

Verificação da corrosão e de outras patologias em pontes metálicas

Inspection of corrosion and other pathologies in metallic bridges

**Líbia da Costa Lourenço¹, Mychael Vinícius da Costa Lourenço²,
Luiz Carlos Mendes³**

¹*Engenheira Civil, M.Sc., Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ*

e-mail: libia@vm.uff.br

²*Graduando em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ*

email: mychael@ufrj.br

³*Professor Associado, D.Sc., Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ*

RESUMO: A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material metálico e armaduras do concreto armado, tais como o desgaste, variações químicas, modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso dentro da estrutura. Estas incidências, quando associadas ao uso incorreto das estruturas e à falta de manutenção periódica, resultam em resistências bem menores nos elementos do que as que foram calculadas, o que compromete a vida útil da estrutura. Nesse contexto, o artigo propõe verificações a serem feitas durante um processo de inspeção em pontes metálicas de modo a obter um diagnóstico mais preciso das patologias da estrutura analisada.

ABSTRACT: The deterioration caused by physical-chemical interaction between the material and its operating environment constitutes undesirable harmful alterations suffered by the metallic material and rebars in reinforced concrete, such as wear, chemical and structural changes, making it unsuitable for use within the framework. These impacts, when associated with the misuse of structures and the lack of regular maintenance, result in much smaller resistances than those calculated, which undermines the service life of the structure. In this context, the paper proposes verifications to be made during an inspection process in metallic bridges in order to obtain a more precise diagnosis of the analyzed structure.

1. INTRODUÇÃO

No século XVIII, a Revolução Industrial na Inglaterra viria trazer grandes novidades para a engenharia de pontes. A principal inovação foi a inserção de estruturas metálicas na construção. Os metais constituíram a base da Revolução Industrial inglesa, devido à grande ocorrência natural de minérios nas regiões central e norte da ilha da Grã-Bretanha.

Inicialmente, utilizou-se o ferro forjado como matéria-prima para a construção de pontes. A primeira ponte metálica foi inaugurada em 1779 no distrito de Shropshire, oeste da Inglaterra. A Iron Bridge, como ficou conhecida, foi construída totalmente em ferro pela equipe do *ironmaster* Abraham III e levou quatro anos para ser finalizada. Atualmente, a ponte se encontra

desativada para veículos e cargas, recebendo apenas visitação turística.

Com a difusão da Revolução Industrial pela Europa continental no século XIX, vários países começaram a utilizar estruturas metálicas em suas obras públicas. Em 1857, foi inaugurada a primeira ponte metálica ferroviária da Alemanha, a ponte Werchsel. Já em 1887, concluiu-se a primeira ponte metálica de Portugal, a ponte Pia Maria, que apresenta um arco treliçado de ferro fundido, projetado por Gustave Eiffel.

A partir de meados do século XIX, as colônias britânicas e os EUA começaram a apresentar construções de grande porte baseadas em estruturas metálicas. Na Índia e na Austrália, muitas pontes e ferrovias foram construídas em ferro fundido. Nos EUA, a construção com estruturas metálicas se deu de modo bastante rápido, tanto que em 1883, inaugurou-se a famosa

Brooklyn Bridge, a primeira ponte de grande porte construída em aço nos EUA.

Em 1884, foi finalizada a construção do Viaduc du Garabit, ponte ferroviária em arco sobre o Rio Truyère, na França. Também projetada por Gustave Eiffel, a ponte foi um aperfeiçoamento do modelo da Pia Maria, concluída alguns anos antes em Portugal. O Viaduc du Garabit se tornou o resultado de um projeto bastante pretensioso, pois apresentava o maior vão em ponte do mundo, além de estar a impressionantes 122m de altura em relação ao fundo do vale.

Atualmente, a tecnologia de pontes se mostra bastante avançada e eficiente. No entanto, é possível observar que muitas pontes construídas ao longo de mais de dois séculos da indústria metalúrgica sofrem com problemas patológicos e não possuem um programa adequado de manutenção. Nesse contexto, é importante destacar os processos patogênicos e sistematizar os procedimentos de inspeção. Contribuindo nesse sentido, este trabalho apresenta importantes verificações a serem feitas em pontes metálicas com a finalidade de se entender melhor a condição estrutural da construção analisada.

2. O PROCESSO CORROSIVO EM PONTES METÁLICAS

As causas mais importantes da corrosão em pontes metálicas (Figura 1) são a atmosfera – principalmente a presença de poeira – a variação da umidade do próprio meio ambiente e os gases corrosivos, como gás carbônico (CO_2), anidrido sulfuroso (SO_2), anidrido sulfúrico (SO_3), gás sulfídrico (H_2S), amônia (NH_3) e trióxido de nitrogênio (N_2O_3). Além da existência de vazamentos ou infiltrações, são fatores de risco para a ocorrência de corrosão: a idade avançada da estrutura, a falta de proteção ou proteção inadequada, a presença de ferrobactérias e a aeração diferencial (Brinck, 2004 [1]).

Todos os metais estão sujeitos ao ataque corrosivo, se o meio for suficientemente agressivo. Segundo Gentil (2003) [2], materiais considerados bastante resistentes à corrosão podem ser facilmente corroídos quando se usa um meio corrosivo específico. Deste modo, para se afirmar da possibilidade do emprego do material deve-se fazer um estudo do conjunto: material metálico, meio corrosivo e condições operacionais (Dias, 1998 [3]).

Os processos de corrosão são considerados reações químicas heterogêneas, ou reações eletroquímicas, que se passam geralmente na superfície de separação entre o metal e o meio corrosivo (Gentil, 2003 [2]; Doyle et al., 1962 [4]).



Figura 1 – Corrosão na estrutura de ponte metálica no interior da Bahia, Brasil.

Segundo Pannoni (2004) [5], o mecanismo de ataque se relaciona à alteração localizada do meio onde a estrutura se encontra. Na primeira etapa, denominada incubação, verifica-se o consumo do agente oxidante dentro da fresta através da reação catódica. A renovação do agente oxidante depende da difusão do agente em um meio confinado, o que praticamente impossibilita a reposição do mesmo. A reação anódica prossegue, pois os elétrons gerados nesta região são consumidos no processo catódico que acontece do lado externo, ventilado, da fresta. Ocorre um acúmulo de produtos de corrosão sob a forma de cátions metálicos dentro da região confinada da fresta. Esta etapa pode acontecer sem dano aparente da estrutura (Castro, 1999 [6]).

3. VERIFICAÇÕES DURANTE PROCESSO DE INSPEÇÃO DE PONTES METÁLICAS

Considerando a abrangência do processo de deterioração das estruturas metálicas, é importante que certas verificações sejam feitas durante o processo de inspeção de obras-de-arte especiais metálicas. A seguir, são listadas verificações necessárias a uma correta determinação do estado patológico de uma ponte metálica.

3.1 Fundações, blocos e pilares

Devem ser levantados possíveis indícios de avarias causadas por choque de embarcações e veículos que, se verificados, deverão ser identificados. Cabe também observar a ocorrência de assoreamento, estado de erosão, recalque (Lourenço, 2007 [7]), situação da cabeça das fundações e a possível existência de proteções ou qualquer forma de movimentação junto às fundações, tais como variação do nível de água, velocidade da água, material sólido transportado, a possível presença de galhos de árvores etc. Os materiais presos em fundações, provocando obstrução ao curso de água e elementos agressivos aos materiais da estrutura, devem ser cuidadosamente analisados, assim como a possível necessidade da realização de algum ensaio especial. O alinhamento e prumo dos pilares, a manutenção e a condição geral da estrutura também devem ser avaliados.

3.2 Aparelhos de Apoio

Identificar o tipo de aparelho e possíveis deficiências (fissuras, rasgos, trincas, ressecamento das almofadas de neoprene e corrosão do aço). Devem ser cuidadosamente avaliados o posicionamento, a estrutura de apoio, o alinhamento, a horizontalidade e possíveis movimentações relativas das faces de assentamento e dos aparelhos (Figura 2). Deve ser feita uma avaliação da distribuição da carga nos apoios, a inspeção de possíveis sinais de fissuração na cabeça dos pilares, nas proximidades da junção entre as almofadas de neoprene e nos laminados de aço além dos contatos da superestrutura. Verificar também o possível esmagamento ou travamento das almofadas de neoprene por diferentes motivos, defeitos na execução ou falta de manutenção. No caso de apoios elastoméricos, devem ser verificadas possíveis diferenças da espessura entre as partes dianteira e traseira dos mesmos e se há evidências de rotação excessiva. Por fim, deve ser observada a funcionalidade do aparelho, a sua lubrificação e a liberdade de apoio dos movimentos, assim como a possível existência de folgas, vibrações das porcas e parafusos e a existência de infiltração (Dias, 1998 [3]).

3.3 Encontros

Deve ser verificada a presença de água, quer seja por represamento, mudança no direcionamento do curso ou significativas variações no nível. Devem ser avaliados os taludes e sua conformidade, as saias dos aterros de acesso e a ocorrência de empuxos não previstos sobre o encontro e possíveis recalques, desalinhamentos e falta de prumo (Oliveira, 2002 [8]).



Figura 2 – Aparelho de apoio danificado por processo corrosivo em ponte no interior da Bahia, Brasil.

3.4 Superestrutura

Cabe verificar o funcionamento adequado dos contraventamentos, impedindo instabilidade e deformações nas peças por eles contraventadas, a presença de elementos agressivos ao aço e detalhes importantes sobre as condições gerais da estrutura (limpeza, sistema de proteção, estágio de deterioração, acúmulos de água causados por vazamentos e por condensação que possa causar corrosão em ambientes fechados, os meios de ventilação desses elementos fechados e o nível de trepidação e ruídos da obra-de-arte). A pista de rolamento deve ser cuidadosamente observada, denotando-se falhas e irregularidades tais como desníveis, descontinuidades, rachaduras e trincas (Figura 3). Deve ser avaliado e mapeado o estado de corrosão da estrutura (Figura 4) e suas causas prováveis, assim como a presença de fraturas, fissuras ou trincas, as condições (uniformidade, irregularidade, desalinhamento, desgaste, fissuras, deformação excessiva e processo de corrosão) dos elementos de ligação (parafusados ou rebitados e

soldas) e superfícies de contato. Caso haja suspeição sobre a qualidade das ligações soldadas, pode-se executar ensaio não-destrutivo (ex: líquido penetrante) e, em situações especiais, outros testes mais sofisticados devem ser requeridos. No caso de ligações parafusadas, verificar porcas, contraporcas, arruelas e se o aperto dos parafusos está conferindo rigidez suficiente para evitar vibrações excessivas quando ocorrer passagem de veículos.



Figura 3 - Descontinuidade na pista de ponte no interior da Bahia, Brasil.



Figura 4 - Corrosão em elementos da superestrutura de ponte no interior da Bahia, Brasil.

3.5 Acessórios

Quanto aos acessórios, as verificações devem abranger juntas de dilatação, guarda-corpos, drenagem, presença de obstáculos (fôrma, brita etc.) que impeçam a movimentação da junta, ocorrência de afrouxamento ou deslocamento de algum dos componentes, a infiltração e qualquer irregularidade no perfil vertical da junta devem ser cuidadosamente levantados. Os guarda-corpos devem ser avaliados quanto ao alinhamento e prumo e os mecanismos de deterioração instaurados tais como: corrosão, pintura de proteção e suas condições gerais de fixação à superestrutura (chumbadores, arruelas, porcas, contraporcas e soldas). Quanto à drenagem, deve ser observada a existência de possíveis obstáculos que dificultem o escoamento das águas pluviais nas canaletas, tais como fôrmas, brita, etc. Cabe notar se faltam tubos de saída de água ou se existem anomalias nos mesmos. É importante observar o estado das canaletas e pingadeiras, sua funcionalidade e possíveis vazamentos para a estrutura. Por fim, recomenda-se também que se verifique se a drenagem compromete qualquer outra estrutura ou provoca erosão nos taludes dos encontros.

4. CONCLUSÕES

Usualmente, o grande problema em estruturas metálicas não é estrutural, mas de manutenção. Apenas num segundo momento, onde problemas desencadeados pela ausência de uma manutenção preventiva, o problema culmina para o aspecto de segurança estrutural. A manutenção e prevenção são sempre pontos fundamentais na busca por uma maior durabilidade em OAE's (obras de arte especiais).

Trabalhos de levantamento de incidências patológicas em estruturas metálicas, através de inspeções rotineiras, podem ser considerados como a base de uma metodologia racional e analítica de se encarar os problemas de durabilidade, vida útil, manutenção e gerenciamento de obras. Através da sistematização dos processos de obtenção e construção de um banco de dados referentes às estruturas, pode-se criar um sistema de gerenciamento com o objetivo de conhecer o real estado da obra, analisar e diagnosticar as suas condições, planejar e priorizar as intervenções, elaborar orçamentos mais próximos da realidade,

além de ter informações gerais que garantam a tomada de decisões adequadas.

Esforços devem ser feitos no sentido de concretizar os conceitos atuais de durabilidade, vida útil e patologia das estruturas metálicas, tanto no meio técnico quanto no acadêmico. Muitas são as incidências patológicas que podem ser evitadas, caso fossem aplicados antecipadamente os conhecimentos prévios sobre as suas causas. Desta maneira, nas fases de concepção, projeto e execução, poderiam ser tomadas as medidas cabíveis de prevenção.

REFERÊNCIAS

1. Brinck, F. M. *Efeito da corrosão na integridade estrutural da ponte metálica Marechal Hermes*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, 2004.
2. Gentil, V. *Corrosão*. Ed. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 3ª ed., 2003.
3. Dias, L. A. M. *Estruturas de aço - conceitos, técnicas e linguagem*. Zigurate Editora, São Paulo, 1998.
4. Doyle, L. E.; Morris, J. L.; Leach, J. L.; Schrader, G. F. *Manufacturing processes and materials for engineers*. Ed. Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1962.
5. Pannoni, F. D. *Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndios*. Gerdau Açominas, São Paulo, 2ª ed., 2004.
6. Castro, E. M. C. *Patologia dos edifícios em estruturas metálicas*. Ouro Preto. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, 1999.
7. Lourenço, L. C. *Análise da corrosão em estruturas de pontes metálicas e de concreto armado*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, UFF, Niterói, 2007.
8. Oliveira, E. M. R. *Metodologia de caracterização de patologias em obras-de-arte especiais*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico, UFF, Niterói, 2002.