



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NAS PONTES DAS RODOVIAS FEDERAIS – UMA ANÁLISE DE RESULTADOS

Paulo de Tarso Cronemberger Mendes, Doutor

Professor da Universidade Federal do Piauí / NOVAFAPI, paulo.tcm@uol.com.br

Paulo de Mattos Pimenta, Doutor

Professor da Universidade de São Paulo, ppimenta@usp.br

Maria de Lourdes Teixeira Moreira, Doutora

Professora da Universidade Federal do Piauí, mtmoreira@uol.com.br

Resumo

Em 2004 foi entregue pelo Consórcio Pontis / Maia Melo ao Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT relatório de inspeções realizadas entre os anos de 2001 e 2003 em 1.210 das 4.093 pontes das rodovias federais brasileiras então cadastradas, referente à implantação do Sistema de Gerenciamento de Obras – SGO, embrião de um Sistema de Gestão das Pontes das rodovias federais brasileiras. As pontes inspecionadas pertenciam a todas as Superintendências Regionais e no relatório apresentado foram classificadas segundo suas condições de estabilidade em PRECÁRIA, SOFRÍVEL e BOA.

Em 2005 o DNIT, com vistas a definir as pontes que entrariam na próxima etapa de inspeções do SGO, realizou inspeções em 2.353 pontes, classificando-as como OBRA SEM PROBLEMA (OSP), OBRA SEM PROBLEMA SÉRIO (OSS), OBRA POTENCIALMENTE PROBLEMÁTICA (OPP), OBRA PROBLEMÁTICA (OPL) e OBRA CRÍTICA (OCR).

Neste trabalho são apresentados os critérios de classificação e a distribuição espacial das 1.210 pontes inspecionadas pelo Consórcio Pontis / Maia Melo, os critérios de classificação das 2.353 pontes inspecionadas pelo DNIT e são avaliados comparativamente os resultados obtidos em 619 dessas pontes inspecionadas e classificadas pelos dois critérios.

Os resultados apresentados sugerem que as deficiências encontradas nas pontes não decorrem necessariamente da agressividade ambiental, mas principalmente, das condições de execução das mesmas. Além disso, observando os resultados obtidos nas pontes avaliadas pelos dois critérios, constata-se a subjetividade dos critérios adotados, ocorrendo maiores discrepâncias nas avaliações das pontes em mau estado.

Palavras-chave

Pontes; Insuficiências estruturais;



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

1 Introdução

A rede de rodovias federais brasileiras conta no seu estoque pontes com faixas etárias muito distintas, projetadas com as normas NB-1/1946-1960-1978-2003, NB-2/1946-1960-1987 e a NB-6/1946-1960-1982. Pesquisa realizada por [MENDES] reuniu informações sobre essas pontes visando contribuir para uma melhor gestão das pontes brasileiras, entre as quais as oriundas de inspeções realizadas nas mesmas.

O Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT implantou a partir do início dos anos 2000 um embrião do que poderá vir a ser um Sistema de Gestão das Pontes (SGO) das rodovias federais brasileiras. A fase inicial constou da inspeção de 1.210 pontes distribuídas por todo o país, realizadas pelo consórcio Pontis / Maia Melo, tendo resultado informações como dimensões, número de vãos, sistema estrutural, localização geográfica, trem-tipo de projeto e condições de estabilidade e de conservação. Em continuidade a esse trabalho, o próprio DNIT realizou inspeções rotineiras em 2.353 pontes, com vistas a definir as pontes que entrariam na próxima etapa do SGO, classificando-as em OBRA SEM PROBLEMA (**OSP**), OBRA SEM PROBLEMA SÉRIO (**OSS**), OBRA POTENCIALMENTE PROBLEMÁTICA (**OPP**), OBRA PROBLEMÁTICA (**OPL**) e OBRA CRÍTICA (**OCR**).

A análise dos dados obtidos nessas duas séries de inspeções será apresentada neste trabalho, incluindo comparações entre os dois critérios para 619 pontes inspecionadas tanto pelo consórcio Pontis / Maia Melo como pelo DNIT.

2 Resultados das inspeções realizadas pelo consórcio Pontis / Maia Melo

O consórcio Pontis / Maia Melo realizou inspeções em 1.210 pontes localizadas de acordo com a Figura 1.



Figura 1 – Distribuição das pontes incluídas no SGO



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:

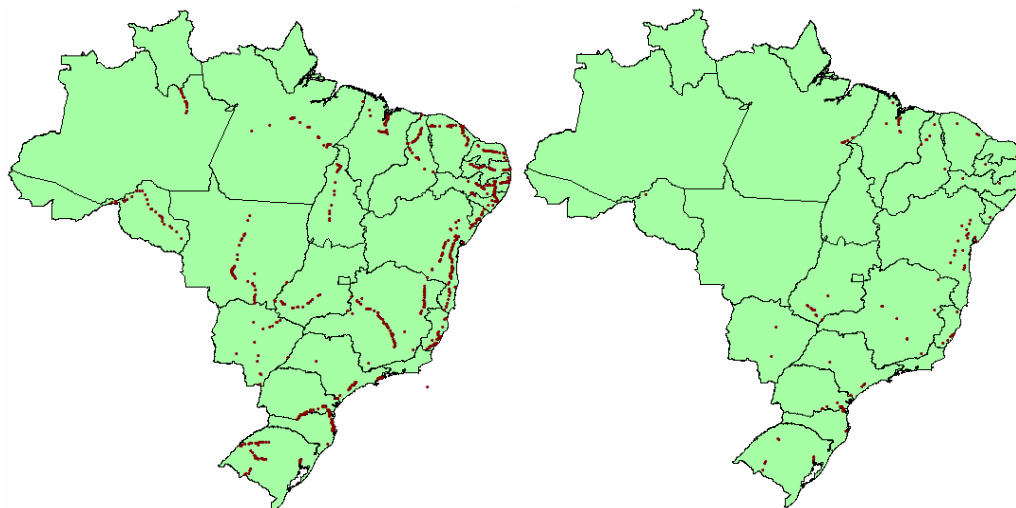


SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

As pontes foram avaliadas segundo suas condições de estabilidade em **PRECÁRIA**, com nota técnica **1**, para as quais há danos que provocam insuficiência estrutural com risco de colapso, em **SOFRÍVEL**, com nota técnica **2**, para as quais há danos que geram insuficiência estrutural ainda sem risco de colapso e **BOA**, com notas técnicas de **3 a 5**, para as quais não há danos ou há danos que não geram insuficiência estrutural. A nota técnica para a ponte corresponde à nota mais baixa atribuída aos seus elementos.

As Figuras 2 (a), (b) e (c) apresentam as localizações dessas pontes, por condição de estabilidade. Os resultados numéricos e percentuais constam da Figura 3.

As Figuras 4 a 6 apresentam exemplos de pontes classificadas pelo SGO em condição de estabilidade boa, sofrível e precária, respectivamente.



(a) Boa

(b) Sofrível



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012



(c) Precária

Figura 2 – Distribuição das pontes por condição de estabilidade

CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE - SGO

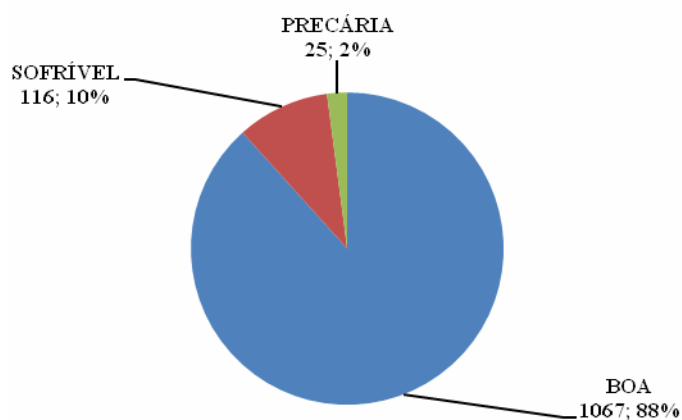


Figura 3 – Número de pontes por condição de estabilidade – SGO





V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

Figura 4 – Ponte sobre o Rio Poti, BR-343, Km 344, Teresina – PI, em condição de estabilidade boa (1978)



Figura 5 – Ponte sobre o Rio Raposo, BR-343, Km 294, Altos – PI, em condição de estabilidade sofrível (1938)

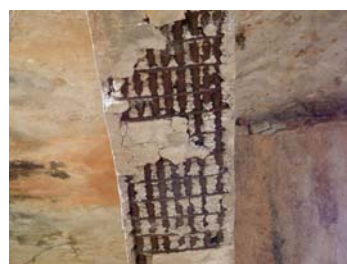


Figura 6 – Ponte sobre o Rio Camurupim, BR-402, Km 79, Camurupim de Cima – PI, em condição de estabilidade precária (1965)

As 25 pontes consideradas em condição de estabilidade precária têm idades de acordo com as Figuras 7 e 8, onde se observa que não há ponte considerada precária com idade inferior a 20 anos e que 84% delas têm idade superior a 30 anos.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

FAIXAS DE IDADE DAS 25 PONTES PRECÁRIAS (SGO)

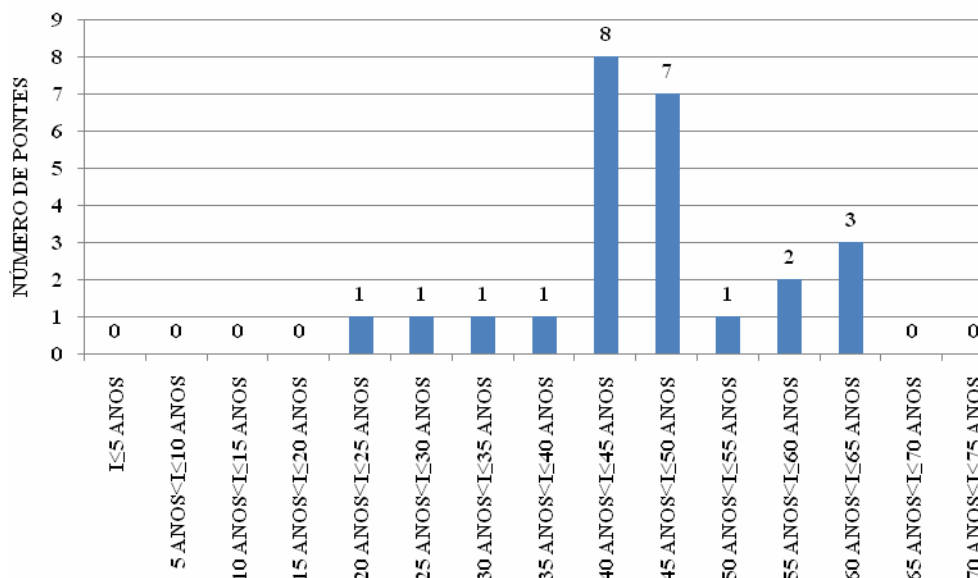


Figura 7 – Distribuição das idades das pontes precárias (SGO)

FAIXAS DE IDADE DAS 25 PONTES PRECÁRIAS (SGO)

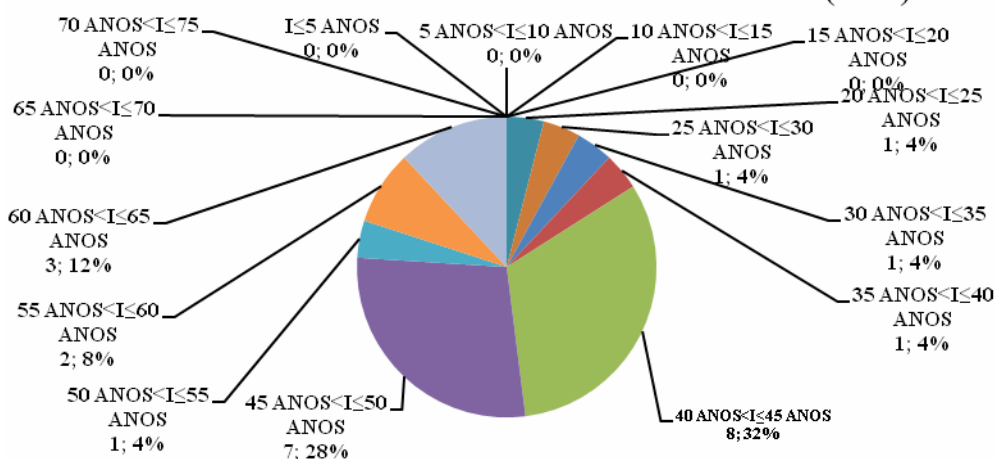


Figura 8 – Faixas de idade das 25 pontes precárias (SGO)

As 116 pontes consideradas em condição de estabilidade sofrível têm idades de acordo com as Figuras 9 e 10, onde se observa que o percentual dessas pontes, com idade inferior a 20 anos, é de apenas 2%, enquanto 86% delas têm idade superior a 30 anos.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

FAIXAS DE IDADE DAS 116 PONTES SOFRÍVEIS (SGO)

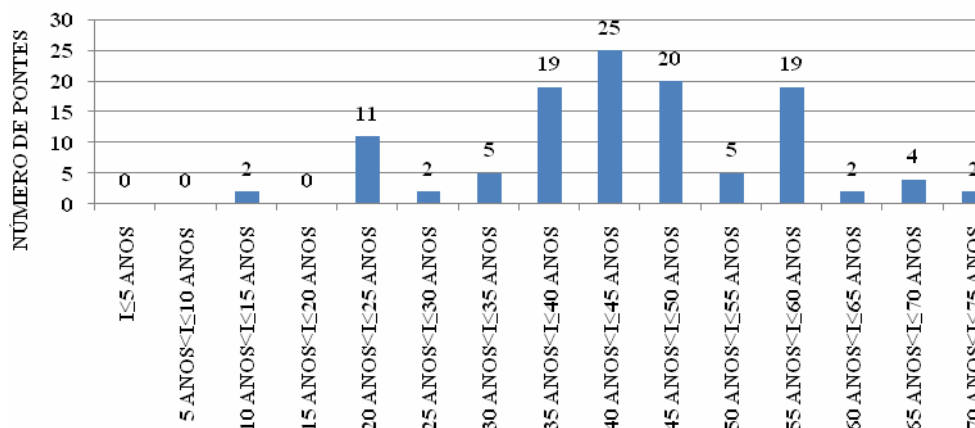


Figura 9 – Faixas de idade das 116 pontes em condição de estabilidade sofrível (SGO)

FAIXAS DE IDADE DAS 116 PONTES SOFRÍVEIS (SGO)

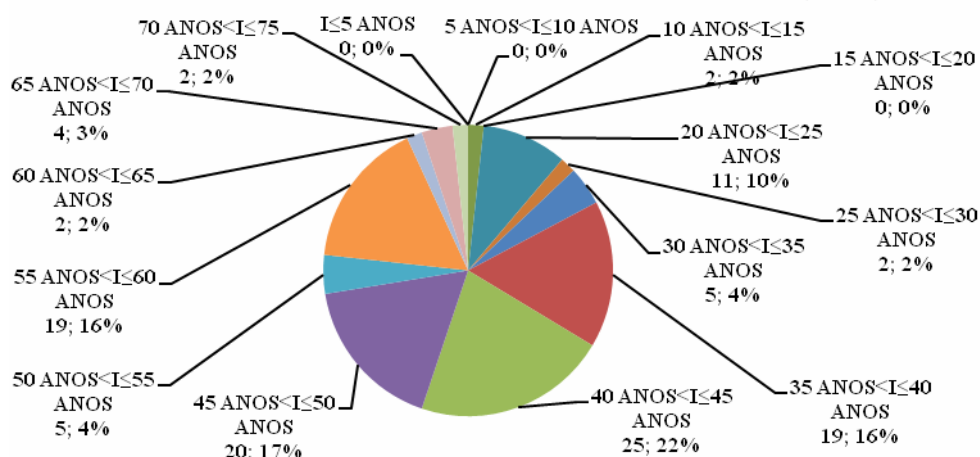


Figura 10 – Faixas de idade das 116 pontes em condição de estabilidade sofrível

As curvas das idades de todas as pontes que tiveram o ano de construção informado e das pontes consideradas em condição de estabilidade boa são mostradas na Figura 11, enquanto na Figura 12 são mostradas as curvas das idades das pontes consideradas em condição de estabilidade sofrível e precária. Nota-se que os gráficos apresentam as mesmas tendências, com maior ou menor quantidade de pontes consideradas boas, sofríveis ou precárias conforme a maior ou menor quantidade de pontes com a mesma faixa etária. A mesma tendência pode ser observada nas figuras 1 e 2, que mostram a distribuição geográfica do total de pontes e das pontes segundo as condições de estabilidade: onde há maior número



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

de pontes, há maior número de pontes com problemas, independente da agressividade ambiental, como por exemplo a proximidade da linha litorânea.

Os elementos considerados problemáticos para as 25 pontes com uma condição de estabilidade precária estão distribuídos na Figura 13, em ordem decrescente de incidência.

Os elementos considerados problemáticos para as 116 pontes com uma condição de estabilidade sofrível estão distribuídos na Figura 14, também em ordem decrescente de incidência.

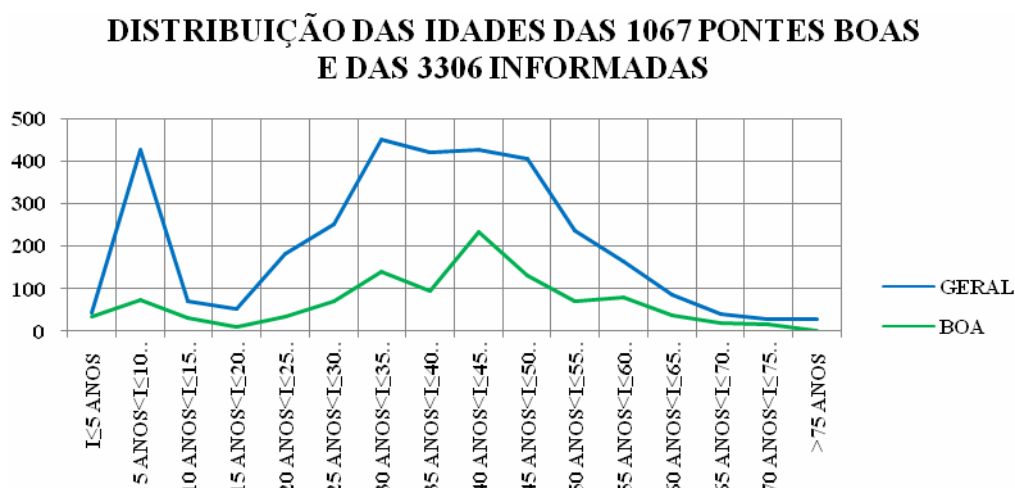


Figura 11 – Curvas das idades das 3.306 pontes com idades conhecidas e das 1.067 pontes consideradas em condição de estabilidade boa



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

DISTRIBUIÇÃO DAS IDADES DAS 25 PONTES PRECÁRIAS E 116 PONTES SOFRÍVEIS (SGO)

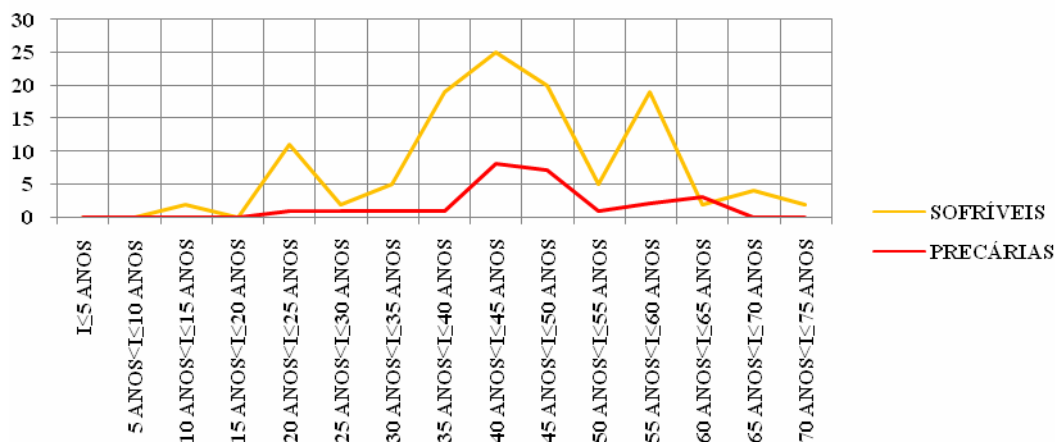


Figura 12 – Curvas das idades das 116 pontes consideradas em condição de estabilidade sofrível e das 25 pontes consideradas precárias

**ELEMENTOS PROBLEMÁTICOS DE 25 OBRAS
PRECÁRIAS (SGO)**

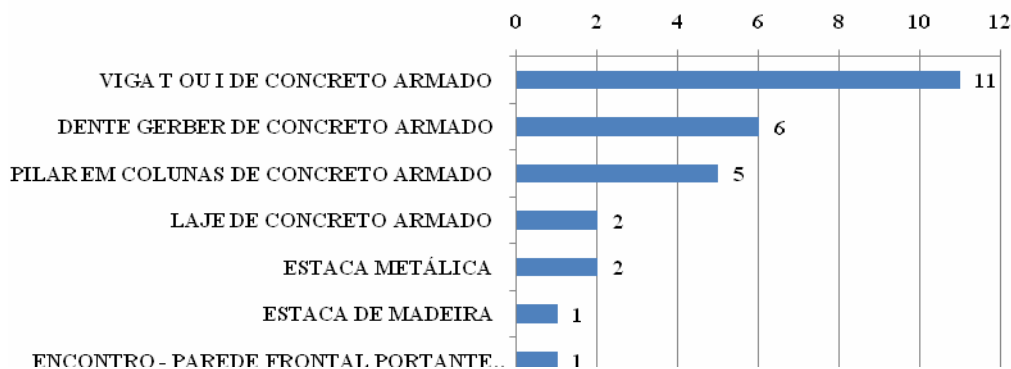


Figura 13 – Incidência dos elementos problemáticos nas 25 obras precárias – SGO



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

ELEMENTOS PROBLEMÁTICOS DE 116 OBRAS SOFRÍVEIS (SGO)

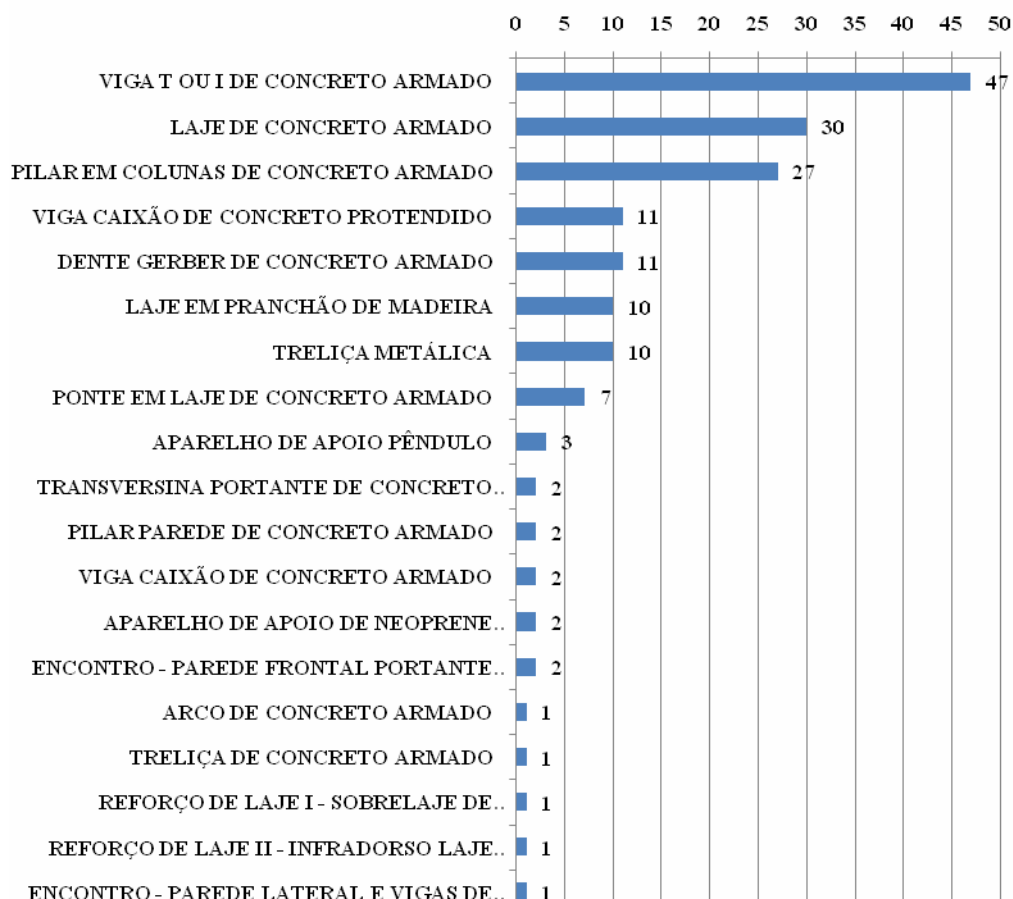


Figura 14 – Incidência dos elementos problemáticos em 116 obras sofríveis – SGO

As vigas e as lajes de concreto armado predominam naturalmente em razão da grande quantidade de pontes com sistema estrutural em vigas de concreto armado, correspondente a 83% das pontes com sistema estrutural identificado. As Figuras 15 e 16 apresentam os principais elementos problemáticos.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012



Figura 15 – Elementos problemáticos: viga, laje e pilar.
Vigas da ponte s/ Rio Tapacurá, BR-232/PE, Km 50 - (1979)
Laje da ponte s/ Rio Paraibuna, BR-267/MG, Km 89 - (1965)
Pilar da ponte s/ Riacho Pão de Açúcar, BR-104/PE, Km 20 – (1965)



Figura 16 – Elementos problemáticos: dente Gerber, apoio e pilar
Dente Gerber ponte s/ Rio Jequitinhonha, BR-101/BA, Km 663 (1965)
Apoio da ponte s/ Rio Gravataí, BR-116/RS, Km 270 (1950)
Pilar c/ desaprumo da ponte s/ Rio Preto - Norte, BR-101/ES, Km 30 (1958)

As principais insuficiências estruturais encontradas nas pontes inspecionadas encontram-se na Figura 17, colocadas por ordem de incidência. A exposição e deterioração da armadura principal e a deterioração acentuada dos materiais de construção foram as principais insuficiências estruturais encontradas nas pontes, o que sinaliza para a necessidade de maiores cuidados com relação à qualidade dos materiais utilizados.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS (SGO)

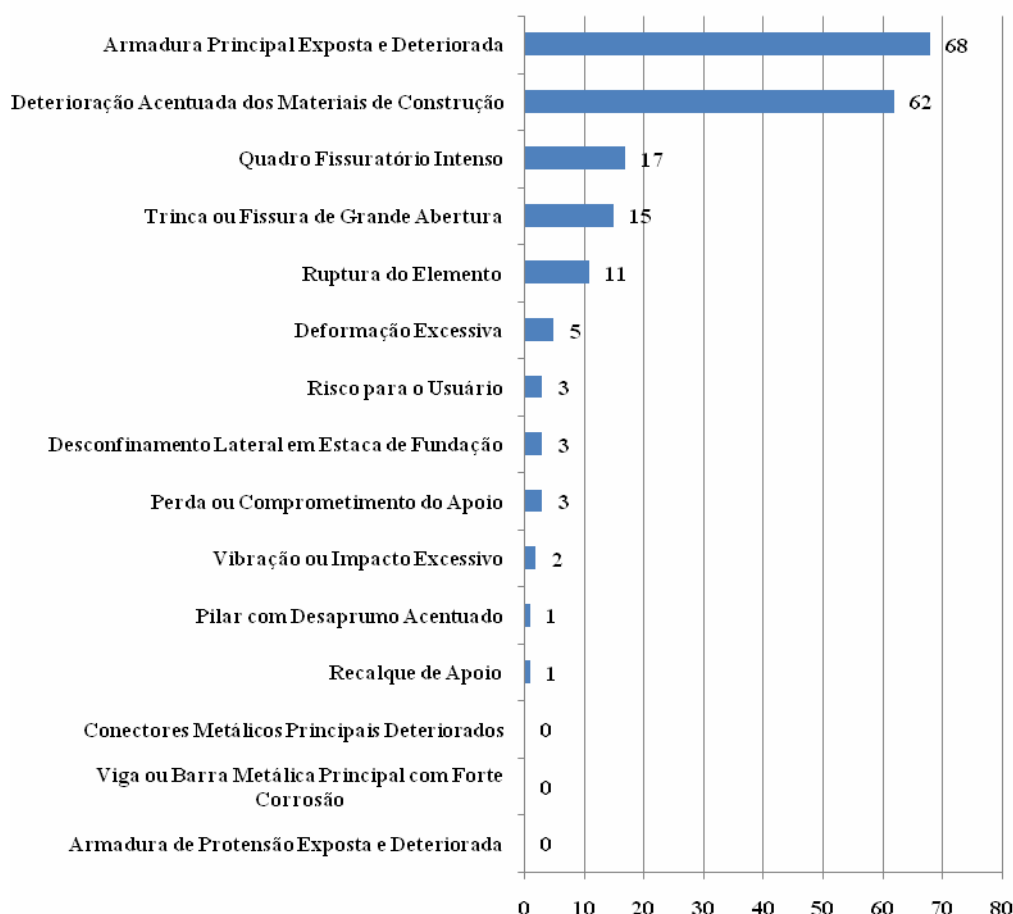


Figura 17 – Distribuição das insuficiências estruturais nos elementos das pontes

A Figura 18 apresenta as incidências de outras insuficiências estruturais nas 68 pontes com armadura principal exposta e deteriorada, destacando-se a reduzida influência de um quadro fissuratório intenso (duas em 17 pontes) e da existência de trinca ou fissura de grande abertura (três em quinze pontes) no quadro geral de exposição e deterioração das armaduras principais.

Na Figura 19 (a) estão localizadas as 68 pontes com armadura principal exposta e deteriorada. A Figura 19 (b) apresenta a localização das pontes que possuem quadro fissuratório intenso ou fissuras de grandes aberturas, com destaque para duas pontes, uma em Minas Gerais e outra na Bahia, ambas com 42 anos de idade por ocasião das inspeções, que



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

apresentam simultaneamente armadura principal exposta e deteriorada, afastadas da linha litorânea e em ambiente não agressivo.

INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS DE 68 PONTES COM ARMADURA PRINCIPAL EXPOSTA E DETERIORADA

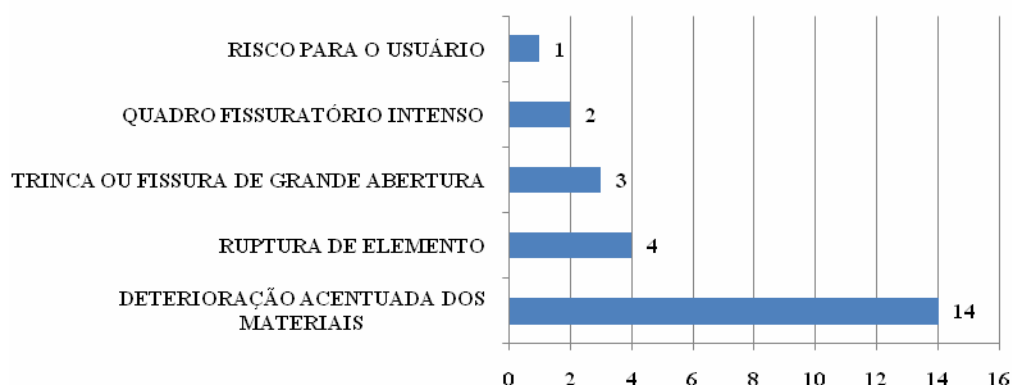


Figura 18 – Distribuição de outras insuficiências estruturais nas pontes com armadura exposta e deteriorada

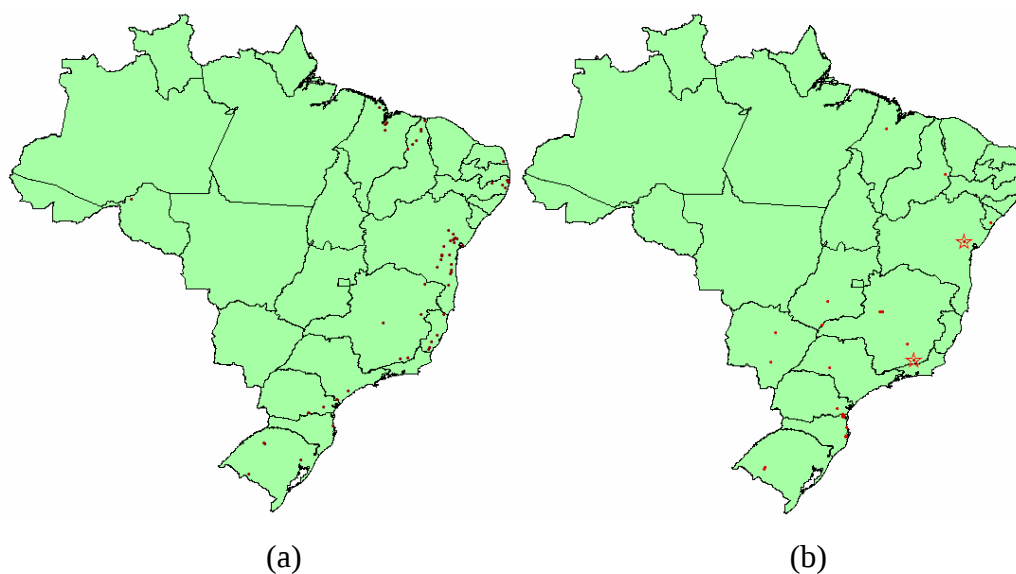


Figura 19 – Localização das 68 pontes com armadura principal exposta e deteriorada (a) e com quadro fissuratório intenso ou fissuras de grandes aberturas (b)



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

As 68 pontes com armadura principal exposta e deteriorada apresentam quadro de corrosão semelhante ao das Figura 20 (a) a (d), evidenciando que a causa da corrosão da armadura longitudinal foi o recobrimento insuficiente da armadura e não possíveis fissuras de flexão existentes no local.



(a) Ponte no Piauí – 51 anos



(b) Ponte na Bahia – 42 anos



(c) Ponte em São Paulo – 48 anos



(d) Ponte no Rio Grande do Sul – 47 anos

Figura 20 (a) a (d) – Exemplos típicos de armadura principal exposta e deteriorada

Essas pontes estão distribuídas predominantemente na região costeira, em razão do processo de crescimento do país ter ocorrido preferencialmente nessa região, uma vez que a interiorização do país deu-se com a construção e subsequente transferência da capital para



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

Brasília, o que aconteceu somente a partir de 1956. Ainda assim, o processo de corrosão observado aparenta estar estabilizado.

A localização dessas pontes na região costeira poderia levar a admitir que a corrosão das armaduras tivesse ocorrido por ação do íon cloreto proveniente da linha litorânea. Entretanto elas encontram-se suficientemente afastadas, em geral a distâncias superiores a 50 Km.

A Figura 21 apresenta resultado de pesquisa realizada em Maceió por [ALVES], indicando o teor de cloretos na atmosfera continente a dentro. Mesmo considerando aspectos topográficos favoráveis, como a existência da Lagoa do Mundaú, que não se constitui em obstáculo para a livre circulação do ar proveniente da linha litorânea, o teor de cloreto reduz de 280 mg/l no ponto de maior concentração da linha litorânea a 20 mg/l em um raio de aproximadamente 15 Km.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

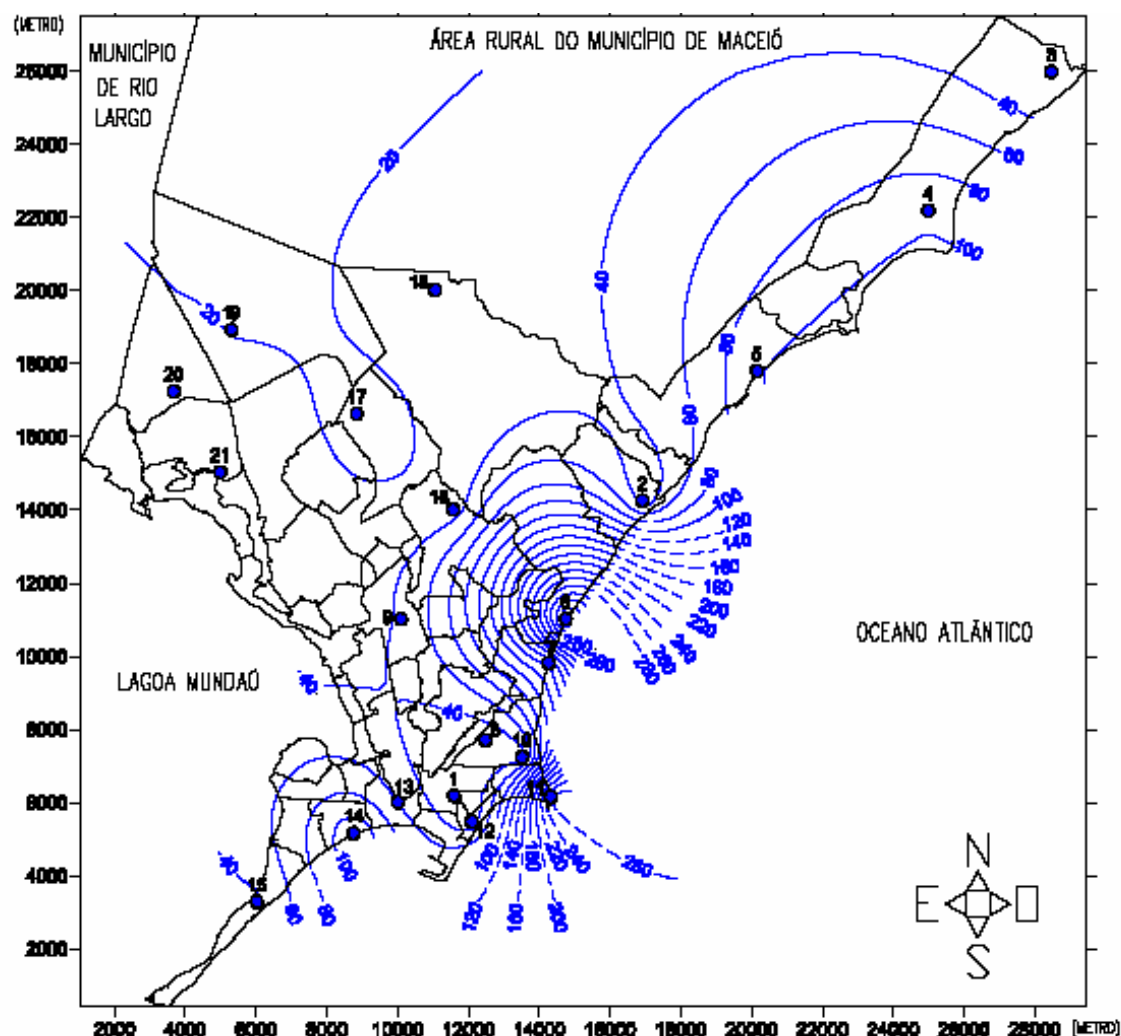


Figura 21 – Isolinhas do teor de cloreto (mg/l) para a cidade de Maceió – AL, segundo [ALVES]

3 Resultados das inspeções realizadas pelo DNIT

O DNIT realizou inspeções em 2.353 pontes, classificando-as segundo os seguintes critérios: OBRA SEM PROBLEMA (OSP) – para as quais *não há danos e nem insuficiência estrutural*; OBRA SEM PROBLEMA SÉRIO (OSS) – para as quais *há alguns danos, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra*; OBRA POTENCIALMENTE PROBLEMÁTICA (OPP) – para as quais *há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há comprometimento da estabilidade da obra*; OBRA PROBLEMÁTICA (OPL) – para as quais *há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural* e OBRA CRÍTICA (OCR), para as quais *há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte e o elemento encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural*.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS



REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

A Figura 22 apresenta a distribuição correspondente a 2.353 pontes para as quais as Superintendências Regionais informaram a classificação.

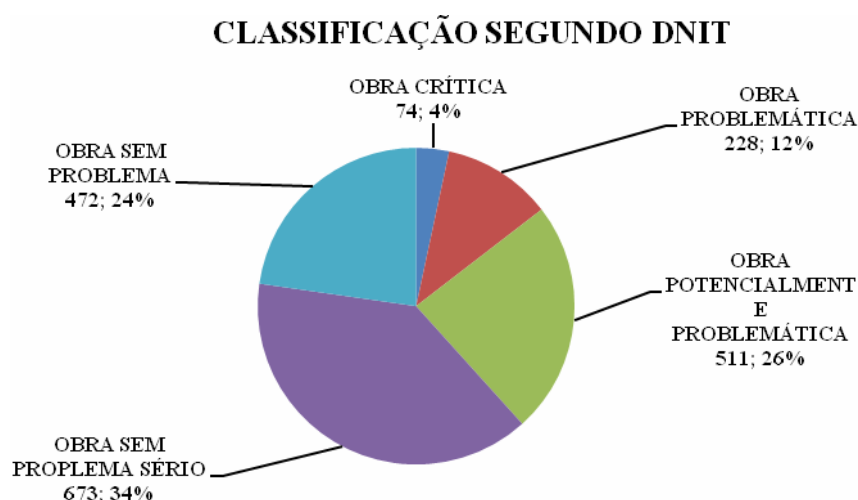


Figura 22 – Classificação das pontes segundo o DNIT – Nov/2005

As avaliações das pontes realizadas pelo consórcio Pontis/Maia Melo e pelo DNIT tem 619 pontes em comum. A Figura 23 apresenta as relações existentes entre as duas avaliações.

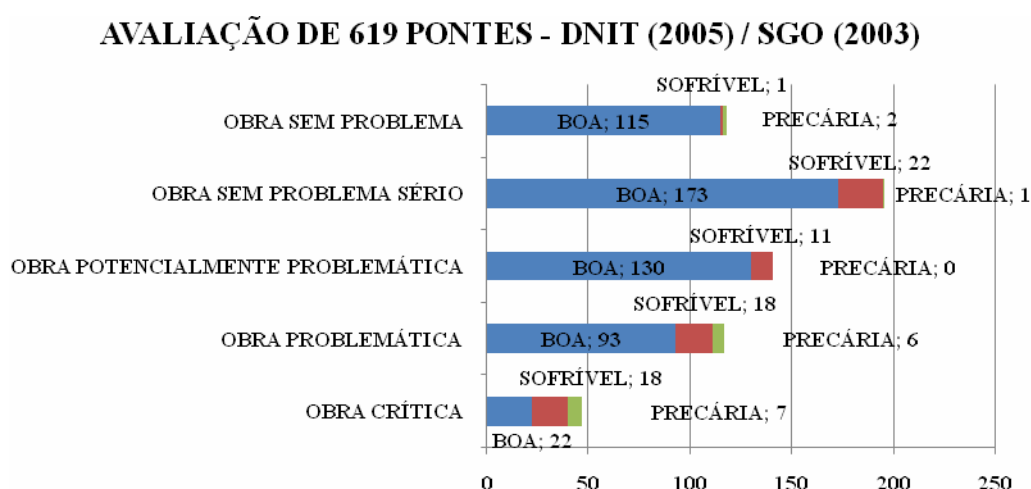


Figura 23 – Comparação das avaliações segundo DNIT e consórcio Pontis/Maia Melo



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

Para as pontes em bom estado (Obra Sem Problema – DNIT e Boa – Pontis/Maia Melo), não há diferenças significativas de avaliação. Por se tratar de avaliações subjetivas, as diferenças são mais acentuadas para as pontes em estado ruim (Obra Crítica – DNIT e Precária – Pontis/Maia Melo). Neste caso, das 47 obras consideradas críticas pelo DNIT, apenas 7 (15%) foram consideradas precárias pelo consórcio Pontis/Maia Melo, 18 (38%) foram consideradas sofríveis e 22 (47%) foram consideradas boas, o que reforça a idéia da necessidade de critérios menos subjetivos de avaliação e de treinamento continuado dos avaliadores, para redução de diferenças na interpretação dos critérios.

As informações contidas no cadastro das 5.619 pontes das rodovias federais brasileiras, embora forneçam um panorama geral das características das pontes e de sua situação, através da descrição de problemas existentes, de fotos e desenhos esquemáticos, não contribuem para uma análise mais detalhada das estruturas, uma vez que não dispõem de informações mais específicas (tipo de concreto, tipo de aço, ensaios realizados durante a construção ou ao longo da vida da obra). Isso dificulta enormemente a confecção de modelos que representem o desenvolvimento de patologias ou o comportamento das estruturas, projetadas em épocas diferentes, com exigências de diferentes normas de projeto, e submetidas a tráfego de veículos com uma grande diversidade em termos de intensidade de carga e de distâncias entre eixos.

7 Conclusões

Os resultados apresentados sugerem que as deficiências encontradas nas pontes não decorrem necessariamente da agressividade ambiental, mas principalmente, das condições de execução das mesmas no que respeita ao cobrimento das armaduras, muito reduzido e constituído basicamente de argamassa, resultado da elevada concentração de barras que impediu a passagem dos agregados graúdos. O cobrimento, nessas condições, ficou fragilizado, tendo ocorrido o seu destacamento em decorrência das tensões cisalhantes entre a armadura e o concreto adjacente. As atuais recomendações contidas na [NBR-6118] contemplam exigências que consideram a necessidade de uma atenção maior com relação aos cobrimentos adotados e à qualidade do concreto.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

REALIZAÇÃO:



SOLUÇÕES INOVADORAS PARA PROJETO, EXECUÇÃO E MANUTENÇÃO | RIO DE JANEIRO | 6 A 8 DE JUNHO DE 2012

Verifica-se que, mesmo em pontes com idades avançadas e armaduras longitudinais expostas, o processo de corrosão das armaduras não teve continuidade, sugerindo que as deficiências observadas não comprometeram a estabilidade das pontes, implicando apenas em danos estéticos e de sensação de insegurança aos usuários.

Constata-se a proporcionalidade entre o número de pontes com deficiências e o número de pontes de mesma faixa etária: quanto maior o número de pontes de uma mesma faixa etária, maior o número de pontes daquela idade com problemas. Isso sugere que a deterioração dos elementos estruturais não está necessariamente relacionada à idade, e sim que a frequência de ocorrência das deficiências aumenta com o aumento do número de pontes de mesma idade.

A comparação dos resultados das inspeções realizadas pelo consórcio Pontis / Maia Melo e pelo DNIT nas mesmas pontes, com intervalo de tempo relativamente curto entre elas, mostra que a subjetividade presente nas inspeções conduz a imprecisões no processo de avaliação das condições de estabilidade. A imprecisão se torna maior nas pontes que se encontram em más condições e que poderiam necessitar de intervenção imediata. Uma forma de minimizar o efeito da subjetividade é a criação de critérios melhor definidos e meticulosos de análise, com treinamento sistemático dos profissionais envolvidos no processo.

8 Referências

- ALVES, Amara M. C. **Contribuição à Análise da Perspectiva de Vida Útil de Estruturas em Concreto Face ao Teor de Cloreto Registrado em Maceió** – AL. Dissertação de Mestrado – UFAL. 2007.
- MENDES, P. T. C.. **Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 1**: Norma para Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado. Rio de Janeiro: ABNT, 1946-1960-1978.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 2**: Cálculo e Execução de Pontes de Concreto Armado. Rio de Janeiro: ABNT, 1946-1960-1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 6**: Carga Móvel em Pontes Rodoviárias. Rio de Janeiro: ABNT, 1946-1960-1982.