

Inspeções de pontes e viadutos: principais anomalias, a importância da manutenção e estudo de caso

Ciro José Ribeiro Villela Araujo

INSPEÇÕES DE PONTES E VIADUTOS: Principais anomalias, a importância da manutenção e estudo de caso

Ciro José Ribeiro Villela Araujo

1 Introdução

As pontes e viadutos, denominadas no meio técnico como Obras de Arte Especiais (OAE), são obras de engenharia de extrema importância no desenvolvimento econômico e social do país.

Estas obras estão sujeitas a todo tipo de ação do meio ambiente, a desgastes naturais e a carregamentos acidentais durante sua vida útil. Devido a isso, é importante uma gestão de atividades de inspeção e manutenção para promover a sua adequada conservação.

As inspeções permitem diagnosticar as anomalias existentes e indicar as terapias a serem realizadas e, as manutenções são atividades cuja função é o tratamento dessas anomalias.

Uma forma de exemplificar a manutenção, em nossas próprias residências, é quando observamos uma mancha de umidade na laje sob o telhado. Qual procedimento seguro e correto deve ser adotado para resolver esse problema?

O primeiro passo é a contratação de um profissional habilitado que tenha condições de avaliar o problema, o segundo é verificar se a estrutura da laje de forro foi dimensionada e possui capacidade para suportar o peso do inspetor, terceiro seria disponibilizar o acesso para que ele tenha condições de adentrar no forro (alçapão e escada), quarto é verificar se pode existir algum risco (biológico, químico e físico) ao inspetor no interior desse local, para definir a necessidade ou não de equipamentos especiais (EPI's tais como capacete, bota, equipamentos para respiração, ou até mesmo a instalação de sistema de ventilação forçada, por exemplo).

O próximo passo do inspetor é investigar a origem do problema, se existe alguma telha quebrada no local, se a caixa d'água possui vazamentos, se há danos nos barriletes ou rede de distribuição de água, para então consertar a origem do problema e posteriormente avaliar o dano na laje, afim de dar o correto prognóstico para a sua recuperação.

O controle de manutenção das edificações em geral (prédios, residências, indústrias, etc.) é regido por normas que apresentam requisitos, procedimentos e programas de manutenção preventiva dos elementos estruturais e suas partes constituintes, como acabamentos, revestimentos, instalações elétricas, equipamentos de ar condicionado, elevadores, etc., mencionados nas normas técnicas NBR 5674 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMASTÉCNICAS, 2012) e NBR 14037 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMASTÉCNICAS, 2014). A Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE (INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA, 2012) apresenta conceitos e critérios para uma avaliação sistêmica das edificações, classificando as não conformidades constatadas quanto a sua origem, grau de risco e fornecendo orientações técnicas necessárias à melhoria da manutenção dos sistemas e elementos construtivos.

Assim como nas construções dos edifícios, as pontes e viadutos também necessitam de um sistema de gestão de controle do estado de conservação, cuja norma técnica específica é a NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMASTÉCNICAS, 2016) que estabelece os requisitos exigíveis na realização de inspeções em pontes, viadutos e passarelas de concreto e na apresentação dos resultados destas inspeções.

Diante da importância da gestão de atividades de inspeção e manutenção dessas estruturas, buscou-se neste trabalho apresentar os principais aspectos que a norma NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMASTÉCNICAS, 2016) aborda sobre esse tema, mostrar um panorama geral das anomalias mais comuns observadas nas atividades de inspeção e um exemplo por meio de gráficos da realização de atividades de manutenção, em

uma ponte, ao longo de toda sua vida útil, mostrando o aumento no tempo de vida útil dessa estrutura por meio das ações de manutenção.

2 Principais aspectos abordados na ABNT NBR 9452 (2016)

A NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016) apresenta quatro tipos de inspeções em pontes e viadutos, sendo elas: cadastral, rotineira, especial e extraordinária.

Em resumo, a Cadastral é a primeira inspeção realizada na obra, efetuada imediatamente após sua conclusão, instalação ou quando se integra a algum um sistema viário. Também é realizada quando houver alterações na configuração da OAE, tais como alargamento, acréscimo de comprimento, reforços, mudança no sistema estrutural. Nela são realizados levantamentos de toda a documentação, histórico, informações atualizadas, dimensões, detalhes construtivos, anomalias existentes que comprometem os aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade, entre outros.

A Rotineira tem a função de acompanhar o estado de conservação e detectar eventuais anomalias existentes ou que venham a surgir, dando subsídios em tempo hábil ao planejamento dos trabalhos de inspeções especiais. As rotineiras são visuais, com ou sem a utilização de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, podendo ser realizadas à distância, a partir do terreno, do nível d'água ou sobre o tabuleiro e sua periodicidade não pode ser superior a um ano.

A Especial tem como objetivo a identificação e mapeamento completo das anomalias, apresentando o diagnóstico e terapias a serem realizadas. São realizadas com base nas inspeções rotineiras e, em alguns casos particulares, na cadastral quando forem objeto de intervenções de curto prazo, sendo realizadas por engenheiro especialista. Sua periodicidade é de 5 anos, podendo ser postergada para 8 anos, quando for possível a inspeção de todos os elementos nas inspeções rotineiras ou antecipada, dependendo da nota de

classificação. Para acessar determinados locais, são utilizados equipamentos especiais, lateralmente e sob a obra, com a utilização de caminhões com plataformas elevatórias, escadas telescópicas, andaimes tubulares, treliças móveis; guindastes, barcos ou flutuantes. No caso de estruturas celulares, são realizadas internamente, com a utilização de equipamentos de proteção individual, sistema de exaustores, entre outros, caso seja necessário. Esse tipo de inspeção tem a finalidade de formular o diagnóstico e prognóstico da obra.

A Extraordinária é uma inspeção não programada, gerada por necessidade de avaliar com mais critério um elemento ou parte da OAE, podendo ou não ser gerada por inspeção anterior; pela ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra; pela ocorrência de eventos da natureza, tal como inundação, vendaval, sismo e outros.

Além de apresentar os tipos de inspeção essa norma proporciona uma “padronização” quanto à identificação e avaliação dos elementos constituintes das OAE`s, fornece parâmetros destinados à sua classificação quanto ao estado de conservação, sendo relacionados aos aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade, com a atribuição de notas de classificação, sendo elas: crítica (1), ruim (2), regular (3), boa (4) e excelente (5), de forma a priorizar as ações de manutenção, permitindo uma visão qualitativa e quantitativa do estado de conservação, o que reflete o quão grave podem ser os problemas detectados.

Essas notas de classificação são atribuídas individualmente à cada elemento constituinte da obra, levando-se em consideração os aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade quando aplicável à cada elemento e/ou condição verificada na inspeção. Na NBR 9452 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMASTÉCNICAS, 2016) são mostrados os elementos avaliados, tais como: aparelhos de apoio, juntas, encontros, sistema de drenagem, pista, dispositivos de segurança, passeios e guarda corpo, entre outros, e também as condições observadas nas inspeções, por exemplo: estado de fissuração, condições das armaduras, do concreto e das flechas.

O **Quadro 1** apresenta um exemplo de notas de classificação quanto aos parâmetros estruturais e funcionais de junta de dilatação.

Quadro 1 – Notas de classificação de junta de dilatação

Elemento da Obra de Arte Especial		Parâmetro
Junta		Estrutural
Tabela E.2 (NBR 9452)	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
	Juntas de dilatação obstruídas, causando restrições à movimentação dos tabuleiros	4
	Juntas de dilatação obstruídas, com contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas longarinas e lajes	3
	Juntas de dilatação obstruídas, causando graves danos à superestrutura (esmagamento do concreto de vigas e lajes, formação de quadro de fissuração e esforços não previstos na meso e infraestrutura)	2
Junta		Funcional
Tabela E.3 (NBR 9452)	Pontos danificados nas juntas de dilatação sem causar desconforto ao usuário	4
	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3

Fonte: adaptado da NBR 9452 (2016)

Essa norma também apresenta um critério de classificação dos elementos estruturais constituintes da OAE quanto a sua relevância no sistema estrutural, conforme pode ser apresentado no **Quadro 2**.

Após avaliada as suas condições de cada elemento, são definidas e atribuídas as notas de classificação geral da OAE, de 1 a 5, para cada parâmetro analisado, sendo eles: estrutural, funcional e de durabilidade, obtendo-se assim a nota final de classificação da OAE. Cabe salientar a importância da experiência do profissional envolvido nas atividades de inspeção e de avaliação.

Quadro 2 – Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância no sistema estrutural.

Elemento			Sistema Estrutural				
			Duas vigas	Grelha	Caixão	Laje	Galeria
Superestrutura	viga	Longarina	P	P	-	-	-
		Transversina	S	S	S	S	S
	Laje		S	S	P	P	P
Mesoestrutura	Travessas		P	P	P	P	-
	Pilares		P	P	P	P	-
	Aparelho de apoio		P	P	P	P	-
Encontros	Cortina		S	S	S	S	-
	Laje de transição		S	S	S	S	S
	Muros de ala		S	S	S	S	S
Infraestrutura	Blocos		P	P	P	P	P
	Sapatas		P	P	P	P	P
	Estacas e tubulões		P	P	P	P	P
Complementares	Barreira rígida		C	C	C	C	C
	Guarda-corpo		C	C	C	C	C

Nota

- Elemento Principal (P): cujo dano pode ocasionar o colapso parcial ou total da obra.
- Elemento Secundário (S): cujo dano pode ocasionar ruptura localizada.
- Elemento Complementar (C): cujo dano não causa nenhum comprometimento estrutural, apenas funcional na OAE.

Fonte: adaptado da NBR 9452 (2016)

Segundo o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (BRASIL, 2004), as inspeções Cadastral e Rotineira devem ser feitas por inspetores e por auxiliares técnicos, e no caso das Especiais e Extraordinárias devem ser feitas por inspetores, consultores e auxiliares técnicos.

Ainda conforme esse Manual, o requisito mínimo para ser um inspetor é a formação em engenharia, atendendo ao seguinte critério: Para inspecionar uma única obra de comprimento igual ou inferior a duzentos metros e que não inclui nenhuma estrutura não convencional deverá ser de no mínimo cinco anos de experiência em projetos de pontes e no mínimo cinco anos de experiência em inspeção de pontes.

Já para um inspetor sênior cuja responsabilidade será inspecionar uma estrutura especial ou supervisionar a inspeção de um conjunto de obras, deverá ser de no mínimo cinco anos de experiência em projetos de pontes e no mínimo dez anos de experiência em inspeção de pontes.

No caso dos auxiliares técnicos, conforme esse Manual, devem ter o curso de segundo grau completo, possuir capacitação para trabalhos em altura, demonstrar habilidade na realização de desenhos, de ler os projetos estruturais e de ter conhecimento de instrumentos de medidas, além do conhecimento do próprio Manual de Inspeção de Pontes (BRASIL, 2004).

3 Anomalias mais comuns observadas nas inspeções em OAEs

A deterioração das estruturas pode estar associada ao processo de degradação inerentes à própria obra, com origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou de utilização ou podem ser devido a fatores externos ou ao meio ambiente onde essa obra está inserida (RIPPER, 1998).

Quando não realizadas as atividades de manutenção em tempo hábil, definidas pelas inspeções, as anomalias tendem a evoluir, aumentando significativamente os custos de manutenção das regiões deterioradas.

A seguir, estão apresentadas as anomalias mais comuns observadas nos elementos das OAE`s durante os trabalhos de inspeção.

3.1 Aparelhos de apoio

Aparelhos de apoio são elementos de transição —dispositivos instalados entre a superestrutura e a mesoestrutura ou, em alguns casos, diretamente entre a superestrutura e a infraestrutura— com intuito de transmitir os carregamentos, permitir os deslocamentos nos sentidos longitudinais e transversais e as rotações oriundas das deflexões nos tabuleiros (BRASIL, 2004).

A **Figura 1** mostra um desenho esquemático do posicionamento de aparelho de apoio de elastômero sob a superestrutura de ponte (seta).

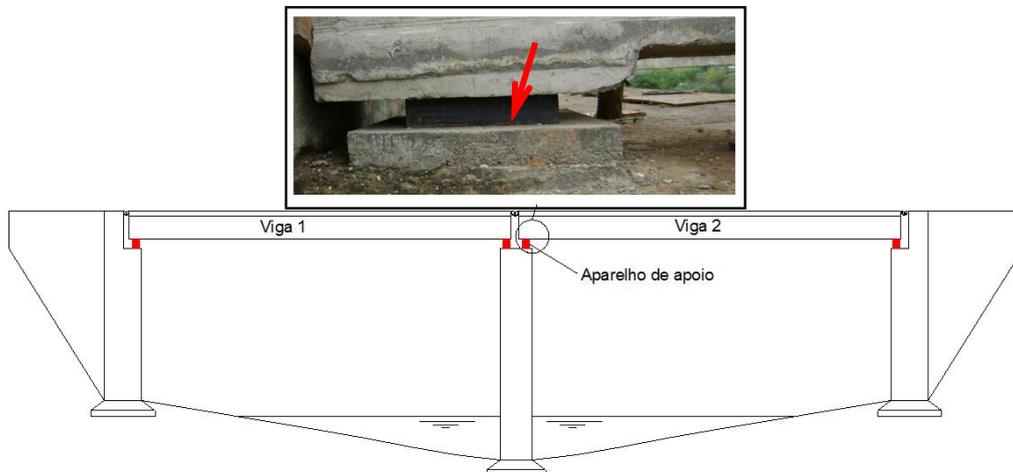


Figura 1 – Vista longitudinal de ponte com 2 tramos isostáticos - Detalhe da região do aparelho de apoio de elastômero

Os tipos de aparelhos de apoio podem ser de placas de chumbo, rolete metálico, freyssinet, elastômero fixo, elastômero com teflon deslizante, pot bearing, metálicos especiais e pêndulos.

As anomalias mais comuns observadas em aparelhos de apoio de elastômero, comumente utilizados na maioria das obras, são: danos na superfície da peça, detritos no seu entorno impedindo funcionamento adequado, escorregamento em relação às superfícies de contato, deslocamento da posição de projeto, rotações exageradas provocando concentração de carga em parte de seu corpo e folgas no contato com a superfície dos elementos estruturais. As **Figuras 2 a 7** mostram alguns tipos de anomalias ocasionadas nesses tipos de aparelhos de apoio e as **Figuras 8 e 9** mostram exemplos de outros aparelhos de apoio danificados constituídos por placas de chumbo.



Figura 2 – Aparelho de apoio de elastômero impedido de se movimentar,



Figura 3 – Presença de detritos e concreto no entorno do aparelho de



Figura 41 – Aparelho de apoio com elastômero apresentando rasgos

devido à presença de apoio de elastômero, impedindo o seu adequado funcionamento



Figura 5 – Aparelho de apoio deslocado da posição de projeto, ocasionando concentração de carga somente de um lado



Figura 6 – Falta de aderência entre a viga longitudinal com o aparelho de apoio, provocando o deslizamento entre as interfaces dos materiais



Figura 7 – Rotações exageradas da viga longitudinal, provocando excentricidade no aparelho de apoio, com excesso de concentração de carga somente de um lado



Figura 8 – Aparelho de apoio de placa de chumbo deteriorado e viga apoiada de forma precária



Figura 9 – Aparelho de apoio de placa de chumbo seccionado

3.2 Juntas de dilatação

Juntas de dilatação são separações (fendas) entre partes da estrutura, as quais permitem a movimentação estrutural sem a transmissão de esforços entre os elementos separados, conforme está mostrado na **Figura 10**.

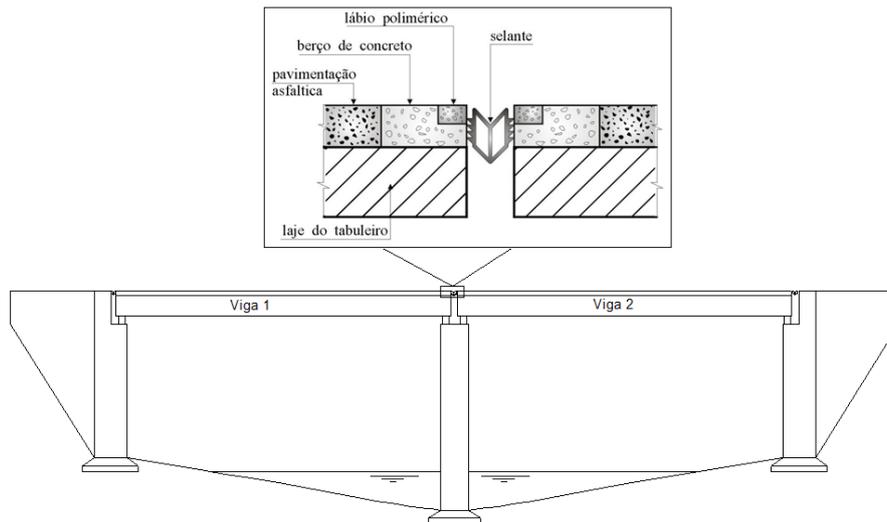


Figura 10 – Vista longitudinal de ponte com 2 tramos isostáticos - Detalhe da região de junta de dilatação com selante em material de elastômero

Os materiais das juntas podem ser de perfil extrudado de elastômero e cantoneira, perfil extrudado de elastômero e lábio polimérico, APJ (juntas asfálticas), monobloco, modular, dentada ou pente e selantes.

As anomalias mais comuns observadas nas juntas de dilatação são: material de elastômero da junta degradado permitindo a infiltração de água, presença de vegetação na fenda de dilatação, lábios poliméricos descolados, danos no berço de concreto de fixação do material de vedação das juntas e fenda de dilatação com detritos, impedindo a livre movimentação do tabuleiro (**Figuras 11 a 19**).



Figura 11 – Presença de vegetação na abertura da junta de dilatação



Figura 12 – Infiltração de água através da junta de dilatação



Figura 13 – Descolamento entre o material elastomérico da junta e o lábio polimérico



Figura 14 – Berço de concreto, da região da junta, danificado e preenchimento asfáltico provisório no local danificado



Figura 15 – Corrosão nas cantoneiras metálicas de proteção das bordas das juntas



Figura 16 – Barreira rígida invadindo a abertura da junta, prejudicando a movimentação e ausência de material de vedação da junta de dilatação



Figura 17 – Barreira rígida (guarda rodas) instalado sobre a junta de dilatação



Figura 18 – Junta de dilatação coberta com asfalto



Figura 19 – Junta de dilatação dentada com desnivelamento, provocando risco de acidente

3.3 Sistemas de drenagem

Conforme Vitório (2002) é importante que as obras de arte possuam sistemas adequados de escoamento da água das superfícies, como a drenagem natural, com inclinações nos sentidos transversais e longitudinais do tabuleiro, utilização de drenos próximos aos guarda-rodas das pistas de rolamento e drenos nas regiões dos passeios (**Figuras 20 a 22**). De acordo com RIPPER (1998) também é importante que sejam previstas pingadeiras nas laterais dessas estruturas, para que a água não se acumule na face inferior das vigas e lajes de extremidade.



Figura 20 – Acúmulo de água na região dos passeios, devido a caimentos inadequados



Figura 21 – Acúmulo de água sobre o tabuleiro devido à ausência de sistema de drenagem e escoamento adequado



Figura 22 – Tubulação de drenagem ineficaz, permitindo o escoamento das águas pela lateral da viga

3.4 Fissuras e trincas

As fissuras podem ser classificadas de duas formas: estáveis - ou passivas - e em movimentação - ou ativas. As fissuras passivas, quando chegam à sua máxima amplitude, estabilizam-se devido ao cessamento da causa que as geraram, como é o caso das fissuras de retração hidráulica ou das provocadas por um recalque diferencial de fundação que esteja estabilizado. As fissuras ativas são produzidas por ações de magnitude variável que provocam deformações também variáveis no concreto. É o caso das fissuras de origem térmica e das de flexão provocadas por ações dinâmicas (VITÓRIO, 2002).

Os tipos de fissuras nas estruturas podem ser de cisalhamento, flexão, tração, torção, podem ser observadas fissuras também nas articulações Gerber em vigas de pontes e viadutos, ocasionadas pelo mau dimensionamento das armaduras horizontais e de suspensão. A infiltração de água através das fissuras provoca a corrosão das armaduras, o que pode levar o dente Gerber à ruptura - **Figura 29**.

Fissuras nos cantos inferiores extremos das vigas ocasionada pela ausência de armadura no canto da viga, região submetida a altas tensões de compressão (VITÓRIO, 2002) – **Figura 30**.

Fissuras provocadas devido aos esforços de protensão nas regiões próximas as ancoragens – **Figura 31**.



Figura 29 – Fissuras inclinadas nos cantos da ligação Gerber



Figura 30 – Fissuras no canto da viga, na região sobre o aparelho de apoio

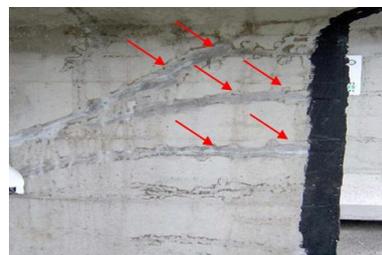


Figura 31 – Fissuras provocadas por protensão

3.5 Corrosões de armaduras do concreto armado e de estruturas metálicas

A maioria das pontes existentes no Brasil foi projetada com as normas técnicas disponíveis das décadas de 60 e 70, época em que não existia uma cultura de manutenção de pontes e viadutos, nem questões que abordassem aspectos de durabilidade das estruturas, como por exemplo, o uso de espessuras mínimas de recobrimento de concreto das armaduras dos elementos estruturais.

Uma vez que a espessura de cobrimento é insuficiente e com o aumento de volume da barra de armação, devido à corrosão, são geradas fissuras paralelas à superfície da peça que tendem a romper o cobrimento de concreto (**Figuras 32 a 34**).

A corrosão das armaduras também pode estar associada a redução do PH do concreto pelo processo de carbonatação, facilitando o ataque das armaduras. A velocidade de carbonatação do concreto depende da temperatura e umidade relativa do ar, porosidade e incidência de fissuras ou lixiviação no concreto e tipo de meio ambiente em que a obra está inserida.



Figura 32 – Destacamento do cobrimento de concreto e armaduras expostas e corroídas em tabuleiro de ponte



Figura 33 – Destacamento do cobrimento de concreto e armaduras expostas e corroídas em tabuleiro de ponte



Figura 34 – Armaduras expostas e corroídas na região do encontro de ponte

Outros tipos de manifestações patológicas podem ser observados também nas estruturas de concreto armado, tais como segregação do concreto, lixiviação, entre outras.

A segregação do concreto consiste na separação dos materiais componentes, por vibração inadequada durante o adensamento, lançamento em alturas elevadas ou erro de detalhamento das armaduras com espaçamentos insuficientes entre as barras, retendo a brita e deixando passar apenas a argamassa, proporcionando o aparecimento de nichos ou bicheiras, afetando a durabilidade e resistência das estruturas de concreto (**Figuras 35 a 37**).



Figura 35 – Falha de concretagem devido ao excesso de armaduras, não permitindo a passagem do concreto na região inferior de viga de ponte



Figura 36 – Vibração inadequada do concreto, proporcionando nichos de concretagem

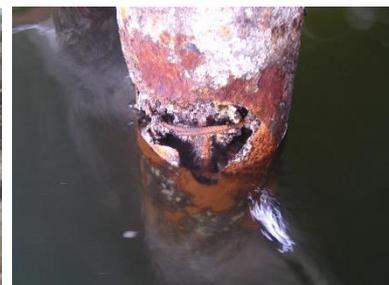


Figura 37 – Estaca metálica preenchida com concreto armado – Note-se corrosão e ruptura no tubo metálico e a presença de falha de concretagem no interior do elemento estrutural

A lixiviação é um processo físico consequente de uma reação química entre a cal hidrata e a presença de fluxo de água na estrutura, ocasionando a dissolução e transporte da cal hidratada (**Figuras 38 e 39**).



Figura 38 – Processo de lixiviação em fissura localizada sob o tabuleiro de ponte



Figura 39 – Detalhe da lixiviação mostrada na Figura 38

3.6 Danos nos pavimentos

As **Figuras 40 a 42** mostram alguns tipos de anomalias nos pavimentos rígidos e flexíveis de pontes, como pavimento de concreto e de asfalto danificados, apresentando fissuras, rachaduras e partes soltas.



Figura 40 – Pavimento rígido de concreto danificado, apresentando fissuras.



Figura 41 – Partes soltas do pavimento de concreto.



Figura 42 – Pavimento asfáltico de ponte danificado, apresentando fissuração e locais com partes soltas.

3.7 Danos em barreiras rígidas e guarda corpos

As barreiras rígidas devem possuir funcionalidade principal em manter a segurança dos veículos que transitam sobre a ponte, impedindo que estes sejam arremessados para fora das pontes e que, em caso de colisão, minimizem os riscos de danos às pessoas no interior dos veículos. Devem

possuir resistência a choques de veículos, sem provocar a desaceleração brusca em caso de colisão e possibilitando o redirecionamento destes veículos para as suas faixas de rolamento, de maneira que não provoquem o risco de capotamento. As **Figuras 43 a 45** mostram alguns tipos de anomalias em barreiras rígidas.



Figura 43 – Barreira rígida com destacamento de concreto nos locais com armaduras corroídas.



Figura 44 – Proteção lateral de concreto armado com danos no cobrimento de concreto.



Figura 45 – Trecho de ponte sem proteção lateral devido a uma provável colisão de veículo.

4 A importância das manutenções na melhoria da vida útil das obras de arte especiais

As manutenções em obras de arte especiais são trabalhos destinados à preservação do patrimônio, visando manter e prolongar os aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade das obras, retardando as anomalias que venham a surgir e tratando as que se desenvolvem ao longo da vida útil das estruturas.

A garantia de maior vida útil, com satisfatório desempenho funcional e estrutural, depende basicamente de uma adequada manutenção ao longo do tempo. Essa manutenção, tanto preventiva como corretiva, deverá fazer parte de um processo amplo de gestão das rodovias com suas respectivas obras de arte, compreendendo vistorias periódicas que visem identificar as falhas estruturais porventura existentes, diagnosticando-as e, em seguida, definindo as ações de recuperação, caso necessário (VITÓRIO, 2002).

Na Figura 46, é apresentado um gráfico que representa as atividades de manutenção em relação à vida útil da estrutura. O eixo da abscissa indica o tempo desde o início da construção (t_0) até a vida útil prolongada da estrutura, promovida por intervenções benéficas realizadas ao longo do tempo (T_L^3). O eixo da ordenada indica a capacidade resistente, sob os aspectos de durabilidade, segurança e resistência (R), e as solicitações (S), são as ações atuantes na estrutura.

A partir do tempo (t_0) a curva $R(t)$ apresenta o comportamento referente à perda de capacidade resistente da estrutura com o passar dos anos e a curva $S(t)$ as solicitações aplicadas na estrutura ao longo do tempo (ESPAÑA, 2011).

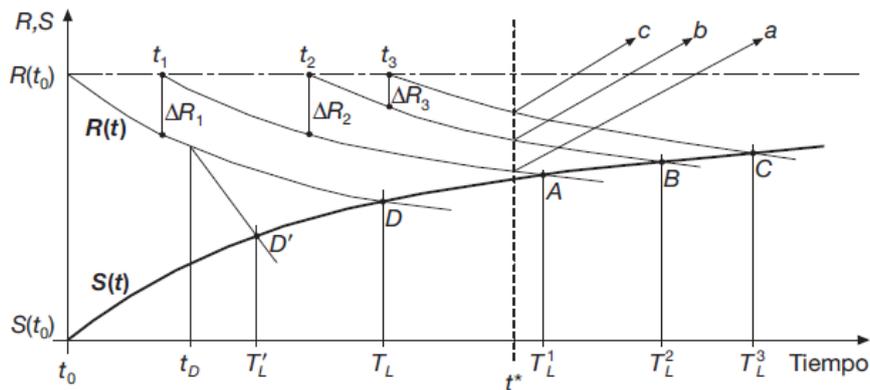


Figura 46 -2 Gráfico representando as atividades de manutenção pelo prolongamento do tempo de vida útil da estrutura

Fonte: ESPAÑA, 2011

O ponto (D) representa o tempo de vida útil da estrutura sem que tenham sido realizadas atividades de manutenção durante todo o período de vida útil da obra. Nota-se que a curva $S(t)$ é crescente, devido ao acréscimo das solicitações, como o aumento do tráfego de veículos e incrementos de carga devido a atividades realizadas sobre o tabuleiro das OAE's (recapeamentos do pavimento sem a remoção dos pavimentos degradados, etc.). A curva $R(t)$ é decrescente, indicando a perda de capacidade resistente da estrutura com o passar dos anos, devido à degradação da estrutura por ações do meio ambiente e por ausência de manutenções adequadas (ESPAÑA, 2011).

O ponto (D') indica uma situação indesejada, em que o tempo de vida útil da estrutura não é atingido, por falta de manutenção associada a perda de capacidade resistente prematura da estrutura com a degradações dos elementos estruturais.

Os pontos A, B e C indicam os limites em que a obra apresenta segurança estrutural [momento em que as curvas $R(t)$ e $S(t)$ se interceptam]. Observa-se que nos três casos o tempo de vida da estrutura foi prolongado, devido às intervenções realizadas pelas manutenções, em $\Delta R1$; $\Delta R2$ e $\Delta R3$ (ESPAÑA, 2011).

Verifica-se, no gráfico mostrado na Figura 46, que as intervenções realizadas pelas atividades de manutenção ($\Delta R1$; $\Delta R2$ e $\Delta R3$) contribuem para um maior tempo de vida útil da estrutura (T_L^1 ; T_L^2 ; e T_L^3), se comparado com a mesma estrutura sem a realização das atividades de manutenção T_L (ESPAÑA, 2011).

A **Figura 47** mostra um exemplo da realização de manutenções em uma ponte, imaginemos que R1 representa uma manutenção decorrente de ações de tratamento de corrosão inicial em armaduras das vigas longitudinais da superestrutura e melhoria do sistema de drenagem. Essa corrosão era provocada pela drenagem inadequada da tubulação de captação de águas pluviais da região dos passeios que despejavam as águas nas laterais das vigas, provocando a aceleração do processo de corrosão das armaduras. Com esta intervenção, houve um prolongamento da vida útil da estrutura em $t1$.

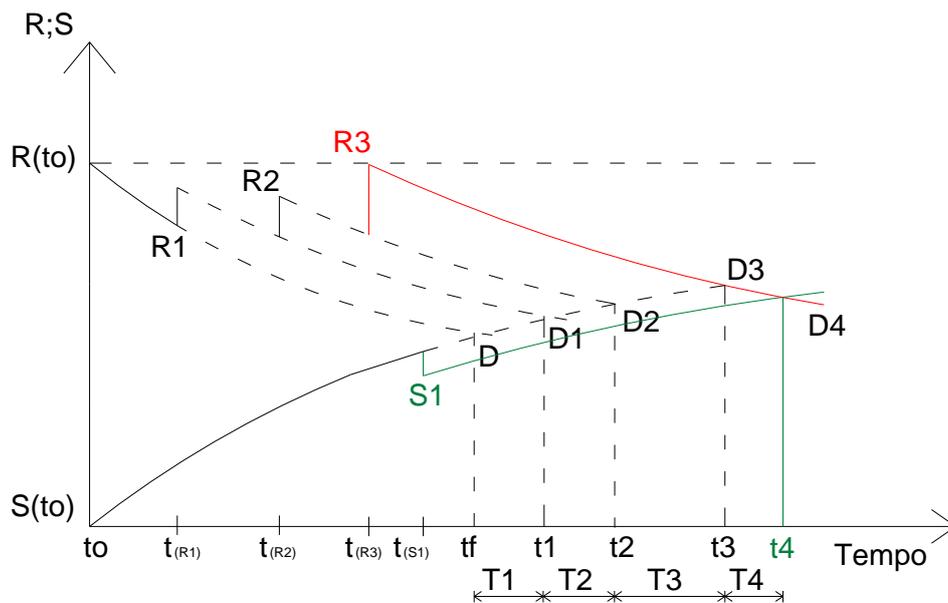


Figura 47 –3 Exemplo de Gráfico representando as atividades de manutenção pelo prolongamento do tempo de vida útil da estrutura

Em continuidade aos trabalhos de manutenção apresentados na **Figura 47**, a intervenção R2 representada a desobstrução dos aparelhos de apoio e avaliação da substituição dos mesmos por aparelhos novos. Sua substituição e/ou desobstrução permite que o funcionamento adequado da obra, eliminando solicitações não previstas em projeto, prolongando o tempo de vida útil da estrutura em t2 (T1+T2).

Ainda na **Figura 47**, a manutenção R3 consistiu no reparo e instalação dos selantes das juntas de dilatação, melhorando o aspecto funcional e de durabilidade, proporcionando suavidade de rolamento e preservando os materiais contra o contato com a água e detritos, postergando a vida útil da estrutura para o tempo t3 (T1+T2+T3).

Outro tipo de manutenção que pode ser realizado, que irá contribuir nas questões relacionadas à sobrecarga é a remoção da camada de asfalto antigo e posterior recapeamento, que seria a ação S1 na **Figura 47**, contribuindo para o tempo t4 (T1+T2+T3+T4).

5 Conclusões

As manutenções proporcionam um aumento na vida útil da estrutura e, para que sejam eficazes e viáveis sob os aspectos financeiros, estruturais, funcionais e de durabilidade, é necessária uma gestão de atividades de inspeção e manutenção com procedimentos de inspeções sistemáticos, previstos por toda a vida útil da estrutura, com início a partir da sua fase de construção, identificando o real estado das obras, analisando e diagnosticando as suas condições, de modo que se planeje e priorize as intervenções efetivamente necessárias permitindo a elaboração orçamentos realistas.

Este artigo trouxe diversos instrumentos normativos, exemplos de anomalias comumente observadas nas OAE's e a importância das atividades de manutenção correlacionadas com o aumento da vida útil das estruturas, que visam corroborar na cultura de inspeção e manutenção de pontes e viadutos, mostrando que essas atividades são importantes para o desenvolvimento socioeconômico e manutenção da sustentabilidade do país.

6 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações: Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projetos de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: Vistorias de pontes, viadutos e passarelas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 48 p.

BRASIL. Ministérios dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministérios dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/709_manual_de_inspecao_de_pontes_rodoviarias.pdf> Acesso em: 09 mai. 2019.

ESPAÑA. Ministerio de Fomento. **EHE-08**: Instrucción de Hormigon Estructural. Madrid: Centro de Publicações, 5. ed., 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Norma de inspeção predial nacional**. São Paulo: IBAPE, 2012.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1.ed. São Paulo: Pini, 1998.

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão**. Recife: CREA-PE, 2002.



SDS Edifício Eldorado, salas 106/109

CEP 70392-901 – Brasília/DF

Tel.: (61) 3225-2288

secretaria@fne.org.br

www.fne.org.br

 /FNEngenheiros

 /FNESind

 /fnengenheiros

Apoio:

