

Conservação e manutenção de pontes e de obras de arte especiais

Guilherme Fernando da Costa, guifcostaa@gmail.com, Centro Universitário UniOpet.

Vinícius Hanser de Souza, ovinicius10@outlook.com, Centro Universitário UniOpet.

RESUMO

O presente estudo tem como principal objetivo analisar as influências que as estruturas de pontes possam sofrer a partir das mais variadas condições e intempéries a que estão sujeitas. Foram abordadas as diferentes manifestações patológicas que acometem uma estrutura de ponte, demonstrando quais as principais ocorrências e quais as consequências pela não observância das patologias em tempo hábil de correção. Apontam-se também os tipos de manutenção nas obras de arte especiais, sendo a mais indicada a manutenção preventiva, não só pelo baixo custo quando comparado a reparos em momentos emergenciais, mas também pela segurança conferida à população. Apresentam-se ainda as condições que aumentam a vida útil de pontes e viadutos, bem como os recentes estudos de durabilidade das estruturas. Também procede-se com estudos de casos acerca da ausência de manutenção das grandes obras e as consequências que estas trouxeram à sociedade e governos brasileiro. Além disso, após os acidentes ocorridos no Brasil nos últimos anos, o presente artigo busca apresentar as medidas tomadas pelas autoridades e órgãos municipais, estaduais e federais a fim de avaliar as reais condições das estruturas para a ideal conservação e manutenção das obras de arte especiais.

PALAVRAS-CHAVE

Obras de arte especiais, patologias, manutenção, durabilidade.

Conservation and maintenance of the bridges and special artwork

ABSTRACT

The present study aims to analyze the influences that bridge structures may suffer from the most varied conditions and weather to which they are subjected. The different pathological manifestations that affect a bridge structure were addressed, demonstrating the main occurrences and the consequences for not observing the pathologies in a timely manner of correction. It also points out the types of maintenance in special works of art, being the most suitable preventive maintenance, not only for the low cost when compared to repairs in emergency times, but also for the safety given to the population. It also presents the conditions that increase the useful life of bridges and viaducts, as well as the recent studies of the durability of the structures. It also proceeds with case studies about the lack of maintenance of the great works and the consequences that they brought to the Brazilian society and governments. In addition,

after the accidents that have occurred in Brazil in recent years, this article seeks to present the measures taken by the municipal, state and federal authorities and agencies in order to evaluate the actual conditions of the structures for the ideal conservation and maintenance of special works of art.

KEYWORDS

Special artwork, pathologies, maintenance, durability.

1 INTRODUÇÃO

As Obras de Arte Especiais – OAE's, são conhecidas popularmente como túneis, pontes, viadutos, passarelas e estruturas de contenções que integram a malha rodoviária brasileira (DNIT, 2019). O acompanhamento e inspeções de obras de artes especiais tem como sua principal característica classificar e identificar possíveis anomalias ou falhas que possam surgir em sua estrutura, danificando sua solidez ou até mesmo sua funcionalidade.

Com os estudos de manifestação patológica, é possível identificar o problema e suas origens, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT de São Paulo. Desta forma, busca-se um tratamento para o dano sofrido na estrutura. Com a tecnologia em alta, existem inúmeras técnicas para o desenvolvimento dos reforços estruturais e recuperação da estrutura (IPT/SP, 2019).

As pontes e viadutos são a maior parcela de obras de artes especiais que pertencem às redes viárias, as quais tem função de atravessar rios, vales ou até mesmo avenidas. Essas obras estão submetidas às mais variadas ações externas, como, por exemplo, cargas móveis de veículos, forças oriundas do vento, ações de águas dos rios e variação térmica, além de estarem arquitetadas em ambientes sujeitos a diversos tipos de classes de agressividade, conforme apresentadas na ABNT NBR 6118 (2014).

Diversas obras de arte especiais foram construídas há décadas. Analisando desta forma, muitas delas já estão chegando ao final de suas vidas úteis. Considerando o transtorno a ser gerado e os custos para a reposição da mesma, é necessário a prolongação da vida útil da estrutura, buscando tecnologias capazes de monitorar o comportamento estrutural e garantindo sempre a segurança do usuário. Infelizmente a grande maioria das pontes e viadutos apresentam manifestações patológicas devido ao seu estado de abandono, as quais, quando acumuladas, geram um custo mais elevado de manutenção, sem contar que oferecem risco à segurança da sociedade.

2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE PONTES

A palavra Patologia é de origem grega (*páthos*, doença, e *lógos*, estudo), e é amplamente utilizada nas diversas áreas da ciência, com denominações do objeto de estudo que variam de acordo com o ramo de atividade (SILVA, 2011). Na engenharia o termo patologia está concretizado na área de reabilitação e conservação de estruturas de todos os tipos.

De acordo com Seeley (1987), manutenção é a ação de manter, sustentar, consertar ou conservar alguma coisa ou algo, aumentando conseqüentemente sua vida útil. A manutenção

tem a finalidade de aperfeiçoar ou repor algo que está estragado ou que não funciona corretamente, consertando para que volte a desenvolver sua função inicial.

Em diversos estudos, como o de Souza e Ripper (1998), designa-se patologia das estruturas o campo da Engenharia das Construções que agencia o estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de deterioração das estruturas. Também, conforme Helene (1992), a área da engenharia que preocupa-se com as patologias é compreendida como a parte que estuda os mecanismos, sistemas, causas e origens dos defeitos das obras especiais. Portanto, é perceptível que, desde muito tempo, a definição de patologia das estruturas é semelhante para estes pesquisadores.

As manifestações patológicas detectadas nas pontes variam com a incidência e intensidade das intempéries, do uso ou qualquer dano causado a ela, o que muitas vezes acarreta um custo muito elevado para suas correções. Sempre existe o comprometimento com a estética da ponte, porém muitas vezes a má conservação acaba prejudicando sua capacidade resistente, podendo chegar a um colapso parcial ou até mesmo a um colapso total da estrutura.

Observa-se que as estruturas das pontes, quando comprometidas por qualquer fator que seja, apresentam manifestações patológicas, sendo as principais patologias as que seguem:

2.1 FISSURAS

De acordo com Souza (1998), fissuras por deficiências de projeto são aquelas decorrentes de erros de dimensionamento de elementos estruturais ou, então, pela falta de detalhamento dos projetos para a devida execução. As fissuras, normalmente, são resultantes destas falhas de projetos (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo de fissura na cabeceira da pista.



Fonte: <https://bit.ly/32lbnXE>

As patologias nas estruturas de concreto armado têm como características as fissuras e trincas, e com isso a corrosão das armaduras. As fissuras são decorrentes da falta de capacidade

de carga a tração no concreto. As localizações e aberturas das fissuras são decisivos para a degradação da estrutura (CÁNOVAS, 1988).

O nível de segurança de uma estrutura com manifestações tipo fissuras fica afetada, e com isso tem comprometida sua utilização, funcionamento, vida útil e estética.

2.2 DESAGREGAÇÃO

É a manifestação patológica devido a deterioração do concreto por divisão de suas partes, tendo como causa em geral sua expansão devida a oxidação ou dilatação das armaduras (RIPPER, 1998). Segundo Ripper (1998), o termo é utilizado para nomear a separação física do concreto, que se desprende em pedaços ou placas. O problema ocorre com a perda da função de ligante do cimento e suas possíveis causas são diversas, sendo válido destacar a movimentação de fôrmas, corrosão ou calcinação do concreto, ataques biológicos, carbonatação, perda de aderência e desgaste do concreto (Figura 2). Quando a desagregação acontece, a estrutura perde a capacidade de resistir aos esforços solicitados (LANER, 2001).

Figura 2 - Desagregação do concreto em viga.



Fonte: ARALDI, 2013.

2.3 ABRASÃO

A abrasão é o desgaste que ocasiona a perda do desempenho mecânico, o atrito em diversos objetos e o concreto (AMORIM, 2010). Os elementos de concreto estão sujeitos a ações de desgastes por agentes abrasivos, ocasionando perdas de material na superfície (Figura 3).

Figura 3 - Piso desgastado por abrasão.



Fonte: LATORRE, 2002.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT (2006), a abrasão refere-se ao atrito seco e é a perda gradual contínua da argamassa superficial e de agregados em uma área limitada, muito comum em pavimentos, ocorrendo com maior frequência em lugares com grande tráfego e intensa circulação de pessoas e veículos.

Conforme destaca Silva (2011), a intensidade da perda das partículas depende de inúmeros fatores, sendo alguns deles: baixa resistência do concreto, cura inadequada e possíveis ataques de agentes químicos agressores.

2.4. FALHAS NA INSTALAÇÃO DE DRENAGEM

As falhas nas instalações de drenagem são fatores que influenciam na degradação do concreto e das armaduras (Figura 4). Quando exposto à umidade, ocorre oxidação e corrosão na armadura podendo gerar o deslocamento do concreto. Com isto, deve-se tomar medidas a evitar o acúmulo de água em pontos estratégicos como, por exemplo, encontros de vigas, encontros com tabuleiros, nas pistas de rolamento, nos aparelhos de apoio e nos caixões (LANER, 2001).

As chuvas que ocorrem sobre as pontes podem atacar o concreto através da infiltração e do acúmulo de água ao longo do tempo, devido à ausência de pingadeiras, da deficiência das juntas e da drenagem do tabuleiro, fazendo com que o concreto tenha suas placas destacadas (VITÓRIO, 2003).

Figura 4 – Drenos danificados.

Fonte: <https://bit.ly/2PT3kic>

2.5. FALHAS NA PISTA DE ROLAMENTO

As falhas na pista de rolamento como ressaltos, depressões e desníveis de juntas, podem gerar acréscimos de cargas, capazes de provocar efeitos dinâmicos podendo aumentar a solicitação de cargas móveis, levando a um possível deslocamento do tabuleiro caso os apoios estejam em más condições (DNER, 1980).

Um dos processos para corrigir as falhas superficiais das pistas de rolamento é o recapeamento com concreto asfáltico, segundo Silva; Souza (2018). Muitas vezes, nestes casos, não são retiradas as camadas inferiores, acarretando um aumento substancial no peso próprio da estrutura, sendo que em casos extremos está pode ruir, além de proporcionar um desconforto ao usuário.

Na Figura 5, vislumbra-se o desnível devido ao excesso de asfalto na recapagem. Este desnivelamento das placas de pavimentação reduz a vida útil do pavimento e compromete a segurança do tráfego de pessoas e automóveis. A manutenção da falha na pista de rolamento deve ocorrer a partir de uma avaliação dos defeitos e as causas prováveis, concluindo-se pela solução mais econômica, mais rápida e mais efetiva.

Figura 5 – Falha na pista de rolamento devido excesso de asfalto.



Fonte: FUNDATEC (1991)

2.6. FALHAS NA CONCRETAGEM

Conhecido como bicheira, as falhas de concretagem são defeitos nas vigas, lajes, pilares ou até mesmo em paredes que se destacam por espaços não completados por concreto. A consequência desta manifestação patológica no concreto armado ocasiona problemas estéticos, causando uma demanda maior do uso de material de revestimento para sanar o problema. Entretanto, os maiores riscos estão ligados a capacidade de carga do elemento estrutural e ligada diretamente a sua vida útil, segundo afirma Nakamura (2017).

Bauer (1994) afirma que as falhas na concretagem é um fator preocupante para os engenheiros, podendo haver segregação dos materiais do concreto na hora de seu lançamento, o que pode acarretar futuras e diversas falhas na estrutura (Figura 6).

Em casos mais específicos, essas falhas na concretagem podem levar a segregação do concreto e assim deixar exposta as armaduras, acarretando na sua corrosão e, se não cuidado, até mesmo ao colapso da estrutura.

Vislumbra-se que, quando a falha de concretagem é específica e não há qualquer exposição de ferros e armaduras e outros elementos estruturais, a correção da falha é feita com aplicação de argamassa de cimento e areia fina e com aditivo adesivo sintético, verificando se que o novo concreto tenha características semelhantes às do concreto original e a aderência entre o material novo e o existente seja adequada. Quando a falha de concretagem não é pontual e há o aparecimento da armadura, por exemplo, deve-se analisar todos os detalhes do defeito, a

extensão e gravidade para aí optar pela estratégia mais adequada de intervenção (NAKAMURA, 2017).

Figura 6 - Falhas de concretagem na base do pilar.



Fonte: FIGUEROLA (2006)

2.7. CORROSÃO

Há dois processos que podem atingir as armaduras de concreto armado: a oxidação e a corrosão. De acordo com Helene (1986), corrosão é o processo de interação destrutiva de um material com o meio ambiente, suas reações podem ser químicas ou eletroquímicas (Figura 7). A reação entre gás e metal gera a oxidação. Já a corrosão é o ataque natural, sendo que o ataque eletroquímico ocorre em meio aquoso.

O maior agente de deterioração das estruturas é a água salgada, composta por vários elementos químicos que levam à degradação física, química e biológica da estrutura. Uma das maiores preocupações dos responsáveis técnicos pelas estruturas em ambientes agressivos é a corrosão. Ela afeta significativamente a vida útil da estrutura, sem contar sua segurança, gerando um custo muito elevado para sanar esta manifestação patológica (LIMA, 2005).

Segundo Vítório (2003), a porosidade do concreto, trincas e a deficiência no cobrimento da armadura estão ligadas diretamente à responsabilidade da oxidação do aço presente na estrutura. Quando qualquer parte do aço sofre o processo oxidação, seu volume é aumentado aproximadamente em oito vezes e sua força de expansão afeta o concreto de recobrimento, expelindo-o e deixando a armadura completamente exposta a qualquer agressão do meio.

Um concreto de alta qualidade presente em um meio agressivo está sujeito a sofrer os mesmos danos. Porém, um concreto com uma porosidade acentuada, permeável e segregado tem maior vulnerabilidade aos ataques citados acima.

Identificadas as principais manifestações patológicas, parte-se à apresentação dos diferentes tipos de manutenção que podem ser aplicáveis às estruturas de pontes.

Figura 7 – Imagem corrosão da armadura em pilar.



Fonte: ANDRADE (1992)

3 MANUTENÇÕES E SEUS TIPOS

As atividades de manutenção das estruturas têm passado por diversas mudanças nos últimos anos devido ao aumento do número de instalações, equipamentos e edificações e que devem ser mantidas para a segurança e para contemplar um estado de funcionamento adequado dos meios. Projetos mais complexos e detalhados, novas técnicas de manutenção e conservação, visando novas abordagens sobre o preparo da manutenção e suas responsabilidades técnicas. Alguns tipos de manutenção são elencados abaixo.

3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha, caso esteja comprometida com sua capacidade de exercer sua função de projeto inicial, e tem como objetivo principal restaurar sua capacidade de carga produtiva das instalações danificadas. De acordo com Mello (2001), esta é a forma mais cara de manutenção quando é analisada do ponto de vista total do sistema.

A manutenção corretiva pode ser classificada de duas formas diferentes, conforme a estratégia adotada, sendo estas, a manutenção corretiva planejada e a não planejada. Diferencia-se pelo simples fato de a manutenção corretiva planejada ocorrer em função de um acompanhamento prévio, planejado pela decisão gerencial de se operar até a falha, ao passo que a manutenção corretiva não planejada é aplicada de maneira aleatória, ou seja, é a manutenção atuando de forma impulsiva e de acordo com a necessidade (SILVA, 2015).

Mesmo sendo um processo rudimentar, o qual representa um ciclo de “quebra-repara”, a manutenção corretiva tem a necessidade de uma mão de obra com um treinamento prévio para atuar com rapidez e eficiência para não afetar o sistema de forma global a não prejudicar a população. Necessita também de um registro dos defeitos e dos tempos de reparo, classificados por equipamentos e por cadeias de manutenção. Um dos itens mais importantes é ter um planejamento muito adequado e uma logística de operação para sanar os itens danificados.

A vantagem deste tipo de correção é quando existem equipamentos de baixo risco e os custos envolvidos em um possível reparo sejam inferiores aos custos de acompanhamentos por inspeções ou manutenções preventivas. A adoção da manutenção corretiva torna-se a melhor estratégia a ser tomada, mesmo com muitos estudos e profissionais alegando que não há vantagens na manutenção corretiva.

Entretanto, quando não planejada ou sem uma estratégia das atividades preventivas, a principal desvantagem da manutenção corretiva é o alto custo de mão de obra, peças e serviços, perda de produção, possível causa de acidentes, riscos ao meio ambiente e possível desperdício de tempo das máquinas inoperantes, o que aumenta o custo do reparo.

3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A ABNT NBR 5462 (1994) define manutenção preventiva como:

“Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.”

A manutenção e prevenção de defeitos na estrutura têm como foco principal analisar as deformidades que possam gerar a parada ou a baixa produtividade de um equipamento em operação. Este processo é baseado em análises estatísticas, análises no local da instalação, condições do estado da vida útil da estrutura, pontos e periodicidade de possíveis manutenções.

É de extrema importância ter em mente as características da manutenção preventiva: ela deve ser prevista, preparada e programada. Desta forma sua eficiência poderá ser satisfatória. Alguns exemplos de metodologias realizadas durante as intervenções são: lubrificação de peças e sistemas, revisão sistemática de equipamentos, calibração e aferição de instrumentos, execução de planos de inspeção e verificação histórica da mesma (ABNT NBR 5462, 2014).

O tempo para executar a manutenção preventiva é menor do que quando trabalhamos com a corretiva. O motivo é simples. O tempo é controlado e há um estudo para cada passo antes da manutenção, ou seja, sabe-se previamente através da manutenção quanto tempo será gasto com cada atividade a ser realizada. O investimento acaba sendo intermediário comparando aos outros tipos de manutenção, pois necessita investir em pessoas com capacitação técnica, ferramentas e sistemas para controle da manutenção preventiva.

Dentre suas vantagens, tem-se a relação ao menor número de manutenção corretivas, o que reduz seu custo. Com isso estas manutenções corretivas podem ser feitas em menor tempo, como em períodos noturnos e finais de semanas.

3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA OU MANUTENÇÃO CONTROLADA

É a manutenção a qual permite garantir a qualidade de serviço desejado. Tudo isto utilizando técnicas de análise por meios de supervisão centralizada e por amostragens, com objetivo de reduzir ao mínimo as manutenções preventivas e corretivas.

A manutenção preditiva usa as condições operacionais reais de equipamentos e sistemas para otimizar a operação total dos projetos em questão. Tem como principal foco prevenir falhas através do acompanhamento de diversos parâmetros do sistema, até que o grau de degradação se aproxime e, então, medidas de intervenção são aplicadas (VILLANUEVA, 2015).

O emprego eficiente da manutenção preditiva em obras de arte especiais é de altíssima importância e benéfica para a mesma, pois com isso tende a reduzir o tempo que a estrutura permanece inativa, fora de uso, para sua manutenção. Devido a extrema funcionalidade a sociedade que uma obra de arte especial (OAE) tem, com isso podemos medir sua devida importância de deslocamento, integração social e econômica.

4 DURABILIDADE DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Com o aprimoramento dos estudos, análise de casos práticos e inovação da tecnologia, a forma de construção de obras de arte especiais somente melhorou de anos até o momento. A possibilidade de se utilizar de materiais de melhor qualidade, mais leves e conseqüentemente mais baratos, fez com que os projetos de obras evoluíssem a fim de trazer estruturas mais sólidas e resistentes às intempéries.

Desta forma, para executar estruturas duráveis, de vida útil mais prolongada, os engenheiros devem detalhar a qualidade mínima do concreto a ser utilizado, espessura mínima de cobrimento sobre as armaduras, abertura máxima admissível de fissuras, além de verificar qual o tipo de drenagem adequada para a obra ser executada. Ainda e tão importante quanto, segundo Ripper (1996), é verificar quais são as necessidades especiais nas obras expostas a agressividade ambiental específica.

O estudo mais intenso sobre os materiais e sua forma de deterioração permite que, desde a etapa de projeto, obtenha-se a vida útil da estrutura de forma mais aproximada possível, avaliando o impacto da obra no local que será realizada, além de garantir segurança estrutural e espaçar o tempo de manutenção (NBR 5118, 2003). Como mencionado em tópico anterior, a vantagem de se empregar tais conceitos, junto com a manutenção preventiva adequada, torna as obras de artes especiais - OAE's como mais duráveis e econômicas.

A durabilidade das estruturas está intimamente ligada com a segurança estrutural e adequação funcional para a região da construção.

Infelizmente no Brasil, as pontes e viadutos somente passam a ser considerados não duráveis quando a estética da obra começa a desagradar os usuários, para que então sejam observados os demais problemas que esta apresenta. Normalmente, quando isso acontece, a estrutura já está comprometida de forma parcial e em alguns casos comprometida por completo, requerendo intervenções de maior porte e conseqüentemente mais onerosas (IBRAOP, 2018).

Desta forma, quando realizado acompanhamento e correta avaliação das diversas manifestações patológicas nas primeiras aparições, mostra-se que a manutenção e medidas preventivas são muito mais econômicas e causam menos impacto na estrutura e na vida da sociedade, do que quando necessário atuar com ações corretivas, consequentemente mais onerosas e agressivas às OAE's.

5 CASOS DE COLAPSOS DE ESTRUTURAS DE PONTES NO BRASIL

Este capítulo apresenta alguns dos principais casos recentes de colapso de estruturas de pontes no Brasil, sendo eles: o viaduto da Marginal Pinheiros em São Paulo (SP) e viaduto do Eixão Sul em Brasília (DF).

Segundo o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo - CREA-SP, o viaduto da Marginal Pinheiros, próximo da Ponte do Jaguaré, Zona Oeste de São Paulo, cedeu aproximadamente dois metros no dia 15 de novembro de 2018, provocando um bloqueio da pista no sentido rodovia Castello Branco, via destinada para rota de acesso. De acordo com a Defesa Civil, placas de concreto do viaduto sofreram uma dilatação. O descolamento entre as partes da estrutura provocou um desnível, formando um degrau na pista de rolamento de aproximadamente dois metros conforme figura 8.

Figura 8 – Imagem aérea do colapso do viaduto da Marginal Pinheiros, em São Paulo (SP).



Fonte: <https://bit.ly/36Dpvi9>.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2019), após investigar a estrutura que cedeu na Marginal Pinheiros, identificou uma fissura a qual se estendia pelo viaduto todo. Fissura a qual demonstrava preocupação e risco à estrutura como um todo. Concluiu também o IPT que

as anomalias constatadas são decorrentes de não conformidades construtivas e deficiências na realização de manutenção periódicas. Afirmou ainda que a manutenção preventiva, em estados iniciais de deterioração, o que era o caso, garante maior vida útil da obra e apresenta custos significativamente inferiores se comparados aos custos de manutenção de período muito dilatado, ou seja, se quando noticiado indícios de problemas estruturais do viaduto (Figura 9 e 10) os responsáveis tivessem realizado a manutenção necessária, se teria evitado a queda do mesmo.

Figura 9 – Falhas na junta de dilatação no viaduto da Marginal Pinheiros em São Paulo (SP).



Fonte: <https://bit.ly/36Cfn9o>

Figura 10 – Fissuras encontradas próximo ao ponto que cedeu no viaduto da Marginal Pinheiros, em São Paulo (SP).



Fonte: <https://glo.bo/2NZezTJ>

Diversas causas foram apontadas pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras de São Paulo. Foram verificadas fadigas do concreto e defeitos de ruptura na parte intermediária de uma das vigas, que acabou dobrando e apoiando sobre pilares. O Secretário de Obras, Vitor Aly, afirmou que o reparo mais trabalhoso será o do tabuleiro, o qual apresentou fissuras de até 5 milímetros. O tabuleiro foi inicialmente tratado com a remoção do concreto comprometido e posteriormente foi reconstruída a laje de fundo reforçando a estrutura com fibras de carbono (CRUZ, 2018).

É de extrema importância esclarecer que em 2012, o Engenheiro Civil Fabio Sampaio Pupo Nogueira, em um relatório de vistoria visual apontou diversos problemas na estrutura que colocaria o viaduto da Marginal Pinheiros em risco de possível ruína. Segundo Fabio, foi observado trincas na cabeça de três pilares, mesmo estando aparentemente em regular estado de conservação. Além das trincas, foram notadas falhas nas juntas de dilatação a qual sofreu um deslocamento longitudinal em relação a via, deslocando a viga de apoio do tabuleiro para fora do eixo axial do pilar. Desta forma, permaneceu o pilar em uma situação a qual não havia sido dimensionado, gerando um momento fletor adicional no pilar, conforme se pode observar na Figura 11 e Figura 12.

Figura 11 – Desnível na Marginal Pinheiros em São Paulo (SP).



Fonte: <https://bit.ly/36Fesoy>

Figura 12 – Apoios danificados pelo deslocamento do tabuleiro na Marginal Pinheiros em São Paulo (SP).



Fonte: <https://glo.bo/33rgsic>

Segundo o Jornal Destak de São Paulo (2019), para aliviar o peso da estrutura que ruiu, fora necessário instalar um pilar metálico de apoio ao lado do pilar sobre o qual a pista cedeu. A estrutura foi colocada em seu local de origem com a ajuda de macacos hidráulicos com capacidade de 300 toneladas cada um, sendo então utilizados seis macacos para içar a estrutura.

Os técnicos envolvidos decidiram por não demolir o viaduto por completo, mas sim recuperá-lo. Dividiu-se a recuperação em três etapas, sendo elas a reforma de dois pilares, reparo da viga que cedeu e reparo do tabuleiro na região central do viaduto, sendo esta última etapa a mais importante.

As obras foram realizadas pela Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo. Feita a recuperação da viga que cedeu (transversina) através da concretagem, além da reforma de dois pilares que restaram danificados, sendo construídos outros, para apoio. A estrutura da pista também foi recuperada em dois pontos que se apresentaram críticos, bem como a recuperação do tabuleiro que consistiu na remoção do concreto danificado e na reconstrução da laje inferior, sendo esta reforçada com lâminas de carbono.

Para o Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas – IBRAOP (2018), a recuperação do viaduto da Marginal Pinheiros foi a solução mais econômica encontrada pelos órgãos públicos envolvidos, sendo que se fosse realizada a manutenção preventiva e o monitoramento das patologias o custo envolvido certamente teria sido bem menor.

Outro acidente causado pela falta de manutenção em ponte, viadutos e passarelas foi o viaduto do Eixão Sul, principal via que corta Brasília (DF), que desabou no dia 6 de fevereiro

de 2018. O local do acidente fica próximo à Esplanada dos Ministérios e o viaduto fica sobre a Galeria dos Estados (Figura 13).

Figura 13 – Imagem aérea do Viaduto sobre a Galeria dos Estados – Brasília/DF.



Fonte: <https://bit.ly/2PTUEb5>

Um estudo feito em 2011, realizado pelo Sindicato de Engenharia e Arquitetura (Sinaenco) apontou problemas no viaduto, como rachaduras e possíveis infiltrações. Manifestações patológicas suficientes para levar ao chão a estrutura quando não há a devida fiscalização e manutenção adequada (Figura 14).

Figura 14 - Parte do viaduto Eixão Sul – Brasília (DF).



Fonte: <https://bit.ly/32qXgjf>

A presidente do Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura do Distrito Federal, Maria de Fátima Ribeiro Có afirmou que há falta de verba para manutenção de obras de artes. Como já exposto, a ausência de manutenção adequada faz a estrutura ruir sem aviso prévio.

Os engenheiros da Universidade de Brasília (UnB) contradisseram o governo do Distrito Federal e recomendaram a demolição por completa do viaduto. O laudo da UnB dizia que a degradação da estrutura havia ultrapassado o dobro do limite crítico aceitado. Na mesma linha de raciocínio, o Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura do Distrito Federal – CREA/DF concluiu que os pilares de sustentação estavam muito corroídos e deteriorados. A Figura 15 a seguir demonstra a real situação.

Figura 15 - Viaduto do Eixão Sul ao chão em Brasília (DF).



Fonte: <https://glo.bo/36znx2p>

Em 2017, um ano antes do desabamento do Eixão, o departamento técnico da Companhia Urbanizadora da Nova Capital – Novacap, fez um alerta no sentido de que as condições estruturais dos viadutos da Galeria dos Estados exigiam obras imediatas de reforço e readequação desde 2014, estabelecendo nível de prioridade nas ações do governo. O laudo termina dizendo que a não efetivação das intervenções poderia ocasionar eventos de consequências irreparáveis (GOMES, 2019).

Diz a Associação Brasileira de Peritos em Criminalística – ABPC (2018) que o desabamento do viaduto sobre a Galeria dos Estados, no Eixão Sul, poderia ter sido evitado com visitas técnicas e correções na estrutura quando da indicação das patologias pelos profissionais capacitados. É também o que aponta um dos laudos periciais elaborado pelo Instituto de Criminalística – IC, da Polícia Civil do Distrito Federal, após o acidente. A perícia deixa claro no laudo que foram encontrados vestígios de penetração de água por todo o concreto que sustentava o viaduto elevado, tanto em peças encontradas entre os escombros quanto em outras partes da estrutura que não desabaram.

Após a realização de estudos e elaboração de laudos, e a fim de restabelecer a ordem na região, foi construída uma nova estrutura pelos órgãos públicos locais junto com o Governo do Distrito Federal. Além disso, os demais pontos do Eixão Sul que não cederam foram restaurados e tiveram toda sua parte estrutural reforçada com material novo e de qualidade. Antes do viaduto ser liberado para a circulação da população, os setores de engenharia da Novacap e do Departamento de Estrada de Rodagem do Distrito Federal – DER realizaram ensaios estruturais a fim de avaliar a estrutura reconstruída, bem como aferir as reais condições da estrutura pós-obras. Para certificar as condições do viaduto, os engenheiros instalaram sensores que analisaram o comportamento da edificação durante a passagem de veículos de grande porte. Todas as avaliações necessárias foram realizadas e com sucesso, eis que as informações obtidas pelos sensores demonstraram que o projeto foi devidamente executado, apresentando estabilidade das cargas dinâmicas e estáticas, proporcionando segurança aos transeuntes (DER-DF, 2019).

5.1 ATUAÇÃO DAS ENTIDADES PÚBLICAS NA CONSERVAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Os acidentes ocorridos em pontes e viadutos nos últimos anos chamou a atenção da sociedade sobre a necessidade de conservação das estruturas, cobrando das entidades municipais, estaduais e federais o controle e vistorias efetivos das OAE's. Desta forma, a fim de cumprir com seu papel na segurança daqueles que diariamente trafegam nas pontes e viadutos do país, os representantes tomaram uma série de medidas preventivas sobre o tema.

Em Brasília, por exemplo, após a queda do Eixão Sul em 2018, vários procedimentos de investigação foram abertos e continuam em andamento a fim de apurar a responsabilidade sobre a queda, bem como identificar os responsáveis pela falta de manutenção preventiva e corretiva quando as patologias foram inicialmente apresentadas (FERNANDES, 2018).

À Secretaria de Obras do Distrito Federal foi entregue pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital e do Departamento de Estradas de Rodagem uma análise sobre a situação de 11 viadutos e pontes identificados no Relatório de Inspeção pelo Núcleo de Fiscalização de Obras e Serviços de Engenharia do Tribunal de Contas do DF (2018) como críticos ou com risco de desabamento. Com tais informações, o Governo do Distrito Federal elaborou plano de conservação de bens e monumentos públicos, que prevê informações detalhadas sobre a prevenção, monitoramento e reparo de estruturas públicas da cidade de forma periódica, incluindo limpeza, reparação de pequenos defeitos e restaurações. O plano também prevê a verificação de cabos, concreto, pilares, vigas, bem como a existência de corrosões nas estruturas para que estas sejam sanadas, no sentido de evitar que novos acidentes ocorram. A Promotoria de Justiça de Defesa do Patrimônio Público iniciou procedimento administrativo para acompanhar as medidas tomadas pelos órgãos do Distrito Federal quanto a implementação de políticas públicas permanentes de manutenção preventiva das obras de arte especiais (TAHAN, 2019).

Já em Belo Horizonte (MG), segundo Oliveira (2018), a Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura contratou uma empresa especializada em monitoramento e avaliação de viadutos

e obras de arte especiais. Para a Secretaria, a manutenção em viadutos, pontes e passarelas do município é um processo contínuo composto por mapeamento, diagnóstico para avaliar as condições gerais da estrutura e do pavimento, além das recomendações de intervenções. As vistorias serão realizadas através de inspeções visuais da situação de cada viaduto para observar a existência de corrosão em armaduras aparentes, deslocamento do concreto, entre outras patologias, além da realização de levantamentos topográficos para aferir movimentações dessas estruturas. O monitoramento será rotineiro e realizado pelas equipes internas da Prefeitura, a fim de prolongar a vida útil e evitar o desgaste das estruturas e de dinheiro público, além de garantir segurança e qualidade de vida para a população.

Na cidade de São Paulo (SP), com a queda do viaduto da Marginal Pinheiros, a Prefeitura contratou emergencialmente empresas para realizarem vistoria e laudo técnico de pelo menos 185 pontes e viadutos da cidade. Mencionados laudos apontaram a situação real dos locais com a indicação de todos os tipos de patologias existentes nas estruturas. Os principais problemas identificados nas vistorias foram armadura exposta; oxidação da estrutura; fissuras; buracos; trincas e desgastes. Ainda notou-se a existência de desagregação de concreto nos pilares, vigas, lajes e, inclusive, nas fundações. Além disso, constou-se dos relatórios que algumas obras de arte especiais apresentaram marcas de infiltração; deformação da infraestrutura; ondulações e desníveis no pavimento; abertura nas juntas de dilatação e descolamento de placas. Em algumas OAE's que apresentaram tais patologias tiveram o fluxo de veículos de grande porte interrompido para evitar maior comprometimento da estrutura (GIANCOLA, 2019).

Com os dados deste estudo, o Programa de Recuperação de Pontes e Viadutos, que já existia, mas que havia sido suspenso por falta de recursos financeiros, foi retomado, com ampliação da equipe de profissionais e contratação de novas empresas para recuperação e realização de reparos, bem como para a retomada das atividades de manutenção preventiva nos principais pontos de circulação da cidade (ZIA, 2018).

O Governo do Estado do Paraná (2019), no sentido de evitar acidentes pela queda de OAE's, o Departamento de Estradas de Rodagem aprimorou seus programas de conservação e melhoria das pontes e viadutos em todo o Estado, além de manter as equipes em constante processo de vistorias. A intenção é também prolongar a vida útil das estruturas e trazer segurança à toda sociedade que ali transita. O Superintendente da regional Oeste do Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná afirmou que há obras expressivas em andamento e em grande número de rodovias do Estado passando pelos serviços de conservação e recuperação da malha viária. Segundo Fochzato (2019), as pontes, viadutos, túneis e trincheiras que estão sob responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER) estão sendo verificadas pelos conselheiros do CREA-PR. Também, nas rodovias estaduais do Paraná, as vistorias são feitas a cada dois anos e conforme afirma o Engenheiro Civil, Marcus Vinícius Pereira Arantes, a cada 300 quilômetros, há uma equipe específica para levantamento e manutenção das manifestações patológicas, desde infiltrações até existência de moradias sob as pontes. O trabalho de manutenção preventiva nas rodovias federais da região visa garantir segurança aos usuários (FOCHZATO, 2019).

6 CONCLUSÃO

Sabe-se que no Brasil são diversas as necessidades de atuação da administração pública na manutenção das obras de arte especiais. As pontes e viadutos, apesar de terem certa durabilidade, necessitam de manutenção rotineira.

Após os acidentes ocorridos nos últimos anos pela queda de viadutos e pontes fez com que os governos e órgãos municipais, estaduais e federais dessem mais atenção ao assunto. Foram tomadas medidas emergenciais a fim de vistoriar e reparar àquelas estruturas mais danificadas. O Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas tem exposto que o descaso do poder público com as obras de arte especiais, bem como o enxuto quadro técnico de profissionais da engenharia, traz consequências maléficas à infraestrutura do país.

Não é somente uma má administração ou a ausência de recursos financeiros que abala a solidez das estruturas, a falta de cultura de manutenção preventiva nas edificações também se soma aos fatores determinantes da durabilidade do bem público. A necessidade de monitoramento e conservação das obras tem que ser constante, visando salvaguardar todos os componentes construtivos e evitar a aparição das possíveis manifestações patológicas.

Além da falta de interesse dos governos, não se investe em um corpo técnico de engenharia especializado no assunto, com profissionais capacitados e, por obvio, bem equipados com aparelhos tecnológicos próprios para a desenvoltura das atividades de monitoramento das obras.

O planejamento tanto das construções quanto as manutenções preventivas nas obras possuem gastos muito inferiores do que quando ocorre o colapso total ou parcial das estruturas, sendo imprescindível obras emergenciais, o que afeta não somente os usuários, mas toda a sociedade, além, é claro, de evitar acidentes.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.931/2004 - *Execução de Estruturas de Concreto*.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5.462/1994 - *Confiabilidade e Manutenibilidade*.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6.118/2014 - *Projeto de estruturas de concreto*.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.452/2016 - *Inspeção de Pontes e Viadutos, Passarelas de Concreto - Procedimentos*.
- ABPC - Associação Brasileira de Peritos em Criminalística. *Laudo da PCDF aponta que queda de viaduto poderia ter sido evitada - Documento ao qual o Metrôpoles teve acesso indica omissão do poder público e alerta que risco de novos desabamentos não deve ser descartado*, 2018. Disponível em < <https://bit.ly/2Clcdc7>>
- AMORIM, A. A. *Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente*. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
- ANDRADE, E. B. B. *Principais Manifestações patológicas encontradas em edificação*, 2016. Disponível em < <https://bit.ly/34HuNXY>>
- ANDRADE, M. D. C. *Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras*. Tradução e adaptação de Antônio Carmona e Paulo Helene. São Paulo: Pini, 1992.

- ARALDI, E. *Reforço de pilares por encamisamento de concreto armado: Eficiência de métodos de cálculo da capacidade resistente comparativamente a resultados experimentais*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- CÁNOVAS, M. F. *Patologia e Terapia do Concreto Armado*. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988.
- CARDOSO, L. A.; QUARESMA J. E. *Análise de manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto armado na cidade de São Paulo – SP*, 2018.
- CRUZ, Fernanda. *Recuperação do viaduto que cedeu em São Paulo vai demorar até 5 meses*, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/2JWUqfu>>
- DER – DF – Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. *Teste realizado no viaduto Eixão Sul tem laudo preliminar positivo*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/36ItR7F>>
- DNER - Departamento Nacional De Estradas De Rodagem. *Manual de Inspeção Rodoviária*, MT – Instituto de pesquisas rodoviárias. Rio de Janeiro, 1980.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. *Manual de Pavimentação*, 2006.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. *Manual de manutenção de obras de arte especiais – OAE's*, 2016. Disponível em <<https://bit.ly/32pDbdd>>
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. *Obras de Artes Especiais são o tema de painéis do terceiro dia da Semana do Planejamento*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/36LKsaW>>
- FERNANDES, Augusto. *Relatório aponta que 9 pontes e viadutos do DF estão com riscos estruturais*, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/36EJzRr>>
- FIGUEROLA, V. *Argamassas decorativas*. Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 14, n.115, 2006.
- FOCHZATO, Ivan Cesar. *Pontes e viadutos nas rodovias do Sudoeste passam por vitórias*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/2K04BQD>>
- FUNDATEC – Fundação Universidade Empresa de Tecnologia e Ciências. *Relatório de Inspeção de Obras de Artes do Município de Porto Alegre – Viadutos*. Relatório Técnico 04/91 do LEME (Convenio PMPA/FUNDATEC), Porto Alegre/RS, 1991.
- GIANCOLA, Carolina. *16 pontes e viadutos de SP precisam de inspeção emergencial para identificar risco de colapso*, 2019. Disponível em <<https://glo.bo/2WQAkc4>>
- GOMES, Victor. *Desabamento do Eixão Sul, no DF, completa um ano*, 2019. Disponível em <<https://glo.bo/32mbSAJ>>
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. *Estado investe R\$17,5 milhões em rodovias da Região Oeste*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/2NpXCIY>>
- GRECA, J. M; SOUZA, R. C; SMYKALUK, S. *Inspeção, mapeamento e análise de manifestações patológicas em obras de arte especiais*, 2011. Disponível em <<https://bit.ly/2rmOWEB>>
- HELENE, Paulo. *Corrosão em armaduras para concreto armado*. Editora PINI. São Paulo, 1986.
- HELENE, Paulo. *Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto*. Pini, 2ª ed. São Paulo, 1992.
- HERIK C. N. *Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais*, 2017.
- IBRAOP – Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas. *Sobre a queda do viaduto da marginal em São Paulo*, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/36K6Voq>>

- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. *Pontes e viadutos*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/2p1nHyE>>
- JORNAL DESTAK SÃO PAULO. *SP inicia concretagem do pilar que rompeu no viaduto da Marginal Pinheiros*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/2NoEPHO>>
- LANER, F. J. *Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre*. Porto Alegre, 2001.
- LATORRE, P. E. V. *Estudos de argamassas para reparo de estruturas de concreto sujeitas a abrasão, em locais com umidade elevada*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- LIMA, M. G. DE. *Ação do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto*. In: ISAIA, Geraldo Cechella. *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: Ibracon, V1. Cap. 24, p. 713-752, 2005.
- MELLO, Francisco C. B. *A importância da logística como meio de aumentar a satisfação e reduzir a insatisfação dos usuários da ponte Rio-Niterói com os serviços de manutenção e conservação*. Rio de Janeiro – RJ, 2001.
- MPSP – Ministério Público do Estado de São Paulo. *Ação de Responsabilidade Civil por Atos de Improbidade Administrativa. Nº dos Autos 1008705-44.2019.8.26.0053*, 2019.
- NAKAMURA, Juliana. *Vazios de concretagem põem em risco desempenho de estruturas de concreto armado*. 2017. Disponível em <<https://bit.ly/32t0R0i>>
- OLIVEIRA, Cinthya. *Prefeitura contratará empresa para avaliar e monitorar 6 viadutos de BH*, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/2qy3f8I>>
- RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M., *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1998. Disponível em <<https://bit.ly/2NtS621>>
- ROSTAM, S. *Service life of concrete structures – a design approach for the future*. In: *CONCRETO COLLOQUIA*, São Carlos, 2003.
- SARTORTI, Artur Lenz. *Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas - SP*, 2008.
- SEELEY, I.H. *Building Maintenance. 2nd Edition*, Palgrave, New York, 1987.
- SILVA, Fernando Benigno da. *Patologias das Construções: uma especialidade na Engenharia Civil*, 2011
- SILVA, H. N.T; SOUZA, W. L. *Análise visual e estudo das manifestações patológicas da ponte senador Fábio Lucena*. Manaus/AM, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/32p3QqA>>
- SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. Pini. P. 255, 1998.
- TAHAN, Lilian. *Exclusivo: oito viadutos correm o risco de desabar como o do Eixão*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/2PXnpUm>>
- TAHAN, Lilian. *Novacap e DER enviam à pasta de Obras situação de pontes e viadutos*, 2019. Disponível em <<https://bit.ly/33raQob>>
- TCDF – Tribunal de contas do Distrito Federal. *Relatório de Inspeção nº 02/2018 – NFO*, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/2NP0gkl>>
- VILLANUEVA, Marina M. *A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação*, 2015.
- VITÓRIO, A. *Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia*. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

ZIA, Monalisa. *ABNT possui norma para inspeção de pontes, viadutos e passarelas*. Disponível em <<https://bit.ly/2CqnrvS>>