



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

Realização:



COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Investigação dos Agentes Causadores de Corrosão nas Armaduras em Pontes de Concreto na Região do Curimataú Oriental Paraibano. Túlio Raunyr Cândido Felipe¹, Maria das Vitorias do Nascimento², Wesley Imperiano Gomes de Melo³

¹ Universidade Estadual da Paraíba/ UEPB/Graduando / Departamento de Engenharia Civil / e-mail túlio-raunyr@hotmail.com

^{2,3} Universidade Estadual da Paraíba / UEPB/ Professores / Departamento de Engenharia Civil / e-mail vitoriaeng@yhaoo.com.br
wesleyimperiano@hotmail.com

Resumo

A degradação em estruturas de concreto pode estar associada a vários fenômenos que podem ocorrer durante o projeto e execução da obra (degradação precoce), ou mais comumente durante sua vida útil, por meio da ação do meio ambiente. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi investigar os agentes causadores de corrosão e quantificar as possíveis perdas de resistência do concreto armado em três pontes na Rodovia PB-073, entre os Municípios de Belém-PB e Tacima-PB, localizado na região do Curimataú Oriental Paraibano. A metodologia consistiu em vistorias para identificação das patologias e avaliação da dureza superficial pelo método do esclerômetro de reflexão. De acordo com o diagnóstico realizado nas três pontes, foi possível verificar que nos vãos a corrosão nas armaduras se encontra no estágio inicial, em que, o desgaste do concreto expõe as armaduras das vigas centrais. Nos guardas corpos a corrosão atingiu o estado-limite de referência, expondo as armaduras em vários pontos. Os estudos apontam que a degradação dessas pontes está associada à salinidade das águas dos rios da região, a variação de temperatura e a uma possível reação álcali-agregado (RAA), aliadas a ausência de manutenção. Fatos estes que acarretam uma redução na resistência do concreto das pontes.

Palavras-chave

Corrosão das armaduras; Reação álcali agregado; Patologia.

Introdução

Corrosão é a deterioração de um material, provocada pela ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos (GENTIL 2003).

A degradação em estruturas de concreto está associada a vários fenômenos que podem ocorrer durante o projeto e execução da obra (degradação precoce), ou mais comumente durante sua vida útil, por meio da ação do meio ambiente. A degradação se inicia na superfície e avança para o interior do material (BERTOLINI, 2010).

A deterioração do concreto está associada a fatores mecânicos (vibrações, abrasões e erosões), físicos (variações de temperatura), biológicos (bactérias) ou químicos (ácidos e sais)



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



(GENTIL, 2003). As vibrações podem ocasionar fissuras que coloquem a armadura em contato com o meio agressivo, como líquidos com partículas em suspensão que facilitam o aparecimento da erosão no concreto e seu consequente desgaste.

A variação de temperatura entre os componentes do concreto (pasta de cimento, agregados graúdos e armadura), pode ocasionar microfissuras no concreto que possibilitam a ação dos agentes corrosivos (GENTIL, 2003).

Os fatores biológicos, como bactérias oxidantes de enxofre ou de sulfetos, aceleram a oxidação dessas substâncias para ácido sulfúrico. Já os fatores químicos, são relacionados com a presença de substâncias químicas nos diferentes ambientes, geralmente água, solo e atmosfera (LOURENÇO, 2007).

O concreto pode sofrer deterioração por ação química, que ocorre na argamassa e no agregado graúdo. Na armadura pode ocorrer a corrosão por ação Eletroquímica, Carbonatação e íons Cloretos (GENTIL, 2003).

Para que a corrosão se desencadeie é necessário que haja um meio corrosivo (que pode ser a composição, o pH, a temperatura, a pressão, a radiação e a velocidade do processo de corrosão), o material a ser corroído (metal) e as condições operacionais para que o processo se realize.

Segundo Gentil (2003), o processo corrosivo tem acarretado no cotidiano uma série de problemas, seja na construção civil, nas explosões de caldeiras, nos rompimentos de adutoras de água, nos derramamento de petróleo, provocados por furos em tanques e oleodutos. Nas instalações de refino de petróleo e nas petroquímicas, cerca de 50% das falhas de materiais estão creditadas à corrosão. O fato é que os prejuízos causados pelos danos de corrosão, quanto do ponto de vista econômico, atingem custos extremamente altos, tanto diretos ou indiretos, resultando em consideráveis desperdícios de investimento; isto sem falar dos acidentes e perdas de vidas humanas, provocadas por contaminações, poluição e falta de segurança dos equipamentos.

Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam a estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção (SOUZA, 1998).



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Por vida útil de um material entende-se o período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados. O conhecimento e o entendimento da vida útil e da curva de deterioração de cada material são fatores de fundamental importância para o planejamento de orçamentos reais para a obra, assim como de programas de manutenção adequadas (SOUZA, 1998).

Para que uma rodovia apresente nível de desempenho superior, torna-se fundamental que todos os seus componentes (pavimento, terrapleno, proteção do corpo estradal, obras de arte correntes, obras de arte especiais, sinalização, obras complementares, etc.) desempenhem suas funções de forma satisfatória e se comportem de forma solidária e harmoniosa (DNIT, 2006).

O objetivo principal desse trabalho foi quantificar as possíveis perdas de resistência do concreto e o perigo que estas representam aos usuários dessa rodovia, além da identificação de patologia em três pontes de concreto armado na rodovia PB-073, entre os Municípios de Belém-PB e Tacima-PB, localizados na região do Curimataú Oriental Paraibano. Dessa forma, alertar os órgãos competentes da necessidade de manutenção dessas obras de arte especiais.

Metodologia

Para o desenvolvimento desse trabalho foram catalogadas três pontes de concreto armado na rodovia PB-073, entre os Municípios de Belém-PB e Tacima-PB que apresentam corrosão nas armaduras das obras de arte especiais (pontes).

Essas rodovias estaduais da área de estudo foram construídas há aproximadamente 50 anos. Devido a fatores construtivos e a manutenção precária apresentam vários defeitos que afetam desde o pavimento até obras complementares.

A metodologia consistiu em:

- Vistorias para identificação das patologias;
- Realização de ensaio não destrutivo *in loco* para verificação das resistências atuais das pontes, por meio da avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão.

O ensaio de avaliação da dureza superficial utilizando o esclerômetro de reflexão foi realizado nos guarda corpos (GC), tabuleiros (TB) e vigas primárias (VP) das três pontes. O



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



ensaio é realizado desenhando-se uma malha de nove quadrados na peça a ser avaliada e aplicando-se um golpe para cada quadrado da malha (Figura 1). As resistências médias e mínimas do concreto são obtidas a partir de ábacos do próprio equipamento.



Figura 1a - Ensaio de avaliação da dureza superficial no guarda corpo da ponte 2.



Figura 1b - Ensaio de avaliação da dureza superficial na viga primária da ponte 2

Resultados e Discussões

A vistoria realizada nas três pontes consistiu em medições, referenciamento geográfico e registros fotográficos (Tabela 1). Foi utilizado o sistema geodésico SAD69 (South American Datum) através de um GPS (Global Positioning System) portátil.

Tabela 1 - Dimensões e localizações das pontes estudadas.

	Largura	Dimensões		Localização: Coordenadas em UTM, Fuso 25S	Altitude
		Comprimento	Altura		
Ponte 1	10 m	26 m	5,40 m	N 9260831m E 219139 m	140 m
Ponte 2	9,5 m	23 m	5,20 m	N 9275781m E 217202 m	148 m
Ponte 3	8,50 m	15,8 m	5,80 m	N 9279231m E 213182m	144 m



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



A ponte P1 está localizada perto da cidade de Belém. Devido a essa proximidade, o riacho que passa sob essa ponte é utilizado como um corpo receptor dos esgotos da cidade. Por causa do difícil acesso não foi possível visualizar as vigas primárias, vigas secundárias e laje abaixo da ponte. Assim, foi realizado o ensaio de esclerometria no guarda corpo e na laje de passagem de pedestre. No entanto, essa laje apresentou resultados que tiveram uma discrepância alta sendo descartado devido á metodologia do ensaio.

Na ponte P2 as armaduras do tabuleiro, das vigas primárias, das vigas secundárias e dos guarda corpos, estão expostas em diversos locais, estando o cobrimento em algumas partes totalmente destruído com redução da seção das armaduras. A Figura 2 abaixo mostra a diminuição da seção das lajes na seção inferior das pontes.



Figura 2a - Corrosão na laje da ponte 2.



Figura 2b - Corrosão na viga secundária da ponte 2.

A ponte 3 apresenta um estágio avançado de corrosão, como evidenciado na Figura 3. Nas vigas primárias de sustentação, a armadura está em processo de corrosão com a propagação em todo o perímetro das vigas comprometendo o cobrimento e a redução da seção das armaduras, além da diminuição da seção das vigas de sustentação inferior das pontes.

Nos guardas corpos a corrosão atingiu o estado-limite de referência, expondo as armaduras em vários pontos ocorrendo à degradação do concreto e a diminuição da seção transversal. Isto implica na determinação da perda de funcionalidade da estrutura e o comprometimento de sua estabilidade.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Figura 3a - Corrosão em viga primária da ponte 3.



Figura 3b - Corrosão no guarda corpo da ponte 3.



Figura 3c - Corrosão em viga primária da ponte 3.

Observa-se que nas vigas primárias e secundárias a exposição das armaduras revelam a locação dos estribos de forma irregular, o que favorece o fissuramento do concreto, e conseqüentemente a penetração de substâncias químicas (cloretos e bicarbonatos) que causam a corrosão, afetando negativamente a sua estabilidade. Outra observação feita refere-se ao cobrimento, pois é visível o espaçamento não padronizado ao longo da estrutura das pontes. Isso porque em algumas peças o cobrimento varia em suas seções.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos na avaliação da dureza superficial para o cálculo da resistência atual das três pontes.

A média dos impactos foi obtida utilizando o seguinte critério: dos nove impactos aplicados na malha quadrada foram descartados os valores afastados de mais ou menos 10%



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



da média obtida. A média corrigida foi obtida de no mínimo 5 resultados válidos. Os valores que foram descartados estão em vermelho.

Tabela 2 – Ensaio de avaliação da dureza superficial.

Ponte	Peça	Impacto								
P1	GC	48	47	46	52	45	46	41	44	46
	GC	38	40	37	44	40	37	41	36	37
	GC	40	42	42	40	44	39	42	39	42
P2	GC	40	39	38	38	41	40	40	40	40
	TB	32	34	37	34	30	34	34	34	37
	VP	33	34	33	32	35	32	33	30	29
P3	GC	40	42	40	43	41	42	42	48	50
	TB	41	45	43	42	46	41	42	41	41
	VP	25	27	26	28	30	26	25	31	25

Legenda: GC = Guarda corpo, TB = Tabuleiro e VP = Viga primária.

A partir das médias corrigidas foi possível obter o f_{ck} médio e o f_{ck} mínimo das três pontes para as diferentes peças (Tabela 3). Nota-se uma perda da resistência das peças, principalmente nas vigas primárias, possivelmente em consequência da corrosão nas armaduras, uma vez que a armadura não mais se solidariza com o concreto. Vale salientar que a resistência à tração desse concreto armado pode ser comprometida, devido ao fato das armaduras serem responsáveis por esta resistência.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

Realização:



COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Tabela 3 - Resistências médias e mínimas obtidas para as três pontes.

<i>Ponte</i>	<i>Peça</i>	<i>Média</i>	<i>Média Corrigida</i>	<i>fck med (MPa)</i>	<i>fck min (MPa)</i>
P1	GC	46,11	46	43,8	37,6
	GC	38,89	38,89	33,0	33,0
	GC	41,11	41,11	36,0	29,9
P2	GC	39,56	39,56	33,7	27,7
	TB	34,00	34,5	26,3	20,7
	VP	32,30	32,75	24,2	18,7
P3	GC	43,11	41,43	36,0	29,9
	TB	42,44	42,44	37,6	31,4
	VP	27,00	26	15,0	10,2

Conclusões

Os estudos apontam que a degradação dessas pontes está associada à salinidade das águas dos rios da região, a variação de temperatura e a uma possível reação álcali-agregado (RAA), aliados a ausência de manutenção. Fatos estes que acarretam uma redução na resistência do concreto das pontes.

A variação de temperatura da região do Curimataú Oriental Paraibano provoca na estrutura um ciclo de dilatação-contração criando microfissuras que proporciona o carreamento de substâncias que causa a corrosão em direção à armadura das pontes. Estas substâncias são devido à salinidade dos rios da região do Curimataú Oriental Paraibano que é bastante elevada principalmente em cloretos e bicarbonatos. Percebeu-se que as pontes não apresentam as juntas de dilatação necessárias para o bom funcionamento das estruturas em decorrência do cobrimento asfáltico sobre as mesmas. É notória a vibração excessiva das pontes P2 e P3 a serem solicitadas durante a passagem de veículos.

Devido à indisponibilidade dos memoriais descritivos por parte do DER – Departamento de Estradas e Rodagem do Estado da Paraíba, não foi possível comparar a resistência atual com a resistência de projeto. No entanto, o ensaio realizado aponta que as pontes 2 e 3 apresentam resistências mínimas determinadas, prováveis resistências, abaixo das resistências prescritas nas normas regulamentadores vigentes no país.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

Realização:



COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Referências

- BERTOLINI, L. Materiais de construção: Patologia, Reabilitação, Prevenção; tradução de Leda Maria Marques Dias Beck. Oficina de Textos. São Paulo, 2010.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentação. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2006.
- GENTIL, V. Corrosão. 4ª ed. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro, 2003.
- LOURENÇO, L. C. Análise da Corrosão em Estruturas de Pontes Metálicas e em Concreto Armado. Dissertação de Mestrado. UFF. Niterói, 2007.
- SOUZA, V. C. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1ª ed. Pini. São Paulo, 1998.