

MODELOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

DOMINGUES, Gabriela Becker ^{1*}; PARCHEN, Carlos Frederico Alice ².

¹ UFPR, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Campus Politécnico, Avenida Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Curitiba, PR, Brasil.

² UFPR, Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Campus Politécnico, Avenida Cel. Francisco H. dos Santos, 100, Curitiba, PR, Brasil.

*Autor Correspondente: gabrielabdomingues@gmail.com.

RESUMO

Pontes e viadutos são obras de infraestrutura de grande importância na facilitação do desenvolvimento social e econômico do território, sendo fundamental uma adequada gestão destas estruturas. Assim, sistemas de gerenciamentos dedicados a estas obras são estudados e desenvolvidos em diversos países, e parte essencial destes sistemas são os modelos empregues para avaliação das obras. Neste contexto, o presente trabalho buscou investigar quais são os modelos existentes de avaliação das condições de conservação de pontes e viadutos. Para tal viabilizar estudo foi realizada pesquisa bibliográfica sistematizada. Foram estudados 16 modelos de avaliação de diferentes países, de modo que 4 destes se destacaram por apresentarem abordagem inovadora, considerando na sua avaliação aspectos não explorados nos demais modelos. O enfoque dado pelos modelos que se destacaram permite uma avaliação mais ampla e completa das obras, o que é extremamente positivo para o processo de tomada de decisão sobre as atividades de reparo e manutenção a serem realizadas, e de destinação de recursos financeiros.

Palavras chave: Pontes, Viadutos, Avaliação, Gestão, Inspeção.

EVALUATION MODELS OF BRIDGES AND VIADUCTS CONSERVATION CONDITIONS

ABSTRACT

Bridges and viaducts have great importance in facilitating the social and economic development of the territory, being essential an adequate management of these structures. Thus, management systems concerning these issues are studied and developed in several

countries, and the models used to evaluate the constructions are essential to these systems. In this context, the present work aimed to investigate which are the existing bridges and viaducts evaluation models. To make this study feasible, a systematized bibliographical research was carried out. Sixteen evaluation models from different countries were studied, so that 4 of them stood out because of their innovative approach, considering some evaluation aspects not explored in the other models. The focus given by the outstanding models allows a more complete evaluation, which is extremely positive for the decision-making process on repair and maintenance activities, and for the allocation of financial resources.

Keywords: Bridges, Viaducts, Evaluation, Management, Inspection.

1 INTRODUÇÃO

Pontes e viadutos são obras de infraestrutura viária de suma importância para o desenvolvimento social e econômico do território, uma vez que permitem a transposição de obstáculos permitindo e facilitando o trânsito de usuários. A necessidade de uma adequada gestão destas obras, assegurando a realização de inspeções periódicas e de manutenção sempre que necessário, é acentuada em países com grande dependência dos modais rodoviário e ferroviário, como é o caso do Brasil.

Projetados para ter uma vida útil que varia entre 50 a 100 anos, pontes e viadutos são construções sujeitas a mudanças substanciais durante seu funcionamento, principalmente relacionadas às cargas e processos de deterioração a que são submetidas. Segundo Minchin et al. (2006) esta problemática afeta até mesmo países desenvolvidos, como os Estados Unidos, onde a solução encontrada foi investir no desenvolvimento de sistemas de gerenciamento destas obras. Em países subdesenvolvidos esta solução também se mostra uma boa alternativa, tanto sob o ponto de vista técnico quanto financeiro. Tecnicamente é uma medida que se destaca por atuar na raiz do problema, organizando e padronizando o procedimento de gestão; financeiramente é vantajosa por ser um investimento que reflete tanto nas obras já existentes, quanto nas que serão construídas.

O principal produto de um sistema de gerenciamento de pontes (SGP) é a definição das obras com prioridade de reparo, através do uso de modelos numéricos que avaliam a condição de conservação das obras (GHOLAMI; SAM; YATIM, 2013). Neste contexto, é fundamental o desenvolvimento de modelos de avaliação que enriqueçam este processo de análise, através de abordagens inovadoras que contemplem os diferentes aspectos que influenciam o desempenho destas obras, proporcionando uma análise mais completa e condizente com a realidade.

O presente estudo busca investigar, através de pesquisa bibliográfica, quais são e como funcionam os modelos de avaliação de pontes e viadutos utilizados atualmente em diferentes locais.

2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Um SGP é uma ferramenta que visa auxiliar as agências responsáveis pela gestão de pontes, tendo como principal objetivo proporcionar a escolha ótima para investimento e realização de melhorias nas obras da rede viária (SALEH; MANSOUR; ABBAS, 2013). Por escolha ótima entende-se o equilíbrio entre o alcance do máximo desempenho possível para a rede viária com um despendimento mínimo de recursos financeiros (RENS; NOGUEIRA; TRANSUE, 2005). Cada local exige um sistema que esteja em consonância com a sua realidade, uma vez que a escolha ótima deve estar alinhada, entre outros fatores, com as políticas da agência, seus objetivos de longo prazo e suas restrições orçamentárias (PELLEGRINO; PIPINATO; MODENA, 2011).

Assim, este tipo de ferramenta fornece subsídios para o planejamento das atividades de manutenção, reparo e reabilitação das OAEs; otimização da alocação de recursos financeiros; e, principalmente, garantia da segurança dos usuários (GHOLAMI; SAM; YATIM, 2013). A principal fonte de dados para alimentação desses sistemas é a inspeção *in loco* das obras, que deve ser um procedimento sistematizado de coleta de informações, visando registrar o estado de conservação das construções.

De modo geral existem três etapas fundamentais em SGPs: avaliação das condições da obra; previsão do comportamento futuro de deterioração; e por fim a tomada de decisão sobre ações de manutenção e reparo (SAFI et al., 2013). Parte inicial deste processo de gestão, o modelo de avaliação das condições da obra define quais são as informações e como devem ser coletadas durante o procedimento de inspeção, e principalmente, como esses dados serão representados numericamente e relacionados matematicamente. Através destes modelos é possível, entre outras coisas, estabelecer um ranking segundo o grau de deterioração das obras e determinar quais tem prioridade de reparo.

2.2 METODOLOGIA

Para desenvolvimento do presente estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica

sobre sistemas de gerenciamento de pontes e viadutos, assunto difundido na literatura técnica internacional como *bridge management system (BMS)*. Para orientar a execução da pesquisa, foram utilizados procedimentos comuns aos métodos de revisão sistemática da literatura, que estão apresentados e foram realizados conforme exposto no quadro 1.

Quadro 1- Resultados do procedimento de revisão sistemática da literatura sobre SGPs.

PROCEDIMENTO DE PESQUISA	RESULTADO
1. Definição do assunto objeto de estudo	Sistemas de gestão de pontes
2. Definição das bases de dados	Taylor & Francis Online; ASCE Library; Institution of Civil Engineers; Science Direct; Scielo
3. Definição do termo de busca	Bridge management system
4. Teste e validação do protocolo de busca	O termo de busca foi consultado nas bases de dados e julgou-se satisfatório os resultados obtidos
5. Busca primária nas bases de dados através do termo de busca	Número de resultados retornados em cada base de dados: Taylor & Francis Online: 116.767 trabalhos ASCE Library: 17.831 trabalhos Institution of Civil Engineers: 7.576 trabalhos Science direct: 129.039 trabalhos Scielo: 7 trabalhos
6. Aplicação de restrições e filtros na busca	Seleção de estudos que figuravam entre as 100 publicações mais influentes do periódico.
7. Seleção de material	Taylor & Francis Online: 23 artigos ASCE Library: 25 artigos Institution of Civil Engineers: 17 artigos Science direct: 15 artigos Scielo: 3 artigos TOTAL: 83 artigos
8. Análise do material selecionado	Trabalhos relevantes para o estudo: 46
9. Extração de dados e informações relevantes para a pesquisa	Resultado apresentado no item 2.3 deste artigo.

Fonte: Os autores (2018)

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do processo de revisão bibliográfica foi possível estudar dezesseis modelos de avaliação de pontes e viadutos, de diferentes países, entre os quais quatro se destacaram por terem abordagens diferenciadas e são apresentados com maior detalhamento neste trabalho.

Nos Estados Unidos o principal SGP é o PONTIS, desenvolvido pela agência norte-americana de Administração de Rodovias Federais (Federal Highway Administration – FHWA), no início da década de 1990. Este sistema, devido ao fato de ser personalizável, também é adaptado e empregue em outros países (MINCHIN et al., 2006). Outro sistema

desenvolvido nos EUA, em 1985, precursor do sistema PONTIS, é o BRIDGIT. Alguns estados norte-americanos optaram por desenvolver seus próprios sistemas de gestão, como é o caso da Pensilvânia, que utiliza o PennDOT, da Carolina do Norte, e de Indiana.

Na Holanda é utilizado um sistema de gerenciamento de manutenção de infraestrutura chamado TISBO, desenvolvido pelo governo holandês (PELLEGRINO; PIPINATO; MODENA, 2011). Na Irlanda o SGP utilizado era o DANBRO, porém em 2001 este foi modificado e passou a se chamar EIRSPAN (COLLINS; BREEN, 2006). Na Suíça tem-se o uso do sistema intitulado KUBA (ROELFSTRA et al, 2004); na Suécia o sistema é o BaTMan (SAFI et al., 2013); na Croácia é o HRMOS (RADIĆ; BLEIZIFFER; TKALČIĆ, 2005); na França é o IQOA (ORCESI; CREMONA, 2009); em Moscou é utilizada uma adaptação do PONTIS (PONOMAREV et al., 2006); e na Colômbia o sistema é o SIPUCOL (MUÑOZ; GÓMEZ, 2013).

De modo geral, nos sistemas supracitados a metodologia empregue para avaliação das obras considera um modelo padrão de ponte, composto tanto por elementos estruturais como laje, viga, pilar, fundação e muros de contenção, quanto por elementos funcionais como pavimento, passeio para pedestres, barreiras, aterros e aparelhos de apoio. Cada um destes componentes é classificado segundo seu estado de conservação em uma das 6 categorias apresentadas na tabela 1.

Tabela 1- Categorias de classificação do estado de conservação dos elementos.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
0	Sem dano ou dano insignificante
1	Dano pequeno, que necessita reparo apenas na manutenção rotineira
2	Dano existente, não comprometendo o funcionamento do elemento, porém devendo ser reparado quando possível
3	Dano significativo, necessitando reparo rápido
4	Dano grave, necessitando reparo imediato
5	Dano gravíssimo, com falha de elemento estrutural; é necessário reparo emergencial, com interdição da obra ou limitação severa de carga

Fonte: Adaptado de Collins e Breen (2006).

2.3.1 Modelo de Rashidi, Samali e Sharafi

Rashidi, Samali e Sharafi (2015) propuseram um modelo de avaliação adequado à realidade das pontes e viadutos situados na Austrália, onde as informações obtidas na

inspeção de campo são integradas em um índice de prioridade (IP), conforme apresentado na equação 1 (AMINI; NIKRAZ; FATHIZADEH, 2015).

$$IP=0.6(SE)+0,2(FE)+0,2(CIF) \quad (1)$$

Onde:

SE - representa a eficiência estrutural, obtida através da equação 2;

FE - representa a eficiência funcional;

CIF - é o fator de impacto do cliente, que reflete a importância da obra para os usuários.

A eficiência estrutural é obtida considerando o tipo de material que constitui o elemento, a sua importância estrutural e a sua condição de conservação; o tempo de serviço da obra, a agressividade ambiental do local, a classe da estrada, e a qualidade da inspeção realizada. A eficiência funcional, por sua vez, é função da capacidade de carga da estrutura, do gabarito vertical inferior e da largura da obra, das características das barreiras de segurança e do sistema de drenagem

2.3.2 Modelo de Pellegrino, Pipinato e Modena (2011)

Pellegrino, Pipinato e Modena (2011) propuseram um modelo de avaliação adequado à realidade das obras localizadas na Itália. As obras são analisadas segundo um índice que avalia a suficiência de cada elemento em particular (equação 2), e a avaliação geral da obra é dada pela somatória da avaliação de cada elemento.

$$ESR=CF \times LF \times RT \times TI \times NBI \times AF \quad (2)$$

Onde:

CF – fator de condição de conservação do elemento, valor que varia de 1 a 10, sendo maior quanto menos danos o elemento apresentar;

LF – fator de localização dos danos, relacionado à importância do elemento, valor que varia de 5 a 10, sendo maior quanto menos significativo estruturalmente for o elemento;

RT – fator relacionado ao tipo de estrada a qual a obra pertence, valor que varia de 0,80 a 1,00, sendo menor quanto mais importante for a estrada;

TI – índice de tráfego da estrada, valor que varia de 0,90 a 1,00, sendo menor quanto maior for o volume de tráfego;

NBI – fator que reflete a importância da obra na rede viária, valor que varia de 0,96 a 1,00, sendo menor quanto mais importante for a obra (a sua inoperância implica em grandes

desvios);

AF – fator que representa a idade da obra, valor que varia de 0,97 a 1,00, sendo menor quanto mais antiga for a estrutura.

2.3.3 Modelo de Valenzuela et al. (2010)

Valenzuela et al. (2010) propuseram um índice de avaliação de OAEs adequado à realidade chilena, que é composto por parâmetros que refletem a importância estratégica da obra (SI), a sua vulnerabilidade hidráulica (HV), o seu risco sísmico (SR), e a condição de conservação dos elementos (BCI), conforme a equação 3. Os pesos que ponderam cada parâmetro dentro da equação foram calibrados através de inspeções visuais, pesquisas com especialistas e análises de regressão (AMINI; NIKRAZ; FATHIZADEH, 2015).

$$BI = -1,411 + 1,299(BCI) + 0,754(HV) + 0,458(SR) - 0,387(SI) \quad (3)$$

Onde:

BCI – indica a condição de conservação dos elementos, e considera a importância estrutural do elemento, o material do qual é constituído, e os danos que apresenta, podendo o seu valor variar de 1 a 100;

HV – indica a vulnerabilidade hidráulica da obra, e o seu valor varia de 1 a 5, sendo menor quanto maior for a probabilidade de a ponte falhar em função das características do rio;

SR – indica o risco sísmico da obra, e o seu valor varia de 1 a 5, sendo menor quanto maior for a probabilidade de a ponte falhar em função de carga sísmica (ex.: terremoto);

SI - reflete a importância estratégica da obra (equação 4).

$$SI = 0,261(EA) + 0,206(T) + 0,193(SEE) + 0,093(W) + 0,133(L) + 0,114(R) \quad (4)$$

Onde:

EA – índice que caracteriza a rota alternativa disponível em caso de interdição da obra, valor que varia de 1 a 5, sendo maior quanto pior for o caminho alternativo;

T – índice referente ao volume de tráfego, valor que varia de 1 a 5, sendo maior quanto maior for o volume;

SEE – índice referente às atividades econômicas suportadas pela estrada, valor que varia de 1 a 5, sendo maior quanto maior for a dimensão da atividade desenvolvida na região;

W – índice referente à largura da obra, valor que varia de 1 a 5, sendo maior quanto maior for

a largura do tabuleiro;

L – índice referente ao comprimento da obra, valor que varia de 1 a 5, sendo maior quanto maior for o comprimento da obra;

R – índice relacionado à restrição de carga, valor que varia de 1 a 5, sendo maior quanto menor for a restrição existente.

2.3.4 Modelo EMEA/UFPR

O modelo de avaliação de pontes e viadutos desenvolvido pelo Escritório Modelo de Engenharia Civil (EMEA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), possibilita a consideração das características estruturais e funcionais da obra. Cada dano existente na construção é caracterizado segundo os parâmetros da equação 5, e a somatória dos valores dos danos define o índice de performance absoluto (R) da estrutura. Este modelo foi desenvolvido com base em modelos utilizados na Áustria e na Eslovênia (COST 345, 2007; CEB, 1998), e foi adaptado para a realidade brasileira. Este modelo atualmente encontra-se na fase de calibração dos parâmetros utilizados, e para tal já foi aplicado em mais de quinhentas OAEs situadas nos estados do Paraná e Santa Catarina.

$$R = \sum V_D = \sum B_i \times K_{1i} \times K_{2i} \times K_{3i} \times K_{4i} \times K_{5i} \quad (5)$$

Onde:

VD – valor do dano (calculado para cada dano existente na obra);

Bi – fator que representa o tipo de dano, função da sua gravidade (tabela 2);

K1i – fator associado ao elemento afetado, função da sua importância (tabela 3);

K2i – fator indicativo da intensidade do dano i, que varia de 0 a 2, sendo maior quanto maior for a porcentagem da área superficial total do elemento afetada pelo dano;

K3i – fator relativo à propagação do dano i em outros elementos do mesmo tipo, que varia de 0,5 a 2, sendo maior quanto maior for a repetição do dano em elementos do mesmo tipo;

K4i – fator que enfatiza a urgência da intervenção para o dano i, que varia de 1 a 5, sendo maior quanto mais urgente for a intervenção;

K5i – fator relativo à durabilidade da estrutura, dado pela realização ensaios especiais.

Tabela 2- Valores do parâmetro B para alguns dos tipos de danos considerados no modelo

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	B
Deformação excessiva de elemento estrutural	5,00

Fissura estrutural	3,00
Recalque diferencial	4,00
Fissura mapeada	1,00
Indícios de fogo, umidade, ou eflorescência (manchas)	1,00
Deficiência de concretagem	2,00
Corrosão da armadura	4,00
Deficiência no sistema de drenagem	2,00
Buraco no pavimento	3,00
Sinalização deficiente	2,00
Inexistência de passeio em área urbana	2,00

Fonte: Adaptado de EMEA (2016).

Tabela 3- Valores do parâmetro K1 para alguns dos tipos de elementos considerados no modelo

ELEMENTO	K1
Encontro; aterro de acesso; laje de aproximação	0,20
Viga transversina	0,30
Laje; viga travessa; pilar; aparelho de apoio	0,40
Elementos de fundação; muro de contenção	0,40
Viga principal	0,60
Barreira; guarda rodas; guarda corpo; sinalização	0,10
Junta de dilatação; sistema de drenagem	0,20
Pavimento; calçada (passeio)	0,20

Fonte: Adaptado de EMEA (2016).

CONCLUSÃO

Nos SGP's estudados a avaliação das estruturas é feita apenas com base na aparência visual da ponte, com exceção do modelo EMEA/UFPR que permite a consideração de resultados de ensaios caso estes sejam realizados. Segundo Roelfstra et al. (2004) estas análises decorrentes de inspeção visual não refletem, necessariamente, o comportamento e a segurança estrutural obra. Assim a avaliação deve ser feita com cautela, uma vez que para alguns elementos mesmo uma deterioração severa não terá grandes consequências para o desempenho estrutural, e já em outros elementos danos pequenos podem ser significativos para a segurança da estrutura.

Neste sentido, é importante observar que os modelo citados apresentam um viés de

subjetividade, visto que a avaliação da obra decorre do processo de inspeção visual, e este fica sob a responsabilidade do inspetor. Isto posto, é fundamental que os inspetores tenham qualificação adequada, a fim de que os resultados de suas análises minimizem possíveis dúvidas e incertezas, e de que a inspeção seja realizada de modo padronizado apresentando maior uniformidade nas considerações feitas ao longo do procedimento.

Outro aspecto ao qual se deve atentar, é o fato de que os parâmetros numéricos que caracterizam algum aspecto em avaliação, tal como a gravidade do dano, ou a importância do elemento, são feitos, na maioria dos casos, através de valores numéricos arbitrados pelos criadores do modelo com base no conhecimento técnico disseminado. De fato, o desenvolvimento de métodos matemáticos que possibilitem a obtenção destes valores de forma racional não é tarefa fácil, e constitui atualmente um dos grandes desafios desta área de estudo.

Todavia, espera-se que ações de manutenção sejam realizadas antes que a ponte chegue a um estado crítico de segurança. A avaliação destas obras através de modelos tem como objetivo servir de base para o planejamento das ações de preservação, indicando as atividades de manutenção necessárias e o custo envolvido, e não para postergar ações corretivas justificando que a obra “ainda” está apta a operar com segurança.

Os modelos desenvolvidos por Rashidi, Samali e Sharafi (2015), Pellegrino, Pipinato e Modena (2011), Valenzuela et al. (2010), e EMEA/UFPR (2016), se destacam por considerarem as pontes e viadutos não apenas como um conjunto de elementos estruturais, mas composto também de elementos não estruturais, que não contribuirão para a capacidade de carga da estrutura, mas são essenciais para a sua funcionalidade e durabilidade. Outra característica relevante deste modelos é a consideração de diferentes fatores na avaliação da obra, como a sua importância econômica, as características das rotas alternativas, a adequação ao tipo e volume de tráfego, entre outros, ao contrário do que se faz na maioria dos modelos, que são concentrados apenas no estado de conservação do elemento.

Está ótica inovadora é essencial e deve explorada, pois atualmente, mais do que avaliar o nível de conservação da estrutura propriamente dita, é necessário observar a performance destas obras e o nível de serviço proporcionado ao usuário. A performance destas estruturas está relacionada ao modo como elas funcionam e ao seu comportamento às cargas à que estão sujeitas, sendo resultado da interação de múltiplos fatores como projeto, morfologia, materiais constituintes, características ambientais, processos de deterioração incidentes, capacidade de carga, volume de tráfego, desempenho do sistema de drenagem,

rotinas de manutenção preventiva, entre outros. A observância destes critérios atua a favor da segurança e da operacionalidade da ponte, além de minimizar os impactos no ambiente e o risco de colapso da estrutura.

Klatter, Vrouwenvelder e van Noortwijk (2009) ressaltam que a principal razão para a existência de sistemas de transporte é o interesse público, de modo que os aspectos sociais devem ser considerados em qualquer iniciativa neste âmbito, sendo responsabilidade dos profissionais envolvidos contemplar estas questões em suas decisões. Minchin et al. (2006) em sua pesquisa sobre boas práticas na gestão de pontes identificou que um dos pontos de maior importância é a decisão de interditar ou não a operação de uma ponte, ação que pode ter impactos econômico relevantes, devido principalmente ao desvio na rota de transporte de cargas, e nesta situação os gestores consultados foram categóricos ao afirmar que em primeiro lugar vem a segurança pública.

Assim, dadas as considerações feitas, infere-se que o gestor rodoviário deve contar com o auxílio de sistemas de gerenciamento e modelos de avaliação nos processos de tomada de decisão, uma vez que estes produzem resultados interessantes e úteis, entretanto não deve ser refém destes, sendo essencial sempre a realização de uma análise crítica dos dados fornecidos por tais ferramentas.

REFERÊNCIAS

AMINI, Amin; NIKRAZ, Navid; FATHIZADEH, Ali. Identifying and evaluating the effective parameters in prioritization of urban roadway bridges for maintenance operations. **Australian Journal Of Civil Engineering**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.23-34, 14 dez. 2015.

COLLINS, Thomas J.; BREEN, Ryan P.. Ireland's Bridge Management System. **Structures Congress 2006**, [s.l.], p.1-5, 10 out. 2006.

COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DU BÉTON (CEB). **Bulletin 243**: Strategies for testing and assessment of concrete structures. Suíça, 1998.

ESCRITÓRIO MODELO DE ENGENHARIA CIVIL. **Diretrizes para Inspeção de Obras de Arte Especiais**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

European Commission, Directorate General Transport. **COST 345**: Procedures Required for Assessing Highway Structures. [s.l.]: Community Research And Development Information Service (CORDIS), 2007.

GHOLAMI, Mehran; SAM, Abdul Rahman Bin Mohd; YATIM, Jamaludin Mohamad. Assessment of Bridge Management System in Iran. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 54, p.573-583, 2013.

KLATTER, Leo; VROUWENVELDER, Ton; VAN NOORTWIJK, Jan M.. Societal and reliability aspects of bridge management in the Netherlands. **Structure And Infrastructure Engineering**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.11-24, fev. 2009.

MINCHIN, R. Edward et al. Best Practices of Bridge System Management—A Synthesis. **Journal Of Management In Engineering**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.186-195, out. 2006.

MUÑOZ, Edgar; GÓMEZ, David. Análisis de la evolución de los daños en los puentes de Colombia. **Revista Ingeniería de Construcción**, Colômbia, v. 28, n. 1, p.37-62, jan. 2013.

ORCESI, André D.; CREMONA, Christian F.. Optimization of management strategies applied to the national reinforced concrete bridge stock in France. **Structure And Infrastructure Engineering**, [s.l.], v. 5, n. 5, p.355-366, 9 jun. 2009.

PELLEGRINO, C.; PIPINATO, A.; MODENA, C.. A simplified management procedure for bridge network maintenance. **Structure And Infrastructure Engineering**, [s.l.], v. 7, n. 5, p.341-351, maio 2011.

PONOMAREV, Y. et al. Specific features of standard inspection of bridge structures in Moscow, Russia. **Bridge Structures**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.35-43, mar. 2006.

RADIć, Jure; BLEIZIFFER, Jelena; TKALČIć, Damir. Maintaining safety and serviceability of concrete bridges in Croatia. **Bridge Structures**, [s.l.], v. 1, n. 3, p.327-344, set. 2005.

RASHIDI, Maria; SAMALI, Bijan; SHARAFI, Pezhman. A new model for bridge management: Part A. **Australian Journal Of Civil Engineering**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.35-45, 20 dez. 2015.

RENS, Kevin L.; NOGUEIRA, Carnot L.; TRANSUE, David J.. Bridge Management and Nondestructive Evaluation. **Journal Of Performance Of Constructed Facilities**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.3-16, fev. 2005.

ROELFSTRA, Guido et al. Condition Evolution in Bridge Management Systems and Corrosion-Induced Deterioration. **Journal Of Bridge Engineering**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.268-277, maio 2004.

SAFI, Mohammed et al. Development of the Swedish bridge management system by upgrading and expanding the use of LCC. **Structure And Infrastructure Engineering**, [s.l.], v. 9, n. 12, p.1240-1250, dez. 2013.

SALEH, Ahmed M.; MANSOUR, Osama A.; ABBAS, Osama S. Toward an Egyptian Bridge Management System. **Housing and Building National Research Center Journal**, Egito, v. 9, n. 3, p.227-234, dez. 2013.

VALENZUELA, Sergio; SOLMINIHAC, Hernan de; ECHAVEGUREN, Tomas. Proposal of an Integrated Index for Prioritization of Bridge Maintenance. **Journal Of Bridge Engineering**, [s.l.], v. 15, n. 3, p.337-343, maio 2010.