

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

ISABELE LUIZ VIEIRA MACHADO

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: deterioração do concreto nas
juntas de dilatação da ponte Francisco Botelho na rodovia BR
040

Paracatu

2022

ISABELE LUIZ VIEIRA MACHADO

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: deterioração do concreto nas juntas de dilatação da ponte Francisco Botelho na rodovia BR 040

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Patologia.

Orientadora: Prof^a. Anelise Avelar de Araújo.

Paracatu

2022

ISABELE LUIZ VIEIRA MACHADO

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: deterioração do concreto nas juntas de dilatação da ponte Francisco Botelho na rodovia BR 040

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Patologia.

Orientadora: Prof^a. Anelise Avelar de Araújo.

Banca Examinadora:

Passos – MG, 19 de novembro de 2022.

Prof^a. Anelise Avelar de Araújo
Centro Universitário Atenas

Prof. Me. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
Centro Universitário Atenas

Prof. Me. Romério Ribeiro da Silva
Centro Universitário Atenas

Dedico este trabalho de pesquisa a Deus e a minha família. Sua grande força foi a mola propulsora que permitiu o meu avanço, mesmo durante os momentos mais difíceis. Agradeço do fundo do meu coração.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda a fase da minha vida acadêmica.

Aos meus pais Veridiana Correia e Evaldo Luiz pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Ao meu irmão Wenderson Dairiel pela amizade e atenção dedicadas quando sempre precisei.

Ao meu querido companheiro Iago de Sousa pelo seu amor, atenção e por compreender minha dedicação ao projeto de pesquisa.

A minha professora orientadora Anelise Avelar pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo. Obrigada por exigir tanto de mim, isso me fez ver o quão longe posso chegar quando acredito e corro atrás. Valho-me de sua sabedoria e amizade constante.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito de alegria e perseverança.

Aos meus professores, Romério, Carlos Chula, Ellen, Pedro, Elismar, Marcos Henrique e Giovane, mesmo que alguns não me acompanharam até o fim, mas sempre me incentivaram e acreditaram na minha capacidade.

Também quero agradecer ao Centro Universitário Atenas e sua equipe que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

O cansaço físico, mesmo que suportado forçosamente, não prejudica o corpo, enquanto o conhecimento imposto à força não pode permanecer na alma por muito tempo.

Platão, 348 a.C.

RESUMO

De maneira geral, as pontes apresentam uma grande diversidade de construção, em função de seu contexto contínuo e da manutenção em grande parte dos casos, impedem o uso de algumas ações de manutenção. Nesse momento, parece plausível, que reparos possíveis, relevantes de construção em algum momento da vida útil sejam determinados para garantir o conforto e segurança dos usuários. O desenvolvimento de problemas patológicos pode resultar de uso inadequado, falta de um programa de manutenção adequado e fatores externos à estrutura. O objetivo geral é utilizar como estudo as necessidades de manutenções regulares em pontes, as manifestações patológicas presentes nas juntas de dilatação da Ponte Francisco Botelho situada na rodovia BR 040 Km 0 entre os municípios de Paracatu - MG e Cristalina - GO, causadas pela deterioração do concreto nas juntas, expondo a armadura deixando-a vulnerável. Atualmente, a maioria das estruturas de concreto de baixa qualidade concluídas com o mínimo de manutenção, controle e nenhum são de manutenção, segundo as normas.

Palavras-chave: Ponte. Manutenção. Patologia. Juntas. Concreto.

ABSTRACT

In general, bridges have a wide variety of constructions, due to their continuous context and maintenance in most cases, preventing the use of some maintenance actions. At this point in time, it seems plausible that possible, construction-relevant repairs at some point in the useful life are determined to ensure the comfort and safety of users. The development of pathological problems can result from improper use, lack of a proper maintenance program and factors external to the structure. The general objective is to use as a study the needs of regular maintenance in bridges, the pathological manifestations present in the expansion joints of the Francisco Botelho Bridge located on the BR 040 Km 0 highway between the municipalities of Paracatu - MG and Cristalina - GO, caused by the deterioration of the concrete in the joints, exposing the reinforcement leaving it vulnerable. Today, most low-quality concrete structures completed with minimal maintenance, control and none are up to standard maintenance.

Keywords: *Bridge. Maintenance. Pathology. Joints. Concrete.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – Estrutura de ponte. | 19 |
| FIGURA 2 – Exemplo de junta de dilatação aberta | 29 |
| FIGURA 3 – Exemplo de junta de dilatação fechada. | 29 |
| FIGURA 4 – Fluxograma de elaboração do projeto | 34 |

LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1** – Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis 22
- GRÁFICO 2** – Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas. 23

LISTA DE IMAGENS

| | | |
|-----------------|--|----|
| IMAGEM 1 | – Superestrutura da área de estudo | 30 |
| IMAGEM 2 | – Infraestrutura da área de estudo. | 31 |
| IMAGEM 3 | – Infraestrutura da área de estudo. | 31 |
| IMAGEM 4 | – Infraestrutura da área de estudo, em época de cheia. | 32 |
| IMAGEM 5 | – Junta de dilatação 01. | 32 |
| IMAGEM 6 | – Junta de dilatação 02. | 34 |
| IMAGEM 7 | – Junta de dilatação 03. | 34 |
| IMAGEM 8 | – Junta de dilatação 04 | 35 |

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Proporções de aberturas de fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas.

24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| BR | Rodovias Federais |
| DER | Departamento de Estradas e Rodagem |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes |
| GO | Goiás |
| Km | Quilômetro |
| OAE | Obra de Arte Especial |
| MG | Minas Gerais |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 PROBLEMA | 16 |
| 1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO | 16 |
| 1.3 OBJETIVOS | 17 |
| 1.3.1 OBJETIVO GERAL | 17 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 1.4 JUSTIFICATIVA | 17 |
| 1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO | 18 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 2.1 DEFINIÇÃO DE PONTE | 19 |
| 2.1.1 BREVE HISTÓRICO DE PONTES | 20 |
| 2.1.2 CLASSIFICAÇÃO DAS PONTES | 20 |
| 2.2 PATOLOGIAS | 21 |
| 2.3 PRINCIPAIS PATOLOGIAS E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS | 22 |
| 2.3.1 FISSURAS | 23 |
| 2.3.2 DETERIORAÇÃO DO CONCRETO PRESENTE NA ESTRUTURA | 25 |
| 2.3.2.1 INFLUÊNCIAS MECÂNICAS | 25 |
| 2.3.2.2 INFLUÊNCIAS FÍSICAS | 26 |
| 2.3.2.3 INFLUÊNCIAS QUÍMICAS | 26 |
| 2.3.3 CORROSÃO DAS ARMADURAS PRESENTES NA ESTRUTURA | 26 |
| 2.3.4 DESAGREGAÇÃO NA ESTRUTURA | 27 |
| 3 OBJETO DE ESTUDO | 28 |
| 3.1 PORQUE IMPLANTAR JUNTAS DE DILATAÇÃO EM OBRAS DE ARTES ESPECIAIS? | 28 |
| 3.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS EM JUNTAS DE DILATAÇÃO | 29 |
| 3.3 ÁREA DE ESTUDO: PONTE FRANCISCO BOTELHO (KM 0, MG - GO) | 30 |
| 4 RESULTADOS E DISCURSÃO | 33 |
| 4.1 DISCURSÃO DA ANÁLISE DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO | 33 |
| 4.2 RESULTADO DA ANÁLISE DAS JUNTAS | 35 |
| 5 RECUPERAÇÃO/REFORÇO DAS ESTRUTURAS AFETADAS | 37 |
| 5.1 TÉCNICA DE MANUTENÇÃO | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 5.2 TÉCNICA E MATERIAIS ADOTADOS EM RECUPERAÇÃO/REFORÇO | 38 |
| 6 CONCLUSÃO | 40 |
| REFERENCIAS | 41 |

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo Helene (1992), devido à aparente robustez de uma OAE (Obra de Arte Especial), os programas de inspeção de rotina e manutenção preventiva são frequentemente subestimados, resultando em custos significativos para os cofres públicos com o passar do tempo.

Souza e Ripper (1998) destacam que a patologia das estruturas é um novo campo da engenharia que estuda as origens, manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência de falhas estruturais e sistemas de degradação. Nesse contexto Reis (1998), aponta que a terapia das estruturas, ou tratamento de problemas estruturais, inclui tanto a recuperação quanto o reforço da estrutura. No entanto, é crucial entender a diferença entre esses dois termos. O termo "recuperação" refere-se à correção de problemas patológicos para restaurar o desempenho original de um produto total ou parcialmente. O reforço, entretanto, trata da necessidade do aumento da resistência ou da ampliação da capacidade estrutural.

As causas de ocorrência dos fenômenos patológicos podem variar desde o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade profissional, usuários que optam por utilizar materiais fora das especificações ou a não realização da manutenção estrutural adequada, muitas vezes por motivos econômicos, entre outros (SOUZA E RIPPER, 1998).

Ainda no que se refere as patologias Souza e Ripper (1998), defendem que o estudo de patologias deve ser um processo contínuo de análise e aprimoramento, começando com um cadastro da situação atual e progredindo para um exame detalhado dos sintomas e comportamentos patológicos (SOUZA E RIPPER, 1998). É possível identificar a origem dos problemas com base no estudo das manifestações patológicas na maioria dos casos, de forma que seja possível definir uma estratégia de restauração estrutural, uma vez que existem inúmeras técnicas para monitoramento, recuperação e reforço das estruturas em concreto armado.

A finalidade deste estudo é proporcionar maior familiaridade e descrever de forma sucinta os pontos que apresentam falhas, com o objetivo de torná-los mais explícitos ou formar uma hipótese sobre como mitigar a falha (GIL, 2017). Apresentando o estado da ponte de concreto na região de Paracatu - MG através de registros fotográficos de pontos com avarias, permitindo a identificação das patologias. Descrever as principais causas das patologias estruturais, incluindo a sua

origem, características e potenciais soluções, bem como os elementos de uma ponte.

1.1 PROBLEMA

Em um contexto geral, as pontes estão sujeitas à ação de diversas patologias da construção, podendo ser em função do seu uso contínuo e/ou da falta de programas preventivos de manutenção. Partindo dessa premissa, podemos levantar quais são as possíveis alternativas para mitigar as ações patológicas?

1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO

a) Em meados da década de 70 o Brasil experimentou um desenvolvimento intenso, onde grandes investimentos estrangeiros proporcionaram a realização das grandes obras no país; entre elas as pontes. Viu-se que essa demanda também impulsionou o desenvolvimento da mobilidade humana que, gerou a necessidade de cuidados nessa variação de estrutura tais como um bom projeto e planejamento, um responsável pela execução, pois são as fases primordiais das Obras de Arte Especiais (OAE) para evitar patologias nessas etapas. Em virtude de as patologias serem mais frequentes em fases de projetos e de execução.

b) Anos atrás as estruturas eram executadas com um dimensionamento para resistir a uma determinada carga, com o grande avanço tecnológico, os meios de transportes começaram a ficar maiores e mais pesados. Entretanto, os projetos executados não foram revisados ou adaptados para essas mudanças. Percebe-se uma necessidade considerável em proporcionar manutenções e fiscalizações regulares nessas estruturas. Ao observar que o uso é constante das malhas rodoviárias para o deslocamento de mercadorias e pessoas no país.

c) Em termos de desenvolvimento tecnológico e profissionalização dos envolvidos no dimensionamento e construção dessas estruturas, temos a responsabilidade de equilibrar durabilidade e economia no processo construtivo. Nesse sentido, parece plausível, e até possível, que reparos estruturais sejam necessários em determinados momentos da vida útil de uma determinada estrutura para garantir o conforto e a segurança dos usuários. O desenvolvimento de problemas patológicos pode resultar de uso inadequado, falta de um programa de manutenção adequado e fatores externos à estrutura.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é utilizar como estudo as necessidades de manutenções regulares em pontes, as manifestações patológicas presentes nas juntas de dilatação da Ponte Francisco Botelho situada na rodovia BR 040 Km 0 entre os municípios de Paracatu – MG e Cristalina - GO, causadas pela deterioração do concreto nas juntas expondo a armadura deixando-a vulnerável.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) citar as principais causas patológicas de deterioração das pontes em estrutura de concreto;
- b) descrever as principais manifestações patológicas de deterioração do concreto da estrutura da Ponte Francisco Botelho no município de Paracatu –MG;
- c) apresentar técnicas e materiais que podem ser adotados na recuperação da patologia encontrada.

1.4 JUSTIFICATIVA

O estudo das patologias em Obras de Arte Especiais (OAE) são de acentuada complexidade, pois envolve diversos fatores que causam essas manifestações, pertinente às interações entre os elementos que as constituem com seus aditivos e agentes extrínseco, podendo ser inclusive a sobrecarga circunstancial na estrutura.

Atualmente, a grande maioria das estruturas de concreto armado são projetos de baixa qualidade concluídos com o mínimo de zelo, controle e sem nenhum critério de manutenção ou conservação, segundo as normas (NAZÁRIO E ZACAN, 2011). Como resultado, a manutenção dessas estruturas é um desafio, seja por questões de segurança ou gastos financeiros excessivos.

Diversas pesquisas já foram realizadas para efetuar a avaliação de cada

obra isoladamente, detalhando os principais danos existentes. As relevantes incidências encontradas nas obras analisadas são infiltrações e eflorescência, deslocamento de concreto no tabuleiro, e juntas de dilatação deficientes, assim podendo ser constatado que a maioria das pontes estão potencialmente problemáticas, seguidas de obras sofríveis, e obras em situação crítica, podendo sofrer colapso estrutural (NASCIMENTO; MIRANDA, 2017).

Como resultado, a conclusão deste projeto demonstra a necessidade de abordar a carência de longa data de uma cultura de manutenção de pontes, particularmente da manutenção preventiva, entre instituições do setor público nas jurisdições federais, estaduais e municipais. A falta de políticas e estratégias voltadas para a preservação de pontes de concreto tem resultado em sérios prejuízos materiais e financeiros para a sociedade e o setor manufatureiro.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

Visando proporcionar maior familiaridade e aprimoramento de ideias ao descrever de forma breve as definições de pontes, patologias e recursos para mitigação dos pontos que apresentam falhas, usando embasamentos bibliográficos e análise de exemplos de avaria registradas por outros pesquisadores. (GIL, 2017).

A avaliação das incidências patológica foi feita de forma visual através de registro fotográfico comum, pesquisa bibliográfica e análise de exemplos de avaria registrados por outros pesquisadores em conformidade com a NBR 9452:16 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto (procedimento). Assim, pretendem realizar uma exposição apontando quais são as principais causas, mecanismos e sintomas de uma estrutura de concreto armado, especificamente pontes e viadutos, com o objetivo de sugerir medidas preventivas contra tais processos degenerativos e seus tratamentos.

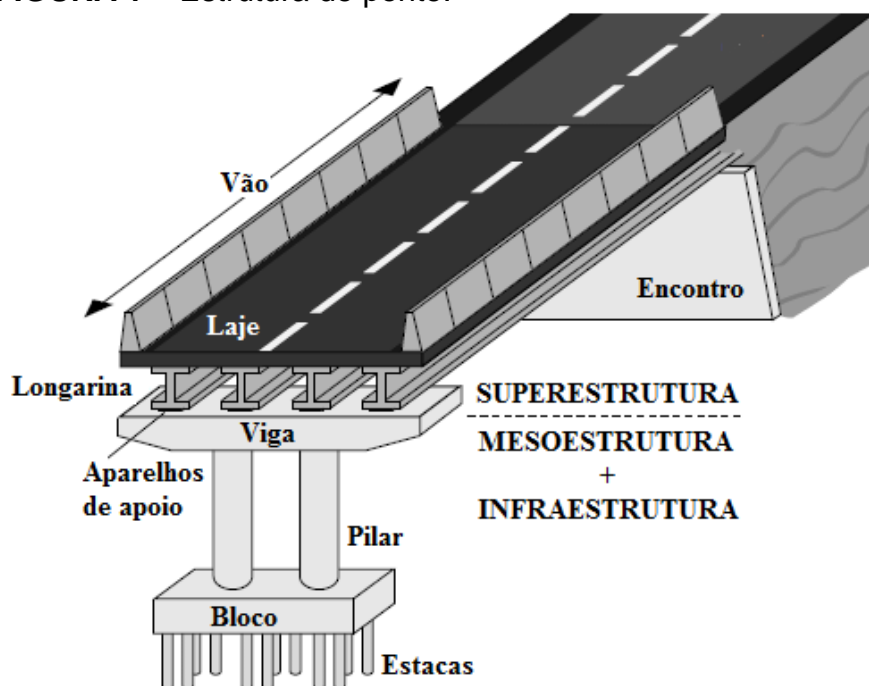
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÃO DE PONTE

Segundo Pfeil (1983), ponte denomina-se obra de arte especial destinada à transposição de meios de transporte que seja uma continuidade de rota natural ou feita pelo homem. As pontes são definidas como estruturas que transpõem cursos d'águas, mas o termo viaduto é usado quando o obstáculo a ser superado é um vale ou outro caminho.

Ainda, Pfeil (1983) caracteriza as pontes como sendo compostas por quatro componentes principais: superestrutura, mesoestrutura, infraestrutura e encontros conforme figura 1. Os elementos superestruturais são as vigas e o tabuleiro, que têm a função de superar os grandes vãos da rodovia e receber os esforços decorrentes do fluxo de pessoas e veículos na estrada. A mesoestrutura são os pilares que levam os esforços da superestrutura às fundações; estes, que fazem parte da infraestrutura, são responsáveis por liberar todas as tensões no subsolo. Encontros são elementos que se localizam nas extremidades da ponte, na transição da ponte para o aterro da via, e servem tanto de suporte quanto de arrimo para o terreno.

FIGURA 1 – Estrutura de ponte.



Fonte: Research Gate, Cavalcante (2016)

2.1.1 BREVE HISTÓRICO DE PONTES

As primeiras pontes foram construídas com estruturas rudimentares compostas por cordas, seixos e madeira, e na maioria das vezes por construtores que depois se tornaram engenheiros em busca de novas técnicas para melhorar a estrutura devido às suas grandes limitações na superação de grandes distâncias e profundidades (MATTOS, 2001).

Pontes de pedras começaram a ser construídas pelos romanos e chineses antes de Cristo, os chineses conseguiam transpor vãos de até mais de 18 metros com vigas de granito, já os romanos desenvolveram a arte nas construções ao serem capazes de construir arcos semicirculares que alcançavam até 30 metros de vão, esses por sua vez vieram a ruína por problemas em suas subestruturas ou demolidas por questões bélicas; na Idade Média as pontes começaram a ganhar outras dimensões com vãos de até 50 metros (DEBS; TAKEYA, 2007).

As primeiras pontes de concreto armado e protendido surgiram por volta da virada do século, inicialmente eram simples pontes de concreto simples tri-articulado utilizados apenas nas lajes de tabuleiro, a partir de 1912 que começaram a usar viga e pórtico em concreto armado com vãos de até 30 metros; em 1938 evidenciou-se o concreto protendido, mas cujo desenvolvimento se atrasou até depois da Segunda Guerra Mundial em 1948, quando conquistaram a construção de pontes com vãos de até 230 metros (DEBS; TAKEYA, 2007).

2.1.2 CLASSIFICAÇÃO DAS PONTES

Segundo Sartorti (2008), os engenheiros classificam as pontes com base no tipo estrutural, modo de operação e na forma como os carregamentos são transferidos para os pilares e deles para a fundação, mas os tecnólogos classificam as pontes com base nos materiais que serão utilizados em sua construção.

As pontes podem ser constituídas de madeira, geralmente empregadas como estrutura provisória, de pedra, concreto armado ou protendido, aço e mistas. Quanto ao tipo estrutural podem ser divididas em lajes, arcos, treliçadas, pênséis ou estaiadas (MATTOS, 2001).

Para Marchetti (2008), as pontes classificam-se da seguinte forma:

- Extensão do vão (total).

Quando há vãos inferiores a 2 metros, denomina-se bueiros, vãos entre 2 a 10 metros são chamados de pontilhões, vãos acima de 10 metros considera-se pontes.

- Durabilidade

Souza e Ripper (2009) define durabilidade como até que ponto uma estrutura pode suportar a degradação ambiental de fenômenos como: temperaturas extremas, ataques químicos e desgaste físico ao longo de sua vida útil. Portanto, uma estrutura de longa duração é aquela que mantém sua resistência e utilidade sem apresentar patologias que possam vir a abalar sua integridade estrutural.

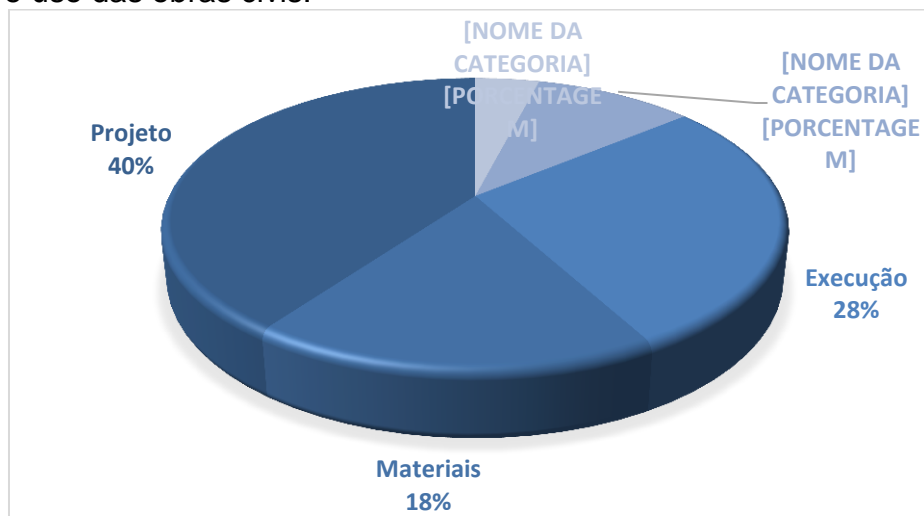
2.2 PATOLOGIAS

Como resultado, o dicionário Michaelis define o termo como "ciência que estuda a origem, os sintomas e o caráter das doenças". O termo "patologia" é utilizado na engenharia para estudar manifestações, suas causas, mecanismos de ocorrência de falhas e defeitos que modificam os aspectos estruturais e visuais de uma edificação (Helene, 1988).

Vale ressaltar que identificar a origem do problema também ajuda a estabelecer a responsabilidade legal pelo erro. Assim, se o problema surgiu durante a fase planejada, o projetista se torna o responsável; se o problema surgiu devido à qualidade do material, o fabricante errou; se o problema surgiu durante a fase de execução, foi devido a uma falha no processo de construção e de fiscalização ou o contratante; e se o problema surgiu durante a fase de uso, a operação e a manutenção falharam. (Helene, 1992).

Helene (1992) destaca que o processo de construção e uso pode ser dividido em cinco fases principais: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes fora do local de execução, execução especificamente declarada e uso. Uma parcela significativa das manifestações patológicas se origina durante as fases de planejamento e projeto, que geralmente são mais graves do que deficiências na qualidade dos materiais ou má execução, conforme análise do Gráfico 1.

GRÁFICO 1 - Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis.



Fonte: Helene (1992)

Como resultado, reconhece-se que o estudo das patologias estruturais é fundamental na busca da qualidade, e que, para evitar esses problemas, é necessário um exame detalhado das origens para eliminar as manifestações existentes que levam à deterioração das obras em geral (NAZÁRIO E ZACAN, 2011).

Conforme Souza e Ripper (1998) o uso inadequado dos elementos do projeto, a incompatibilidade entre o projeto e o orçamento da construção, dentre outras adversidades, são exemplos de como falhas de planejamento no projeto final podem causar sérias patologias na estrutura resultante. Esses problemas podem ser ainda mais caros do que aqueles que surgem durante a fase de projeto preliminar ou na fase de anteprojeto.

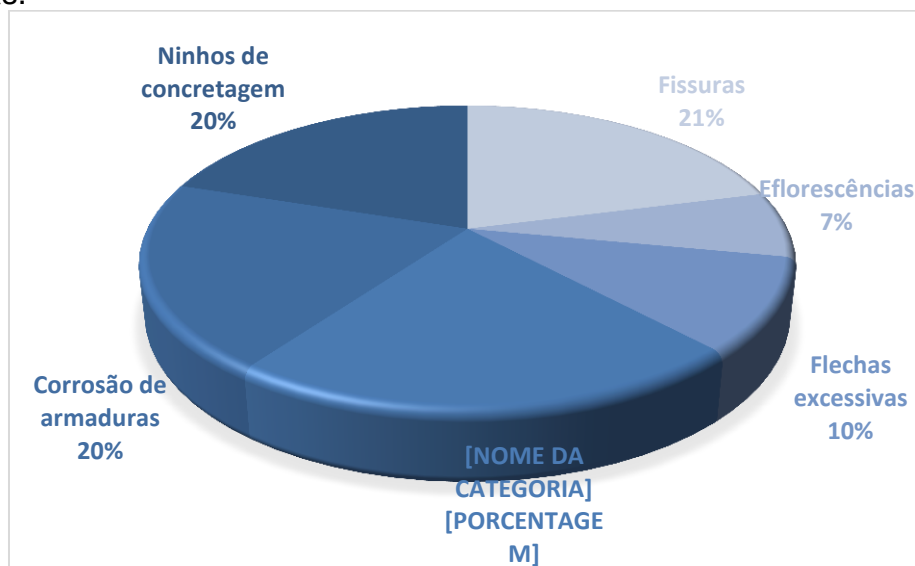
2.3 PRINCIPAIS PATOLOGIAS E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Segundo Sartorti (2008) com o rápido desenvolvimento da construção civil em alguns países e épocas, surgiu a necessidade de inovação, que exigia uma aceitação tácita de maiores riscos dentro dos limites das regulamentações e normas, resultando em avanço tecnológico e, com ele, acréscimo de conhecimento estrutural. Devido aos avanços na tecnologia de materiais de construção e técnicas para projetar e construir estruturas, os edifícios modernos estão se tornando mais leves e mais elegantes do que nunca, com componentes estruturais mais simplificados e menos pontos com potenciais elevados de falha.

Helene (1992) pontua que exceto em casos incomuns, a maioria dos

problemas patológicos terá algum tipo de sintoma externo que pode ser usado para obter informações como a natureza do problema, sua causa e os mecanismos em questão, bem como fornecer uma estimativa de suas prováveis consequências. Esses sintomas, às vezes conhecidos como lesões, deficiências ou manifestações patológicas, podem ser descritos e classificados, orientando um diagnóstico preliminar baseado em observações visuais minuciosas e experientes. Fissuras, eflorescências, flechas excessivos, manchas na superfície do concreto, corrosão das armaduras e ninhos de concreto são alguns dos sintomas mais comuns e prevalentes em estruturas de concreto.

GRÁFICO 2 - Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas.



Fonte: Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto, Paulo R. L. Helene, São Paulo, 1988.

2.3.1 FISSURAS

De acordo com Souza e Ripper (1998) as falhas por planejamento inadequado ocorrem quando há erros nas medições dos componentes estruturais ou quando há informações insuficientes nos planos para orientar a construção (dimensões das formas, comprimento insuficiente para ângulo de dobramento e amarração, disposição, espessura e qualidade das armaduras, escalas inadequadas dos desenhos, entre outros fatores). Na maioria dos casos, esses erros levam ao surgimento de rachaduras nas estruturas correspondentes.

A fissuração é um sinal de que uma estrutura perdeu sua resistência e

segurança, o que pode reduzir sua vida útil, prejudicar sua funcionalidade e estética e até causar corrosão de sua blindagem em ambiente agressivo (CARMONA, 2005).

Conforme Sartorti (2008) os tamanhos das aberturas podem ser classificados com base em seus tamanhos, a tabela 1 a seguir demonstra tais intervalos.

TABELA 1 – Proporções de aberturas de fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas.

| Tipos de aberturas | Proporções |
|--------------------|--------------------|
| Fissuras capilar | menos de 0,2 mm |
| Fissuras | de 0,2 mm a 0,5 mm |
| Trinca | de 0,5 mm a 1,5 mm |
| Rachadura | de 1,5 mm a 5 mm |
| Fenda | de 5 mm a 10 mm |
| Brecha | mais de 10 mm |

Fonte: Sartorti, 2008

Segundo a ABNT (NBR 6118:2014) devido à significativa variabilidade e baixa resistência do concreto armado à tração, a fissuração de elementos estruturais feitos desse material é inevitável. Mesmo ao usar ações de serviço, os valores críticos de tensão de tração ainda estão comprometidos. Para obter bons resultados em termos de proteção da armadura, resistência à corrosão e conforto do usuário, é necessário limitar a abertura dessas fissuras.

Em geral, a presença de fissuras com aberturas que atendem aos limites de cargas bem projetadas, construídas e submetidas à normalização não implica perda de durabilidade ou segurança. É importante tomar precauções técnicas, especialmente ao definir a forma e curar o concreto, para evitar ou minimizar a fissuração, que pode ocorrer por vários motivos, incluindo contração térmica e reações internas do concreto (ABNT NBR 6118:2014).

Como principais causas dessa anomalia Sartorti (2008) cita:

- fissuras de tração pelo esforço de flexão;
- fissuras de compressão pelo esforço de flexão;
- fissuras causadas pelo esforço cortante;
- fissuras causadas pela torção;
- fissuras causadas pela fluência;

- fissuras causadas pela retração;
- fissuras causadas por deformações térmicas e higroscópicas.

2.3.2 DETERIORAÇÃO DO CONCRETO PRESENTE NA ESTRUTURA

O concreto de alta qualidade pode sofrer danos por agentes agressivos. A maioria dos ataques acontecem em concreto de baixa qualidade, poroso e segregado. Os principais fatores que causam a deterioração do concreto incluem ácidos, sulfatos, cloreto e seus compostos de nitratos e nitritos. Na ausência de pingadeiras e a falta de juntas de drenagem do tabuleiro, a água pode penetrar até mesmo em uma superfície sólida de concreto, como mostra as águas das enchentes que se acumulam nas pontes (VITÓRIO, 2002).

Antes de mergulhar nas especificidades de cada fator que contribui para a deterioração do concreto, é importante ter em mente que a água atua como agente de deterioração e está presente na grande maioria dos fenômenos químicos, físicos e elétricos. É crucial, então, que qualquer estrutura de concreto, na medida do possível, evite o contato direto com a água para evitar a deterioração e prolongar sua vida útil. (SOUZA E RIPPER, 1998).

Antes de tomar qualquer ação para tratar a manifestação patológica, é fundamental entender as causas da deterioração para que a melhor solução possa ser implementada. As principais causas de deterioração do concreto incluem mecânica, física e química.

2.3.2.1 INFLUÊNCIAS MECÂNICAS

A força de um impacto gerado mecanicamente pode expor tanto o concreto quanto a armadura a agentes agressivos que degradam e comprometem a resistência geral da estrutura. As influências mecânicas podem ser causadas por ações como recalque diferencial da fundação, impactos ou até mesmo a imprevisibilidade de desastres naturais como terremotos, tornados e inundações (Souza e Ripper, 1998).

Souza e Ripper (1998) cita como principais indícios da influência o surgimento de fissuras, trincas e rachaduras na estrutura.

2.3.2.2 INFLUÊNCIAS FÍSICAS

De acordo com Souza e Ripper (1998) as causas e efeitos fundamentais do vento, variações extremas de temperatura, água (na forma de gelo, chuva e umidade), luz solar e fogo. Desgaste superficial (por abrasão, cavitação ou erosão), rachaduras (pela cristalização do sal nos poros, gradientes de temperatura e umidade ou carregamento estrutural) e os efeitos do fogo e do gelo, são todos os resultados potenciais da exposição a agentes físicos que causam danos.

2.3.2.3 INFLUÊNCIAS QUÍMICAS

Segundo Souza e Ripper (1998) as exigências químicas a que uma estrutura é submetida ao longo de sua vida útil são tipicamente as principais causas de deterioração em edifícios industriais, mas também podem desempenhar um papel significativo na deterioração de outros tipos de estruturas, como pontes e túneis, estádios, galerias subterrâneas e construções residenciais. Os processos químicos primários que causam a deterioração das estruturas de concreto são, portanto, considerados intrínsecos e, conseqüentemente, ocorrem durante a fase de construção.

Ainda em conformidade com Souza e Ripper (1998), quando fatores externos são considerados, é importante ter em mente que eles podem afetar uma estrutura em qualquer ponto de sua vida útil, afinal, na grande maioria dos casos, eles funcionarão para ativar mecanismos de degradação que são muito semelhantes aos descritos para a fase de execução. Embora isso seja verdade, também é importante avaliar se a estrutura porosa do concreto foi ou não foco de algum cuidado especial, pois é para onde os agentes quimicamente agressivos são mais propensos a serem transportados.

2.3.3 CORROSÃO DAS ARMADURAS PRESENTES NA ESTRUTURA

Segundo Vitório (2002) em decorrência da natureza porosa do concreto, da presença de trincas e da falta de proteção adequada, a armadura está sujeita ao ataque de elementos agressivos, que por sua vez aceleram o processo de oxidação. A área oxidada se expande para cerca de oito vezes seu tamanho original, e a força

desse crescimento empurra o revestimento de concreto para longe da armadura. Se esse fenômeno persistir, todo o equipamento será destruído.

2.3.4 DESAGREGAÇÃO NA ESTRUTURA

É a deterioração de um concreto devido à separação de suas partes, que é causada, em geral, pela dilatação causada pela oxidação ou dilatação das armaduras, bem como pelo aumento de volume do concreto quando absorve água. Isso também pode acontecer como resultado de movimentos estruturais e choques (VITÓRIO, 2002).

Alguns fatores podem contribuir para a desagregação do concreto. Agentes químicos e biológicos são tipicamente os primeiros a serem suspeitos. Embora os biológicos sejam mais notáveis por seus danos às estruturas rurais como pontes e edifícios, as construções urbanas também são afetadas por esses fatores devido à expansão da vegetação nas estruturas. À medida que se instalam nos vazios entre as rachaduras no concreto e as juntas de dilatação, vários microrganismos recebem um lugar para chamar de lar. No entanto, não se deve desconsiderar que a movimentação das formas e fissuras também contribuem para essa patologia (SOUZA E RIPPER, 1998).

3 OBJETO DE ESTUDO

3.1 PORQUE IMPLANTAR JUNTAS DE DILATAÇÃO EM OBRAS DE ARTES ESPECIAIS?

De acordo com Thomaz (1989) mudanças de temperatura, sazonais e diárias podem afetar os elementos e componentes de um edifício. Essas alterações se refletem em mudanças dimensionais nos materiais de construção (expansão ou contração); no entanto, a expansão e a contração são limitadas pelas muitas conexões entre elementos e componentes, levando ao desenvolvimento de tensões que podem eventualmente se manifestar como trincas.

Diante do apresentado a Norma do DNIT 092 (2006) estabelece-se que separar fisicamente duas partes de uma estrutura permite que elas se movam independentemente uma da outra sem a transferência de força. Isso é o que uma junta de dilatação faz. A presença de material rígido ou preenchido que perdeu sua elasticidade, causa tensões indesejáveis na estrutura, que podem levar a trincas nos elementos adjacentes e talvez se espalhar para as vigas e estacas próximas, além disso, as dilatações criam cantos vivos que são danificados pelo tráfego intenso, quebram a continuidade do pavimento e requerem manutenção especial para remover detritos. (DNIT 092, 2006).

As juntas de dilatação devem ser construídas adequadamente para proporcionar um fluxo suave de tráfego, sem folgas ou depressões entre a junta e a superfície da estrada. Além disso, no caso de juntas com expectativa de vida útil significativamente menor que a de uma obra de arte, são necessárias inspeções e manutenções de rotina (DNIT 092, 2006).

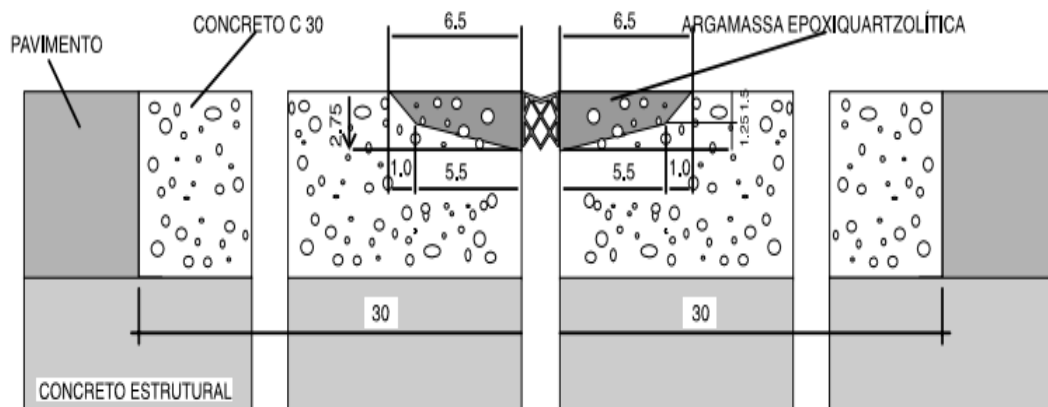
Segundo a normativa do DNIT 092 (2006), os dois tipos de juntas de dilatação são separados em dois grupos: abertas e fechadas:

- Junta de dilatação aberta (figura 2) é indicada para aberturas de até 65 mm de diâmetro, recomendada principalmente em pontes para veículos. Esse equipamento evita que os componentes de concreto se choquem com a passagem de um veículo, o que poderia acelerar seu desgaste. Entretanto, essa junta deixa o espaço entre as peças de concreto sem preenchimento, por consequência, detritos e água da chuva podem encontrar seu caminho através das lacunas vazias.

- Junta de dilatação fechada (FIGURA 3) é preenchida com diversos

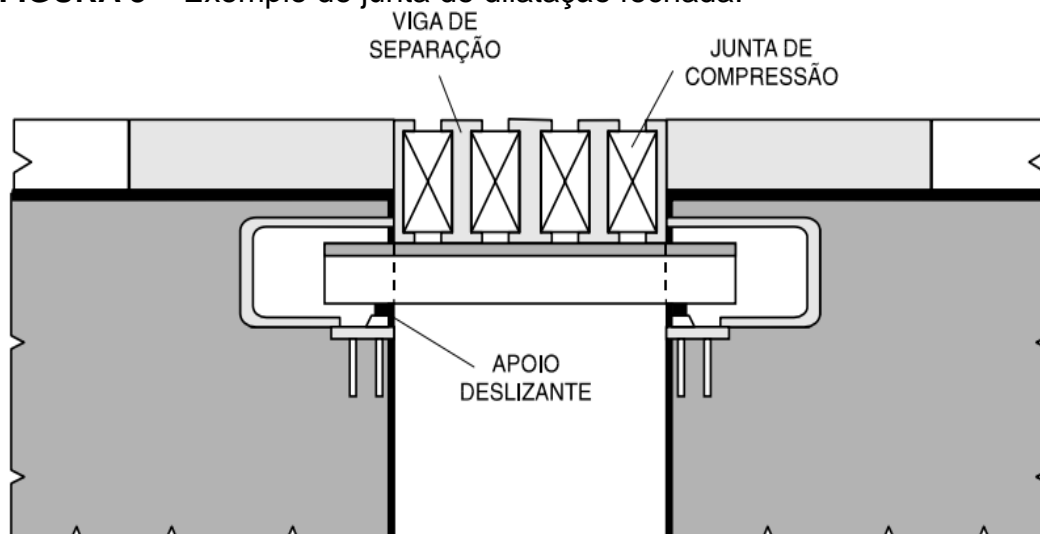
materiais como cortiça, compostos plásticos e componentes metálicos. Eles são usados principalmente para pontes e túneis com grande fluxo. Evitar que a água da chuva e detritos penetre através das lacunas vazias é o objetivo principal.

FIGURA 2 – Exemplo de junta de dilatação aberta.



Fonte: Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais

FIGURA 3 – Exemplo de junta de dilatação fechada.



Fonte: Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais

3.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS EM JUNTAS DE DILATAÇÃO

Segundo Tejedor (2013) as juntas de uma ponte podem ser prejudicadas pelo dimensionamento incorreto das mesmas, o que não impede seu funcionamento adequado das possíveis dilatações ou contrações do concreto. Eles também podem ser prejudicados por impactos de veículos pesados, ou pelo desperdício ou ausência de material de junta, que é causado pelo uso ou má conservação.

Conforme Oesterle (2014), muitos tipos diferentes de juntas foram usados em pontes ao longo dos anos para acomodar o movimento. Além de absorver alongamentos, as características desejáveis de uma junta de dilatação são estanquidade, facilidade de operação, baixo nível de ruído, resistência ao desgaste e resistência aos danos causados pelas lâminas de neve. No entanto, a realidade de muitos sistemas é enganosa quando colocados à prova; geralmente falham em uma ou mais áreas e, principalmente segurança.

3.3 ÁREA DE ESTUDO: PONTE FRANCISCO BOTELHO (KM 0, MG - GO)

A área de estudo está localizada na BR 040, situada na ponte que faz a ligação entre os Municípios de Paracatu-MG e Cristalina-GO conforme demonstrado na imagem 1, ponto de divisa entre os estados. Foi inaugurada em 18 de março de 1960, ganhou o nome de Ponte Francisco Botelho em homenagem ao mesmo, neste dia memorável contou-se com representantes do alto governo, do DER (Departamento de estradas e rodagem), da igreja e uma representante do homenageado. O Ministro da Viação e Obras Públicas, Almirante Ernani do Amaral Peixoto e a viúva do Sr. Francisco Botelho, D. Maria Conceição Adjuto Botelho, foram os primeiros a darem um passo sobre a superestrutura (TRIBUNA, 1960)

Está inserida na região do Cerrado, é a ponte sobre o rio São Marcos, um dos maiores afluentes do Rio Paranaíba, o local onde se precisa transpor esse rio, possui cerca de 180 metros de largura, sendo assim, a ponte para atravessar esse vão foi projetada para 283,00 metros de comprimento.

IMAGEM 1 – Superestrutura da área de estudo.



Fonte: Autora, 2022.

O sistema construtivo implantado nessa obra de arte especial se trata de construção por meio de vigas contínuas de concreto armado (imagem 2); para conseguir vencer o vão (imagem 3 e 4) e pelos materiais disponíveis na época de sua construção. Segundo Vitório (2002) os benefícios estéticos, estruturais e funcionais das pontes de viga contínua levaram à sua ampla adoção. Com o objetivo de facilitar uma distribuição uniforme dos esforços necessários e contribuir para a estética geral do trabalho, além de aliviar a carga, é utilizada uma inércia constante no caso de vazios menores e uma inércia variável para os maiores.

IMAGEM 2 – Infraestrutura da área de estudo.



Fonte: Autora, 2022.

IMAGEM 3 - Infraestrutura da área de estudo.



Fonte: Imagens da ponte no Google, 2021.

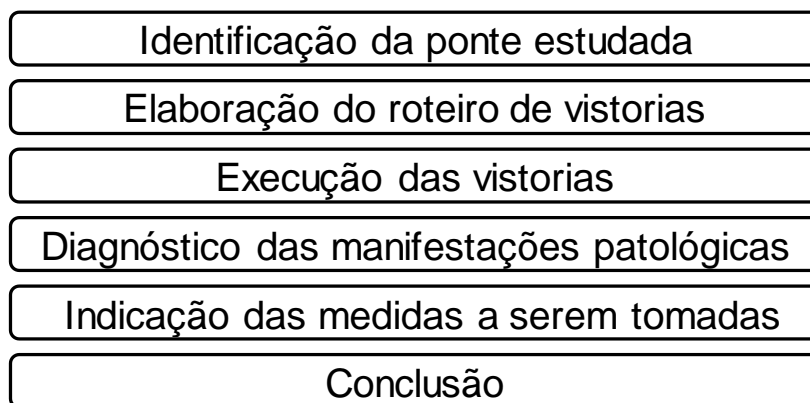
IMAGEM 4 - Infraestrutura da área de estudo, em época de cheia.



Fonte: James Grinth V. S., 2021.

O estudo se concentrou em ponte arterial que liga a Capital do país ao Rio de Janeiro e está estruturado de acordo com o fluxograma (figura 4).

FIGURA 4 – Fluxograma de elaboração do projeto.



Fonte: Autora, 2022.

4 RESULTADOS E DISCURSÃO

4.1 DISCURSÃO DA ANÁLISE DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO

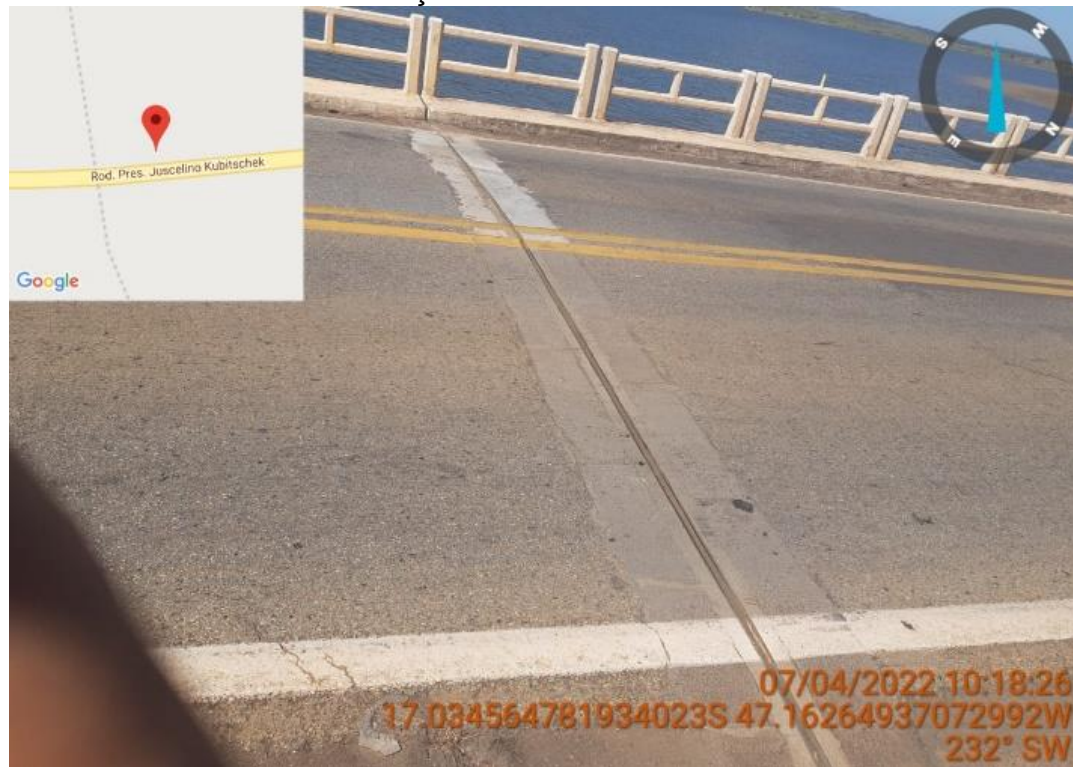
Para a caracterização das juntas, foi realizado uma visita técnica *in-loco*, para uma análise do comprimento total da ponte, largura e tipos de juntas de dilatação utilizadas na estrutura, e verificar seus atuais estados de conservação de acordo com a ABNT NBR 9452:2016 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento. Quantificar e medir a distância entre cada junta também fez parte da análise, com o objetivo de determinar se eram ou não necessárias mudanças na escolha da junta de dilatação para a ponte em questão e, em última instância, se novos projetos visavam ou não reduzir o número de juntas que devem ser implementadas.

Existe um modelo de junta de dilatação na ponte estudada conforme as imagens de 5 a 8, sendo o modelo de fita Neoprene, totalizando quatro unidades, onde foram implantadas para atender e prevenir as solicitações da estrutura. A prevenção de fissuras, especialmente as causadas por dilatação e contração térmica, pode ser conseguida através da construção de juntas de dilatação. Uma laje de concreto com uma grande abertura é chamada de "pórtico" (LANER,2001).

IMAGEM 5 - Junta de dilatação 01.



Fonte: Autora, 2022.

IMAGEM 6 – Junta de dilatação 02.

Fonte: Autora, 2022.

IMAGEM 7 – Junta de dilatação 03.

Fonte: Autora, 2022.

IMAGEM 8 – Junta de dilatação 04.



Fonte: Autora, 2022.

4.2 RESULTADO DA ANÁLISE DAS JUNTAS

No exame preliminar, a visão geral da ponte mostrou o tipo de manifestações patológicas apresentada, avaliou o grau de incidência, e determinou a gravidade das mesmas, a fim de identificar áreas para estudo detalhado. Onde foi constatado que a área mais debilitada foram as juntas, em especial a junta de dilatação 04 (IMAGEM 8).

- manchas típicas de corrosão de armaduras nas juntas, expostas;
- deterioração da camada de proteção da junta;
- deterioração em juntas de dilatação.
-

Nesse ponto é como Vitório (2002) pontua; é notável entre as causas da deterioração do concreto que o desgaste da superfície ocasionou as demais patologias, visto que, componentes de concreto são vulneráveis ao desgaste de agentes abrasivos que podem levar à perda de material da superfície. O desgaste

abrasivo resulta da degradação do desempenho mecânico, colisões entre vários objetos, como por exemplo, a passagem de veículos pesados diariamente sobre o ponto usado como área de estudo e conseqüentemente a degradação do concreto.

Juntas de dilatação feitas de neoprene que ficaram tão desgastadas que a substituição é necessária.

5 RECUPERAÇÃO/REFORÇO DAS ESTRUTURAS AFETADAS

5.1 TÉCNICA DE MANUTENÇÃO

Segundo Souza e Ripper (1998) para cada obra, se faz necessário o estudo de algumas estratégias de manutenção, que são definidas em termos de confiança e cuidados que devem ser tomados desde a concepção até a conclusão da obra, avaliando a estrutura e seus componentes primários em termos de uso. Como resultado, pode haver casos em que uma estrutura tenha apenas um responsável por toda a sua vida útil, como no caso de grandes estruturas (obra de arte especiais). Nestes casos, é fundamental que os órgãos competentes, bem como os proprietários e responsáveis pelas estruturas em geral, tenham capacidade para gerir as políticas de manutenção estrutural, bem como tenham acesso a trabalhadores devidamente formados e equipados para realizar as atividades.

De acordo com Souza e Ripper (1998), a manutenção preventiva é definida como a manutenção realizada com base em dados coletados de inspeções programadas, com o objetivo de prolongar a vida útil de uma determinada estrutura, atendendo a critérios pré-determinados para minimizar a probabilidade de falha ou deterioração. Pode haver casos em que as inspeções regulares são complementadas por inspeções adicionais que são focadas em certas peças estruturais que se mostraram insatisfatórias em uma inspeção de rotina anterior e que então ditam a frequência das inspeções e, em alguns casos, o momento dos reparos.

Souza e Ripper (1998) indica que a manutenção esporádica, no entanto, é impulsionada pela necessidade de uma atividade específica de reforço ou correção e não está centrada em nenhum plano de ação pré-determinado.

O cadastro da estrutura já construída deve ser planejado de forma que possa ser realizado pelo engenheiro de manutenção designado pela organização ou empresa. Por exemplo, no caso de pontes e rodovias, sejam rodoviárias ou ferroviárias, as informações correspondentes poderão ser preenchidas pelos pelo pessoal das respectivas residências, que apresentarão o cadastro com as informações de projeto e construção fornecidas pelos Distritos ou pela Administração Central do Órgão (SOUZA E RIPPER, 1998).

De acordo com Souza e Ripper (1998), o sucesso e a longevidade de uma intervenção dependerão do método utilizado para tratar o problema subjacente,

tornando-se crucial estudar e compreender as causas após a identificação da patologia subjacente. Parâmetros como eficiência de julgamento e avaliação de causas e funcionamento geral da estrutura indicarão se é necessária ou não ação imediata, assim como a análise de custo-benefício e a disponibilidade de tecnologia adequada para a realização dos serviços de recuperação ou/e reforço da estrutura.

5.2 TÉCNICA E MATERIAIS ADOTADOS EM RECUPERAÇÃO/REFORÇO

A técnica e os materiais a serem utilizados serão decididos com base no diagnóstico, nas características da área a ser reparada e nos requisitos operacionais do elemento a ser reparado. Como exemplo de tal avaliação, considere se o local será isolado pelo tempo necessário para curar o concreto/asfalto conforme especificado por norma, ou se as operações do local serão regulamentadas em um período de tempo menor do que o necessário para a cura do material a ser utilizado (HELENE, 1992).

De acordo com Helene (1992) os serviços de recuperação de concreto deteriorado podem ser categorizados em dois grupos, dependendo se o dano foi causado por processos físicos ou químicos.

Souza e Ripper (1998) agrupa as causas físicas em dois grupos:

- Fissuração, ocasionadas por deficiência de projeto, perda de aderência, retração, deficiência de execução, reação expansivas, corrosão das armaduras, variação de temperaturas, dentre outros fatores;
- Desagregação do concreto devido a fissuração, corrosão do concreto, ataques biológicos, entre outros.

Souza e Ripper (1998) classifica as causas químicas em um grupo:

- Elementos intrínsecos e, conseqüentemente, ocorrem durante a fase de construção, reações de elementos químicos e os materiais utilizados.

A restauração de elementos danificados que sofrem desgaste superficial causado pela abrasão requer atenção à porcentagem de área que precisa ser restaurada. Se esta fração do local estiver entre 20% e 30% da área total, então foi objeto de restauração localizada. Porém, se a área a ser recuperada for estatisticamente maior, o processo será automatizado e padronizado (DNIT 090/2006).

Elementos perdidos por erosão podem ser recuperados quando nenhum

for confirmado a contaminação do concreto, o processo de restauração envolve uma limpeza profunda com jato de água e a posterior aplicação de concreto projetado para ser resistente à erosão, ou seja, alta durabilidade, baixa relação água/cimento e resistência à compressão (DNIT 090/2006).

De acordo com a norma 083/2006 do DNIT o primeiro passo na recuperação de fissuras é criar um mapa detalhado da área afetada, a partir do qual podem ser feitas recomendações específicas para tratamento, bem como possíveis interrupções ou restrições de tráfego. Determinar se uma trinca ativa precisa ou não ser tratada como uma junta móvel, escolher um selante plástico apropriado e determinar quanto comprimento a junção precisa para absorver o movimento da trinca são todos passos necessários. Uma vez que a trinca foi ampliada, deve-se usar jatos de água e ar para limpá-lo e secá-lo, e selante plástico deve ser usados para preencher as lacunas deixadas.

Cuidados especiais devem ser tomados com as trincas causadas por corrosão da armadura, reação sílica-agregado, ou excesso de trincas na composição do cimento. O concreto é retirado das trincas que originaram de armaduras corrosivas, e as armaduras são tratadas; no entanto, as trincas que se originaram da reação de sílica-agregado ou de um excesso de trabalho no cimento devem ser monitoradas e tratadas com impregnações no concreto. As trincas passivas, que não são de um tipo específico, devem ser limpas com jato de água, secas com jato de ar, seladas superficialmente para iniciar a injeção de epóxi (DNIT 083/2006).

Segundo a norma 084/2006 do DNIT, o primeiro passo no tratamento da armadura corroída é remover o concreto corroído ao redor da armadura usando um jato de água ou ferramentas manuais para não danificar ainda mais a armadura ou sua adesão ao concreto, isso deve criar uma lacuna de pelo menos 2 centímetros entre a armadura e o concreto. Após a limpeza das barras corroídas com uma escova de aço ou jato de areia, verifique se a perda de resistência foi superior a 10%, em caso afirmativo, as barras devem ser suplementadas. Como resultado, as barras devem ser pintadas com uma tinta especial antiferrugens, e a seção pode ser recomposta com concreto convencional ou projetado (dependendo da estrutura), e deve ser realizada uma cura a longo prazo de pelo menos seis dias. A proteção catódica também pode ser utilizada como alternativa tecnológica.

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa sugere deficiência de equipe de inspeção das obras de arte especial e uma política de incentivo de manutenção preventiva, o que por sua vez causou deterioração de componentes estruturais e materiais, necessitando de restauração ou reforço das estruturas.

Erros em tais diagnósticos levariam à incapacidade de reparar o dano, bem como ao desperdício financeiro e à capacidade de realizar análises futuras, portanto, devem ser baseadas em um exame minucioso.

Comparando as manifestações patológicas encontradas na área de estudo, verificou-se que a degradação do concreto e a armadura exposta foram os tipos de patologia mais comuns, e que a presença de umidade acelerou tanto a progressão do processo quanto a frequência com que as patologias ocorreram.

Portanto, a manutenção planejada deve levar em conta não apenas a perspectiva técnica, com correções imediatas com base em inspeções e diagnósticos, mas também a perspectiva econômica, que se fundamenta em tal economia de acordo com a Lei Sitter ou Regra dos 5. Onde a mesma demonstra em seus estudos os impactos econômicos resultantes da negligência em se adotar ações preventivas.

Assim, é evidente a partir da pesquisa realizada que futuros trabalhos precisam ser feitos para aumentar nossa compreensão das causas e desenvolvimento de manifestações patológicas, e as leis que regulamentam a fiscalização devem exigir inspeções e estudos avançados da mecânica e funcionamento estrutural das obras de artes especiais para reduzir os perigos potenciais e preservar a sua integridade.

Para trabalhos futuros na mesma linha de pesquisa, sugere-se que sejam preenchidos formulários de inspeções de rotina para dados comparativos, caso as medidas corretivas ainda não tenham sido concluídas, e que seja criada uma estimativa de custos de intervenção em obras de arte.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BASTOS, Hérik César do Nascimento; MIRANDA, Matheus Zanirate. **58 Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais.**

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

DEBS, M. K. El; TAKEYA, T. **Introdução às pontes de concreto.** 2007. 221 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **Norma 083 - ES - Tratamentos de trincas e fissuras - Especificação de serviço** - Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **Norma 084 – ES - Tratamento da corrosão - Especificação de serviço**, Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **Norma DNIT 092 - Juntas de dilatação - Especificação de Serviço**, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - **Norma DNIT 090 - ES - Patologias de concreto - Especificação de serviço**, Rio de Janeiro, 2006.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. (6a ed.), Atlas. 192 p.

HELENE, Paulo – **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto** - Pini Editora, São Paulo, 2017.

LANER, Felice José. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas nos municípios de Porto Alegre.2001.** 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

_____. **MANUAL DE PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.** Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB820_Pontes%20II/MPDNIT.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2022.

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

MATTOS, T. S. **Programa de análise de superestrutura de pontes de concreto armado e protendido.** 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil,

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise Chemale. **Manifestações das Patologias Construtivas nas Edificações Públicas da Rede Municipal de Criciúma: inspeção dos sete postos de saúde.** Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2011. 1-16 p.

OESTERLE, Ralph G.; TABATABAI, Habib. **Design Considerations for Integral Abutment/ Jointless Bridges in the USA.** Civil and Environmental Engineering, 2014. 65 p.

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

REIS, A. P. A. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de barras de aço adicionais ou chapas de aço e argamassa de alto desempenho.** Dissertação (mestrado em engenharia de estruturas) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos: 1998. 239 p.

SARTORTI, Artur Lenz et al. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP.** 2008.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** Pini. 1998.

TEJEDOR, C. M. **Patologias, Recuperação e Reforço com Protensão Externa em Estruturas de Pontes.** Projeto de Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. 129p.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini, 1989.

TRIBUNA DE PARACATU, **Ministro da Viação Inaugura Ponte do São Marcos,** v. 2353, 1960. p. 6.

VITÓRIO, J. A. P – **Pontes Rodoviárias: fundamentação, conservação e gestão.** Recife, CREA-PE, 2002.