nenhum tipo específico de tratamento.

2.7.4 Cardoso (2018)

A ponte objeto de estudo deste autor, encontra-se localizada na Rodovia Estadual RS-030, no município de Tramandaí/RS e possui cerca de 25m de comprimento, assim estando dentro da classificação de pontes de pequeno porte. Informa que para a realização do trabalho, ele utilizou o que preconiza a NBR 9452 (ABNT, 2016), assim como o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010).

Ele cita apenas como manifestações patológicas presentes nessa ponte, o deslocamento do concreto e a corrosão das armaduras (em um caso havendo até o rompimento da mesma). Ele afirma que apesar de constatado algumas manifestações patológicas, a ponte encontra-se em condições satisfatórias, ela possui um concreto de boa qualidade, e que o fato do rio que passa sob a mesma ser de água doce, pode ter influenciado na sua durabilidade.

Ele finaliza sem expor possíveis soluções, apenas dizendo que verificou que a incidência das manifestações patológicas ocorrera por causa de fatores externos, como intempéries do tempo e a presença de água constante. Enfatiza que a falta de manutenção não o surpreendeu, mas por mais que o ambiente em que a ponte esteja não seja tão agressivo, a manutenção periódica é imprescindível para evitar problemas futuros.

2.7.5 Nobre (2019)

Nesse trabalho foram pesquisadas sete pontes de concreto armado, no entanto apenas duas estão na classificação utilizada nesse artigo, ou seja, de pontes de pequeno porte, tendo elas 21m e 26m. A pesquisa foi realizada na Rodovia Estadual RN-233, na cidade de Apodi/RN e no Distrito de Caraúbas/RN, respectivamente.

De acordo com o autor não se encontram muitas manifestações patológicas nessas duas pontes, o mesmo aponta apenas que, em uma delas é necessário apenas uma limpeza na parte do enrocamento, para a retirada de pequenas árvores, e a reconstrução das juntas de dilatação dos encontros e da superestrutura. E na outra, a presença de corrosão de armaduras, deve ser tratada com o lixamento e grauteamento do pilar e do encontro garantindo a cobertura mínima de acordo com a NBR 6118:2014.

2.7.6 Cruz (2019)

Das sete pontes estudadas pelo autor, apenas três possuem enquadrar-se nas classificação de pontes de pequeno porte, por possuírem respectivamente 10,8m, 8,85m e 11,3m, ou seja, menos de 30m de comprimento, ambas encontram-se na cidade Balsas/MA.

O autor informa que uma das pontes abordadas possui alto índice de corrosão de armaduras e desagregação do concreto, representando um problema de alta gravidade. Segundo ele, o fato haver corrosão na parte externa dessa ponte, indica que a falta de drenagem é a causa principal para este tipo de manifestação. Além disso, dado o baixo fluxo de veículos na região e por não se tratar de cidade litorânea, fica quase que descartado a possibilidade desta manifestação patológica ter ocorrido por carbonatação ou por ataque de cloretos, respectivamente. Desta forma, além do escoamento pluvial, uma das causas mais prováveis para a corrosão das armaduras pode ter sido o recobrimento insuficiente da armadura e/ou o mal adensamento do concreto na fase de execução.

As fissuras e fendas presentes na obra segundo o autor, devem ter sido decorrentes de esforços de compressão no concreto, além da quantidade inadequada de estribos. Como terapia, o autor informa que as fissuras passivas devem ser fechadas com material aderente e resistente, no caso, resina epóxi. Já no caso da fenda, que se encontra em um dos pilares, o ideal é que se realize um reforço estrutural, entretanto se não for possível essa realização, tem-se que ser feito ao menos a vedação da mesma com material elástico, criando assim uma barreira à materiais nocivos, como líquidos e gases que podem contaminar o concreto e a armadura.

Em outra ponte, a qual possui histórico de manutenção, o ponto crítico está justamente na área onde foi realizada a manutenção, nos encontros e no muro de arrimo, que possui diversas fissuras e está parcialmente

rompido, com recalques nas margens da ponte e com risco de tombamento do muro. O autor não especificou uma solução para os problemas presentes nesta ponte.

Na última ponte que se encontra dentro dos padrões de pontes de pequeno porte analisadas, ele verificou que, na parte inferior da laje, a exposição e a corrosão das armaduras encontram-se em estado avançado, foi possível também, verificar a presença de ninhos de concretagem, desagregação do concreto, além da presença de eflorescências.

Como solução para os problemas encontrados, o autor sugere que seja feito um tratamento adequado das armaduras corroídas, além da limpeza das superfícies para a retirada de agentes bióticos. E especificamente no caso das eflorescências, ele sugere que seja feita uma escovação, jateamento de água, de areia, além da utilização de soluções diluídas em ácido.

Por fim, quantos às fissuras encontradas nos encontros, sugere que elas sejam devidamente fechadas, e a região onde elas ocorrem sejam reforçadas, para que se evite a propagação da erosão sob os arrimos.

2.7.7 Winkel (2019)

Aborda várias pontes, uma delas bem antiga, que mescla o concreto armado e alvenaria de pedras, é considera uma ponte de pequeno porte (pontilhão), uma vez que seu comprimento não ultrapassa 30m. Segundo o autor, foi possível encontrar, claramente, problemas relacionados à drenagem, que devem ser tratados seguindo o manual do DNIT (1996), onde recomenda que, quando não for possível a realização do sistema por gravidade, ou este for insuficiente, deve-se instalar buzinos, estes serão os responsáveis por encaminhar de forma correta a água pluviais.

A principal manifestação patológica encontrada pelo autor foi o deslocamento de alguns blocos da estrutura do arco, fissuras e exposição da armadura. Ele afirma não conseguir identificar as razões que deram origem a estas manifestações, mas supõe que ocorreram devido ao nível da cheia do rio ser superior ao nível da ponte. Neste caso, ele não é convicto quanto à solução, mas se baliza no que diz Rouxinol (2007), sempre que nesse sistema construtivo, o arco sofra perda de partes de sua estrutura, esta tende a entrar em colapso, assim deve-se imediatamente limitar o tráfego por esta ponte.

As fissuras encontradas são oriundas da inexistência ou espessura insuficiente das juntas de assentamento entre os blocos, estas são responsáveis por absorver os esforços de dilatação do material.

Quanto à exposição de armaduras, o autor afirma que elas foram causadas pela falta de espaçadores no fundo das formas durante a execução do processo de concretagem. Como terapia, o autor sugere que seja feita apenas uma cobertura com argamassa de alta resistência na área afetada.

Outra ponte que está localizada no mesmo trecho, está feita em viga, possui, segundo o autor, diversos pontos da manifestação patológica conhecida como nichos de concretagem, ele atrela esta manifestação ao fato de não haver espaçadores no fundo das formas, e também à alta taxa de armaduras das vigas, impedindo assim que os agregados graúdos pudessem chegar até o fundo das formas.

É possível identificar também, outras manifestações patológicas, como eflorescência e corrosão de armaduras, evidenciando isso, ele relata que o avermelhamento das vigas é sinal da produção de óxido ferroso da armadura produzido pela corrosão dela. Como tratamento para a corrosão das armaduras, o autor sugere que seja seguido o esquema adaptado de Santos (2016), que resumidamente diz:

- Remoção da argamassa da área afetada;
- Remoção da armadura oxidada;
- Montagem de novas armaduras;
- Aplicação de concreto projetado.

O autor finaliza frisando que, a remediação dos problemas encontrados não impedirá que eles apareçam no futuro, dando como certo, o reaparecimento destes com o passar do tempo. Havendo o interesse no não retorno das manifestações, é necessário que todas as juntas de dilatação da obra de arte com material de boa qualidade, evitando uma nova infiltração de água por meio das fendas.

2.7.8 Souza e Junior (2019)

A ponte estudada pelos autores está localizada na cidade de Araguatins-TO, datada de 1992, e construída em concreto armado. Possui 30m de comprimento, e por isso se encontra dentro dos padrões das pontes de pequeno porte.

Foi possível identificar corrosão de armaduras na parte inferior do tabuleiro, e que essa manifestação patológica foi causada pela falta do uso de espaçadores durante a execução da laje. Eles ainda deixam claro que, a NBR 6118 (ABNT, 2014), informa que, o cobrimento das armaduras de concreto é fator preponderante na durabilidade do concreto armado. Ainda, sugerem que seja feito a aplicação de produtos anticorrosivo sobre as armaduras e em seguida seja feito o preenchimento com argamassa de reparo estrutural, desta forma tratando a anomalia.

Os pesquisadores ainda relatam que, foi constatado o surgimento de manchas escuras ocasionadas por fungos,

características de locais onde a umidade está muito alta. A falta de pingadeiras e o uso incorreto de drenos – com diâmetros inferiores ao que recomenda o DNIT – propicia o entupimento e o mal funcionamento dos mesmos, assim, gerando o mal escoamento da água e aumento da umidade, com posterior deslocamento do concreto. Como terapia, os autores sugerem que os drenos sejam substituídos e instalados de acordo com o que orienta o DNIT, além disso também sugerem que sejam instaladas as pingadeiras.

Eles finalizam dizendo que, não observam as manifestações patológicas como risco real à estrutura, a ponto de ocorrer o colapso da mesma, entretanto afirmam ser necessário o reparo de todas, além da criação de rotinas de inspeção à fim de que sejam combatidos prováveis desenvolvimento das anomalias

2.7.9 Morais (2020)

A pesquisa realizada pelo autor fez o levantamento de treze pontes localizadas na Rodovia Estadual RN 118, todas possuem menos de 30m.

Foram encontradas diversas anomalias, como: fissuras, manchas, corrosão de armaduras, desagregação do concreto e eflorescências. Ele ainda deixa claro que, todas os motivos relacionados ao surgimento das manifestações patológicas são apenas suposições.

A respeito das fissuras/trincas, ele deixa claro que todas as pontes pesquisadas apresentaram algum grau desta manifestação patológica. Informa que, apesar desta anomalia ser comum, em virtude das tensões de tração provocadas pela flexão, força cortante, torção e restrições de movimentos, ela deve ser tratada, uma vez que servem de acesso para agentes agressivos externos.

Ainda segundo o pesquisador, todas as pontes apresentaram alguns pontos com armaduras expostas, seja no tabuleiro, nas vigas longitudinais e transversais. Ele atribui a causa à agentes químicos presentes no local, oriundos do movimento constante de veículos automotores, que resultaram na reação de carbonatação, mantendo os agregados livres, e posteriormente provocando o deslocamento do concreto, ainda aponta como possível fator causador da anomalia, a provável perda de aderência entre o aço, o qual foi tensionado, e o concreto.

Já a respeito das eflorescências, o autor informa que, estas estão presentes tanto na superestrutura, quanto na mesoestrutura, e que uma vez que a maioria das pontes estão próximas a bacias hidrográficas, e dado o alto nível de umidade destes locais, a ocorrência deste tipo de manifestação patológicas torna-se comum. Ainda assim, afirma que, essa anomalia também pode ter sido causada pelo carregamento dos compostos hidratados do cimento, e a falta de pingadeira, uma vez que sem ela a água da chuva tende a infiltrar no concreto.

Por fim, não cita nenhuma forma de terapia de combate as manifestações patológicas encontradas, apenas relata que, apesar da presença das anomalias, a situação das pontes poderia ser pior, uma vez que não há nenhuma rotina de inspeção.

2.7.10 Menezes (2020)

A obra de arte, objeto de estudo da autora, está localizada na cidade de Santa Cruz do Capibaribe-PE, construída em meados dos anos 1950, a mesma possui 18m de comprimento, podendo ser considerada uma ponte de pequeno porte.

Foram encontradas diversas fissuras, trincas e rachaduras, presentes tanto no muro de arrimo, como nas longarinas transversais. A razão do surgimento dessas manifestações patológicas foram, segundo a autora, as intempéries do tempo, além da sobrecarga ocasionada pelo fluxo de veículos. Ela ainda afirma, que o surgimento de fissuras paralelas ao aço do concreto é indicio de corrosão de armaduras.

Como tratamento para as fissuras, ela sugere que após ser feito uma limpeza e observada se a fissura é passiva ou ativa, deve ser feito a aplicação de materiais flexíveis, como o “selante plástico” ou de matérias rígidos, como a “resina epóxi”, de acordo com o caso, respectivamente.

Afirma, ainda, que praticamente toda a estrutura da ponte está com alto índice de corrosão, além de alguns trechos apresentarem suas armaduras rompidas. Como tratamento, a mesma sugere que após ser feito a devida marcação e limpeza do local, a armadura danificada seja extraída, e posteriormente seja constituída a camada de aderência do aço, para que só então seja feito o revestimento e a restauração da superfície de proteção do concreto.

Quanto à desagregação do concreto, deixa claro que a agressividade do ambiente, juntamente com a umidade, armaduras oxidadas e corroídas, e até mesmo o uso de material de baixa qualidade foram fatores preponderantes para a presença desta manifestação patológica.

A solução encontrada pela pesquisadora para a desagregação do concreto é realizar a limpeza do local, apicoamento do mesmo e posterior reconstituição do concreto por meio da injeção de argamassa de cimento Portland enriquecida ou argamassa polimérica/grout, ou ainda, micro concreto.

Por fim, ela informa que a ponte em questão se encontra interditada, uma vez que as manifestações patológicas encontradas não permitem que haja um nível de segurança mínimo para os transeuntes.

3 CONCLUSÕES

Após analisar todos os trabalhos aqui expostos, resta claro que, as manifestações patológicas são causadas por

diversos fatores externos, as intempéries e ação da água merecem destaque nesta relação, estas são as principais causadoras das manifestações patológicas encontradas, entretanto é importante observar que a falta de manutenção preventiva, poderia, de fato, prolongar ou evitar o aparecimento das manifestações. Em todos os estudos, não se constatou a realização de manutenções, exceto as estéticas (pinturas e acabamentos).

Com o estudo na literatura, observou-se que, apesar das pontes possuírem diversas manifestações, a corrosão de armaduras e eflorescências estão presentes na maioria delas, seja por falta de cobrimento, umidade, enfraquecimento do concreto, não uso de espaçadores ou alto nível de carbonatação. Apesar de não demonstrarem sinais claro de que as obras estão a ponto de colapsar, elas são sempre expressivas e intensas, necessitando de manutenção e recuperação.

Conclui-se então que, é fundamental haver uma boa elaboração do projeto e a utilização das obras de arte sejam executadas de forma a aumentarem a eficiência delas. Isso, alinhado ao controle de materiais, padronização, qualidade na execução dos serviços. Além da implantação do processo de manutenção preventiva, aumentam a eficiência e durabilidade das pontes.

Após análise, percebeu-se que em todas as pontes foram encontradas diversas manifestações patológicas, dentre elas: deslocamento do concreto, corrosão de armaduras, fissuras, carbonatação, eflorescências, infiltrações e ninhos de concretagem. Nota-se, também que, as terapias sugeridas pelos autores se assemelham, possuindo características idênticas, resultando na conclusão de que existem poucos métodos de tratamento, como limpeza e substituição das armaduras corroídas, preenchimento das fissuras com o uso de selantes plásticos, limpeza da área afetada pelas eflorescências e instalação de equipamentos que previnam a infiltração.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MEDEIROS, A.G. Análise de durabilidade da Ponte do Rio do Carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma DNIT e a metodologia GDE/UNB. 2015. 165 p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, 2015.
- [2] PINHO, Fernando Ottoboni; BELLEI, Ildony Hélio, Pontes e viadutos em vigas mistas, 1ª ed. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2007.
- [3] VERLY, Rogério Calazans. Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais. 2015. 178 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- [4] HELENE, Paulo. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1992.
- [5] MARCHETTI, O. Pontes de concreto armado. São Paulo: Blucher, 2008.
- [6] PFEIL, W. Pontes em concreto armado. Rio de Janeiro: LTC, 1979.
- [7] COSTA, Vanessa Miranda da. Desempenho e Reabilitação de Pontes Rodoviárias: Aplicação a Casos de Estudo. 2009. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Minho, 2009.
- [8] DEBS, M. K; TAKEYA, T. Pontes de Concreto. São Carlos, USP – Universidade de São Paulo, 2007. Notas de aula.
- [9] SOUZA, Vicente C. M. de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998. 257 p.
- [10] BRIME. Bridge Management In Europe – Final Report D10. IV Framework programme. Brussels, 2002.
- [11] TAKEUTI, A. R. Reforço de pilares de concreto armado por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999.
- [12] LOURENÇO, L.C. Análise de corrosão em estruturas de pontes metálicas e de concreto armado. 2007. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico – UFF, Niterói, 2007.
- [13] ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. Patologia das Estruturas. In: ISAÍÁ, G.C. Concreto: ensino, pesquisa e realizações – São Paulo: IBRACON, 2005.
- [14] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.
- [15] GENTIL, V. Corrosão. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1987.
- [16] CUNHA, A. A. Estudo das patologias em obras de arte especiais do tipo pontes e viadutos estruturados em concreto. Trabalho de Conclusão de Curso pela Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2011.
- [17] VITÓRIO, J. A. P. Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão. Recife, CREA-PE, 2002.
- [18] SANTOS, G. V. Patologias devido ao recalque diferencial em fundações. 111p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014.
- [19] CARNAÚBA, K. S. Manifestações patológicas em pontes sobre a rodovia AL-220, no trecho entre Delmiro Gouveia e Olho D'Água do Casado-AL. 88p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL – Campus do Sertão, Delmiro Gouveia, Alagoas, 2017.
- [20] SANTOS, A. G. F. da S. et al., Levantamento das manifestações patológicas de uma ponte de concreto

-
- armado junto as suas possíveis técnicas de recuperação. CONPAR 2017. Recife. 2017,
- [21] VASCONCELOS, F. de O. Levantamento das manifestações patológicas de uma ponte de concreto armado junto as suas possíveis técnicas de recuperação. 71p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL – Campus do Sertão. Delmiro Gouveia, Alagoas, 2018.
- [22] CARDOSO, L. B. Análise das manifestações patológicas em pontes e viadutos no litoral norte do Rio Grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS – Escola de Engenharia. Porto Alegre. Rio Grande do Sul. 2018.
- [23] NOBRE, G. T. N. Análise das manifestações patológicas em pontes da rodovia RN-233. Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA – Centro Multidisciplinar de Caraúbas. Caraúbas. Rio Grande do Norte. 2019.
- [24] CRUZ, N. P. da. Avaliação de patologias das pontes do perímetro urbano de Balsas-MA. Universidade Federal do Maranhão – UFM – Campus Balsas. Balsas. Maranhão. 2019.
- [25] WINKEL, R. L. Análise das manifestações patológicas em pontes na cidade de Teutônia/RS. Universidade do Vale do Taquari – Curso de Engenharia Civil. Lajeado. Rio Grande do Sul. 2019.
- [26] SOUSA, F. L.; JUNIOR, F. V. da SILVA. Análise das manifestações patológicas da ponte sobre o Rio Taquari em Araguatins/TO. Engineering Sciences, v.8, n.1, p.45-56, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.001.0006>
- [27] MORAIS, I. L. Levantamento das condições gerais de pontes da RN 118 – Trecho entre Caicó/RN e Jucurutu/RN. CBPAT. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.342>
- [28] MENEZES, I. M. Investigação das possíveis patologias que resultaram na interdição da “Ponte Velha” na cidade de Santa Cruz do Capibaribe-PE, um estudo de caso. CBPAT. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.353>