

Envelhecimento e inspeção de pontes e viadutos

HELENE, Paulo R. L. Prof. Titular, Universidade de São Paulo,
Departamento de Engenharia de Construção Civil PCC/USP.

INTRODUÇÃO

Este trabalho específico, dentro de um Seminário amplo sobre conceituação da durabilidade na construção civil, justifica-se pela oportunidade criada por mais um acidente de grandes e graves repercussões à comunidade da cidade de São Paulo com a interdição da Ponte dos Remédios, sobre o Rio Tietê, ocorrida no dia 03 de junho de 1997. Várias Entidades e Profissionais se manifestaram sobre o problema, tendo o Instituto de Engenharia de São Paulo apresentado um manifesto¹ conclamando as Autoridades Municipais, Estaduais e Federais para a importância e urgência de medidas que assegurem projetos atualizados, inspeções adequadas e realização das conservações necessárias.

Não há dúvida que esta situação extrema poderia ter sido evitada, com benefícios a todos, principalmente do ponto de vista da imagem do Poder Público e da imagem da Engenharia Nacional e também do ponto de vista da economia dos recursos públicos. Vários estudos internacionais² e nacionais³ tem sido unânimes em declarar que os custos de reparo, de restauração e de reforço e proteção são sempre muito mais elevados que os de prevenção, sempre que estes sejam efetuados oportunamente.

Cabe lembrar que os processos degenerativos em estruturas de concreto são, na sua grande maioria, auto acelerantes⁴, ou seja, uma fissura acarreta o ingresso de agentes agressivos que despassivam a armadura que se corroe e gera produtos expansivos que destacam o concreto de cobrimento que por sua vez expõem mais ainda a armadura que se corroe mais rapidamente causando mais e maiores fissuras e destacamentos e rupturas, e assim progressivamente até o colapso total ou parcial.

Esse efeito sinérgico e pernicioso está muito bem caracterizado na literatura especializada através do trabalho conhecido por

“Lei de Sitter” apresentado no boletim técnico nº 152 do “Comité Euro Internacional du Béton-CEB” de 1984. Segundo seu autor, o pesquisador Sitter, os custos de intervenção nas estruturas de concreto variam segundo uma progressão geométrica de razão cinco. Dividindo as etapas de construção em quatro períodos; projeto, construção, manutenção preventiva e manutenção corretiva, associa o custo um à qualquer medida de prevenção ou proteção tomada na fase de projeto.

Assim tem-se os custos na razão de 1, 5, 25 e 125, ou seja, uma intervenção corretiva pode ser 125 vezes mais dispendiosa que a mesma medida tomada a nível de projeto, antes da construção. Portanto adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão 5 (cinco), o que permite afirmar que mesmo por razões econômicas é sempre conveniente proceder à intervenção o mais rápido possível.

Já no século passado, no discurso de posse do Eng^o Robert Stephenson na presidência do Instituto dos Engenheiros Civis da Grã-Bretanha em 1856, ele declarava⁵: “Tenho esperança de que todos os acidentes e problemas que tem ocorrido nos últimos anos sejam registrados e divulgados. Nada é tão instrutivo para jovens engenheiros como o estudo dos acidentes e da sua correção. A descrição exata desses acidentes, com o entendimento correto dos mecanismos de ocorrência, é realmente mais valioso que a descrição dos trabalhos bem sucedidos. Também os engenheiros experientes retiram os mais úteis ensinamentos da observação desses acidentes, que podem ocorrer nas suas próprias obras. Com esse objetivo nobre é que proponho a catalogação desses problemas nos arquivos desta Instituição”. Parece natural observar que a todo acontecimento negativo envolvendo a Engenharia deve-se buscar tirar a melhor e mais positiva lição.

¹ INSTITUTO de ENGENHARIA de SÃO PAULO. Manifesto. 1997 e “Especificações para Contratação de Serviços de Engenharia Consultiva Relativas a Obras de Arte. São Paulo, IE Divisão de Estruturas, sd.

² MEHTA, P. Kumar. Durability of Concrete - Fifty Years of Progress ? In : Colóquio Internacional sobre Avanços nas Tecnologias de Produção e Reparos de Concretos em Meios Agressivos, São Paulo, ago.1992. Anais. São Paulo, Universidade de São Paulo PCC / USP, 1992

CRAIG, J.R.; O'CONNOR, D. S.; AHLKOG, J. J. Economic of Bridge Deck. Protection Methods. Materials Performance, p. 32-4, nov. 1982

COMMITTEE on CONCRETE DURABILITY : NEEDS and OPPORTUNITIES. Concrete

Durability: A Multibillion-Dolar Opportunity. Washimngton, NMAB, CETS, NRC, National Academy Press, 1987. (Report NMAB-437)

GRUPO ESPAÑOL del HORMIGÓN. Encuesta sobre Patología de Estructuras de Hormigón. Madrid, GEHO, feb. 1992. (Boletín, 10)

SOZEN, M. A. Maintenance and Repair. Concrete International, v 12, n. 9, p.71-3, Sept. 1990.

BIJEN, J. M. Maintenance and Repair of Concrete Structures. Heron, v.34, n. 2, 1989.

³ Dal MOLIN, Denise C. C. Fissuras em Estruturas de Concreto Armado : Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos Ocorridos no Estado do Rio Grande

Evidentemente a importância de uma observação sistemática e manutenção adequada não se restringe a pontes mas a todas as obras públicas e privadas de importância social e estratégica elevadas, tais como túneis, viadutos, pontes, estádios de esportes, adutoras de água potável, galerias de esgotos e estações de tratamento de água e de esgoto importantes, marquizes e edificações em geral.

A manutenção de pontes atinge proporções gigantescas em países de clima temperado, principalmente nas regiões com neve. Nessas regiões tem sido empregado sais anti-congelamento à base de cloreto de sódio que é um material relativamente barato e muito eficiente para assegurar a circulação de veículos em condições de segurança. A solução decorrente escorre pelas estruturas penetra e percola nos poros do concreto e atinge as armaduras, despessivando-as e promovendo corrosões eletroquímicas⁶ importantes.

Segundo o pesquisador Harik⁷ da ASCE, nos Estados Unidos, até 1988 estavam catalogadas 587.717 pontes, das quais 114 apresentaram falhas graves e 89 chegaram ao colapso total, considerando o período de 1951 a 1988. Dunker & Rabatt⁸ do "National Bridge Inventory" dos Estados Unidos noticiam que mais de 200.000 pontes (1/3 das existentes) podem ser consideradas deficientes, estando mais de 130.000 com restrições de carga e 5.000 interditadas. Todo ano, cerca de 150 a 200 tramos sofrem colapso parcial ou total, requerendo intervenção imediata.

No Brasil ainda não se conhece em profundidade o tamanho do problema. O DER de São Paulo estima em cerca de 5.000 a 6.000 pontes no Estado sob sua responsabilidade. Se somarmos a essa estimativa as pontes municipais e federais, e considerarmos que esse é o Estado mais rico do país, com maior infra-estrutura, talvez seja possível dizer que o estoque de pontes brasileiras está de 30.000 a 50.000, menos de 10% do estoque americano. Apesar de bem inferior, representa um patrimônio expressivo para o país, da ordem de R\$ 200.000.000.000,00 (200 bilhões de dólares), se considerarmos uma extensão média de 250 m com largura de 4 faixas (duas em cada direção), ou seja, em média, 5.000 m² por ponte.

Por todas essas razões torna-se imprescindível entender em profundidade o processo de envelhecimento dessas obras de arte es-

peciais de forma a aperfeiçoar os procedimentos de projeto e de execução de obras novas, produzindo-as mais duráveis e mais econômicas. Para entender o envelhecimento dessas estruturas é necessário, por um lado, procedimentos adequados de vistoria, de inspeções e de monitoramento, e por outro dominar o conhecimento atual de mecanismos de deterioração de estruturas de concreto que se aplicam a todas as estruturas.

É conveniente aproveitar os conhecimentos e práticas já geradas e experimentadas no exterior, principalmente as já disponíveis nos países ricos de clima temperado, porém é imprescindível estudar nossa realidade é criar e estabelecer nossos próprios programas de manutenção. A deterioração e o envelhecimento de pontes em climas tropicais e equatoriais é muito diferente de climas temperados e frios. Vale a pena questionar se o projeto de obras novas e os procedimentos de vistoria adotados no Brasil têm levado em conta essas particularidades.

PESQUISAS NA ÁREA

Os americanos são pródigos em levantamentos confiáveis sobre a incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto. Em 1982⁹, por exemplo, um levantamento, do estado de conservação de cerca de 560.000 pontes, indicou que 39.000 delas deveriam ser reparadas ao custo de 7,2 bilhões de dólares americanos, para poderem ser utilizadas com segurança. Skalny¹⁰, em nome do Comitê "Concrete Durability" informou em 1987 que o valor de todos os edifícios e estruturas de concreto nos Estados Unidos alcançavam a impressionante cifra de mais de 6 trilhões de dólares. Ao mesmo tempo o volume de recursos manipulados pela construção civil em 1985 foi de 300 bilhões de dólares, empregando 5,5 milhões de trabalhadores, cerca de 17% da força de trabalho americana. Em relação a este volume de recursos os custos de reparos podem ser estimados em 50 bilhões de dólares/ano, representando cerca de 16% do total do setor.

A corrosão de armaduras aparece como a terceira patologia de maior incidência nas estruturas de concreto conforme levantamento efetuado pelo GEHO¹¹ em 52 províncias espanholas. Na análise de 844 casos de corrosão foi a causa de 15% do total de patologias encontradas, somente atrás das fissuras (62%) e das deformações excessivas (22%).

do Sul. Porto Alegre, 1988. Dissertação (Mestrado). Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Paulo S. F. Proteção e Manutenção das Estruturas de Concreto. Engenharia, n. 485, p. 11-26. nov. dez. 1991.

CARMONA FILHO, A.; MAREGA, A. Retrospectiva da Patologia no Brasil; Estudo Estatístico. In: Jornadas en Español y Português sobre Estructuras Y Materiales, Madrid, 1988. Colloquia 88. Madrid, CEDEX, IET, mayo 1988. p. 325-48.

⁴ BAUER, Luiz A. F. & BAUER, Roberto J. F. A Concepção e a Durabilidade de Obras de Arte. São Paulo, Construção, PINI, n. 2214, 16 jul. 1990. p. 19-20

⁵ LICHTENSTEIN, Norberto B. Patologia das Construções: Procedimento para Formulação do Diagnóstico de Falhas e Definição de Conduta Adequada à Recuperação de Edificações. São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil PCC / USP, 1985. (Dissertações de Mestrado)

⁶ HELENE, Paulo R. L. Contribuição do Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado. São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil PCC / USP, fev. 1993. 231p. (tese de livre-docência)

⁷ HARIK, I. E. et al. Unites States Bridge Failures. 1951-1988. Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, v.4, Nov. 1990. p. 272-7

⁸ DUNKER, K. F. & RABBAT, B. G. Why America's Bridges are Crumbling. Scientific American, Mar. 1993. p. 66-72

A nível nacional ainda são poucos os dados e enquetes disponíveis. Este autor teve oportunidade de orientar um levantamento de manifestações patológicas efetuado por Dal Molin¹², no Rio Grande do Sul, mostrando que se por um lado a incidência de corrosão de armaduras é da ordem de apenas 11% do total de patologias encontradas, por outro, esta cifra sobe ao significativo patamar de 40%, quando analisada segundo a gravidade e implicações da manifestação patológica na segurança estrutural.

Magalhães, Folloni e Furman¹³ da Divisão de Obras de Arte da Prefeitura do Município de São Paulo realizaram extensa vistoria em 145 viadutos e pontes da capital classificando 22 como alto risco e 18 como de médio risco, sendo que 58% do total apresentavam problemas de corrosão de armadura. No campo das soluções e correções dos problemas de corrosão de armaduras, Oliveira¹⁴, tem frequentemente abordado as principais questões relacionadas à problemática de reparos.

Dario Klein & Campagnolo¹⁵ em interessante e minucioso estudo das obras de arte especiais da Cidade de Porto Alegre, concluíram que dos onze principais viadutos da cidade, dois (2) podiam ser classificados como de alto risco (18%), um (1) como de baixo risco (9%) e oito (8) como de médio risco (73%). No mesmo estudo as principais patologias foram: má drenagem, juntas de dilatação rompidas, ação da temperatura decorrente de fogueiras realizadas por indigentes, aparelhos de apoio danificados e que os elementos estruturais em melhores condições foram sempre os pilares.

O trabalho mais completo sobre o tema no Brasil é de autoria dos professores Antonio Carmona Filho e Arthur Marega, intitulado "Retrospectiva da Patologia no Brasil, estudo Estatístico"¹⁶ no qual foram analisados mais de 700 relatórios técnicos de casos de patologia em diferentes regiões do país. Tomando como base o faturamento das nove maiores empresas de recuperação estrutural, os pesquisadores citados encontraram a expressiva cifra de 28 milhões de dólares investidos no ano de 1987 em obras de recuperação e reforço. A corrosão de armaduras ocorreu em 27% do total de casos analisados. Concreto projetado com 47% do total, seguido por resinas epóxi com 35%, e concreto convencional com 20%, foram as soluções mais utilizadas na correção dos problemas encontrados.

O problema de corrosão das armaduras em estruturas de concreto infelizmente tem grande incidência, tem acarretado acidentes fatais como alguns desabamentos das marquises e lajes em balanço sobre calçadas em Porto Alegre¹⁷, ou acarretado enormes prejuízos como a queda da adutora principal da Sabesp¹⁸ sobre o rio Pinheiros na Ponte do Socorro em São Paulo que deixou perto de 3 milhões de paulistanos sem água potável, durante cerca de quinze dias. Agora, com a interdição da Ponte dos Remédios, cujo principal problema foi novamente a corrosão dos cabos de protensão por infiltração de água através de junta de concretagem mal posicionada e não tratada, a corrosão consagra-se como um dos mais graves problemas das estruturas de concreto.

Para evitar a ocorrência de corrosão em obras novas é necessário conhecimento técnico atualizado e abrangente do problema. No caso de reparos e recuperações as exigências de conhecimento são ainda maiores requerendo materiais e técnicas específicas a cada caso, sendo, desta forma, o estudo da corrosão de armaduras um dos temas de grande importância atual para o desenvolvimento da engenharia.

Nos Estados Unidos, os primeiros estudos sistemáticos de corrosão de armaduras tiveram início em 1961, por iniciativa da "Portland Cement Association-PCA"¹⁹, que juntamente com dez departamentos estaduais de transportes efetuaram levantamento de manifestações patológicas em 70 tabuleiros de pontes distribuídas por vários estados americanos. O programa teve por objetivo não só identificar os problemas mas também encontrar suas causas e propor recomendações para projetos futuros. Concluir recomendando, entre outros cuidados, concretos de relação água/cimento máxima de 0,44 e cobrimentos mínimos de concreto à armadura de 50 mm²⁰.

Babaei²¹ em seu relatório de avaliação da durabilidade de tabuleiro de pontes no estado de Washington, descreve também as experiências de outros nove departamentos estaduais de transporte dos Estados Unidos que empregaram técnicas eletroquímicas para monitoramento da corrosão dando especial ênfase à medida do potencial de eletrodo através do uso do eletrodo de referência secundário à base de cobre/sulfato de cobre em continuidade aos trabalhos pioneiros de Stratful²², introdutor do método nas aplicações em tabuleiro de pontes de concreto nos Estados Unidos.

⁹ Craig, J. R.; O'CONNOR, D. S.; AHLKOG, J.J. Economic of Bridge Deck. Protection Methods. Materials Performance, p.32-4, Nov. 1992.

¹⁰ COMMITTEE on CONCRETE DURABILITY: NEEDS and OPPORTUNITIES. Concrete Durability: A Multibillion-Dolar Opportunity. Washington, NMAA, CETS, NRC, National Academy Press, 1987. (Report, NMAA-437)

¹¹ GRUPO ESPAÑOL del HORMIGÓN. Encuesta sobre Patologia de Estructuras de Hormigón. Madrid, GEHO, feb. 1992. (Boletín, 10).

¹² Dal MOLIN, Denise C. C. Fissuras em Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos Ocorridos no Estado do Rio

Grande do Sul. Porto Alegre, 1988. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

¹³ MAGALHÃES, Catullo P.; Folloni, Ricardo; FURMAN, Horácio. Análise da Patologia das Obras de Arte do Município de São Paulo. In: Simpósio Nacional de Reparos, Reparos e Proteção das Estruturas de Concreto, São Paulo, maio 1989. Anais. São Paulo, EPUSP, 1989. p.3-17.

¹⁴ OLIVEIRA, Paulo S. F. Proteção e Manutenção das Estruturas de Concreto. Engenharia, n. 485, p.11-26, nov. dez. 1991.

¹⁵ KLEIN, Dario L. et All. Estudo das Manifestações Patológicas das Obras de Arte de Porto Alegre. Córdoba, CON-PAT 91, Argentina, Abr. 1991.

Em 1984 o "National Materials Advisory Board-NMAB" pertencente ao "National Research Council of USA", utilizando recursos do Departamento de Defesa e da Aeronáutica Americana, contratou o "Committee on Concrete Durability: Needs and Opportunities"²³ para estudar a questão da durabilidade das obras civis de infra-estrutura do país. Em 1980 o próprio "NMAB" havia elaborado um estudo intitulado "The Status of Cement and Concrete Research and Development in the United States" que concluiu estar a atividade de pesquisa americana²⁴ no campo de concreto, deficiente e em declínio, o que deu origem à solicitação deste segundo estudo para saber as razões desse declínio e as posições a tomar²⁵. O relatório final do segundo trabalho, publicado em 1987 concluiu que havia problemas graves de durabilidade das estruturas de concreto em proporção suficientemente grande para merecer uma ação nacional, recomendando as seguintes providências;

- Incluir nos programas das escolas de engenharia tópicos científicos de durabilidade dos materiais com especial ênfase na química na e física.

- Incrementar e expandir programas de pesquisa multi-disciplinares e cooperativos entre Universidade, Indústria e Governo;

- Desenvolver sistemas e critérios de previsão da vida útil e de avaliação e monitoramento das estruturas;

- Expandir e estimular os cursos de educação continuada e criar novos cursos destinados a técnicos e operários que trabalham com concreto;

- Aumentar os meios de transferência de tecnologia, tais como cursos, simpósios, congressos, normalização;

- Aumentar os recursos destinados à pesquisa e desenvolvimento em construção civil criando uma taxa extra sobre a venda de todos os materiais de construção para destiná-la à pesquisa e desenvolvimento, e, aumentar a destinação das agências federais à pesquisa na engenharia civil;

- Desenvolver e implementar os sistemas de garantia e de controle da qualidade na construção civil.

Como resultado desse relatório contundente, a "Federal

Highway Agency of USA-FHA" através da "Surface Transportation and Urban Relocation Assistenc-STURA" lançou, em 1987 um programa nacional de pesquisa intitulado "Strategic Highway Research Program-SHRP"²⁶ no valor de 150 milhões de dólares americanos para serem investidos no prazo de 5 anos, contemplando os estudos de durabilidade das estruturas de concreto como um dos quatro temas principais.

No campo da normalização pelo menos três entidades americanas de reconhecida competência constituíram comitês específicos para tratar do tema; "ACI Committee 222 Corrosion of Metals in Concrete" pertencente ao "American Concrete Institute-ACI"; "ASTM G.01 corrosion of Metals" pertencente à "American Society for Testing and Materials-ASMTM" e o "T-3K Corrosion and Other Deterioration Phenomena Associated with Concrete" pertencente à "National Association of Corrosion Engineers-NACE". Esses comitês e sub-comitês foram constituídos na década de 70, o que demonstra ser o estudo sistemático da corrosão das armaduras um tema relativamente novo no meio técnico.

A nível europeu a "The International Union of Testing and Reserach Laboratories for Materials and Structures-RILEM" promoveu dois congressos internacionais sobre durabilidade, um em 1961 e outro em 1969, culminando com a publicação, em 1974, do estado da arte sobre corrosão de armaduras elaborado pelo comitê RILEM 12-CRC²⁷. Mais recentemente, em 1988, Schiessl²⁸ publica um relatório abrangente e atualizado do comitê técnico RILEM 60-CSC sobre corrosão do aço no concreto, o qual mostra o estágio adiantado das pesquisas, assim como a visão atualizada dos pesquisadores europeus na área de corrosão de armaduras.

Na Inglaterra, os estudos sistemáticos dos problemas de corrosão em estruturas marítimas começaram em 1976 através do programa denominado de "Concrete-in-the-Oceans Programme"²⁹, patrocinado pela "Construction Industry Research an Information Association-CIRIA" e pelo Departamento Inglês de energia constando de duas fases : a primeira no valor de US\$ 1.400.000 contemplando seis projetos, com duração total das duas fases de aproximadamente 10 anos. O primeiro relatório desse programa foi elaborado por Beeby³⁰, reconhecido pesquisador da "Cement & Concrete Association-C&CA" que tratou da questão da relação da

¹⁶ CARMONA FILHO, A.; MAREGA, A. Retrospectiva da Patologia no Brasil; Estudo Estatístico, In: Jornadas en Español y Português sobre Estructuras y Materiales, Madrid, 1988. Colloquia 88. Madrid, CEDEX, ET, mayo 1988. p. 325-48.

¹⁷ Publicado em manchete no jornal "O Estado de S. Paulo" de 7 de outubro de 1988.

¹⁸ Publicado em manchete de primeira página no "Jornal da Tarde" de 22 de junho de 1988.

¹⁹ PORTLAND CEMENT ASSOCIATION: Durability of Concrete Bridge Decks: A Cooperative Study; Final Report EB067.01 E. Skokie, PCA, 1970.

²⁰ Para locais onde não serão utilizados sais de degelo, o limite pode ser de a/c - 0,49 e cobrimento mínimo de 38mm.

²¹ BABAEI, Khossrow. Evolution of Half-Cell Corrosion Detection Test for Concrete Bridge Decks: final report. Seattle, Washington State Department of transportation, 1986. (WA-RD 95.1).

²² STATFULL, R. F. Half-Cell Potentials and the Corrosion of Steel in Concrete. Highway Research Record, n. 433, p. 12-21, 1973.

²³ COMMITTEE on CONCRETE DURABILITY: NEEDS and OPPORTUNITIES. Concrete Durability: A Multibillion-Dolar Opportunity. Washington, NMAB, CETS, NRC, National Academy Press, 1987. (Report NMAB-437).

abertura de fissuras com a taxa de corrosão das armaduras³¹, propondo pela primeira vez que fossem aceitas em projeto abertura de fissuras de até 0,4mm sem prejuízo à vida útil³² da estrutura. Suas recomendações foram posteriormente aceitas e incorporadas nas recomendações do “Comite Euro-Internacional du Béton-CEB”³³ de 1990.

O Departamento de Transporte de Inglaterra vem estudando sistematicamente os problemas de durabilidade das pontes de concreto armado e protendido, tendo publicado em 1989 um relatório extenso e detalhado de avaliação de desempenho de 200 pontes³⁴. O estudo constou de observações visuais, medidas de potencial de eletrodo, determinação do teor de cloretos impregnado, profundidade de carbonatação e espessura de cobrimento das armaduras, concluindo que 60 delas, ou seja, 30% do total de pontes vistoriadas, apresentavam problemas graves. As pesquisas de avaliação das estruturas de concreto armado e protendido do sistema de transportes inglês são contínuas e tiveram início na década de 60. Para dar uma idéia da seriedade com que a engenharia inglesa trata a questão da durabilidade nas suas obras, pode-se citar terem sido propostas em continuidade ao estudo citado mais 10 novas pesquisas visando a melhoria dos recursos de avaliação de estruturas; 18 sobre efeitos, mecanismos e proteção contra a contaminação por cloretos; 14 sobre reação álcali agregado e 14 sobre procedimentos, especificações e projeto, tanto para construção de obras novas duráveis, quanto para manutenção preventiva e corretivas de obras degradadas.

No Brasil, o primeiro trabalho específico e abrangente sobre o tema de durabilidade relacionada a corrosão de armaduras foi publicado por este autor em 1981 nos anais do Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto realizado em Campinas³⁵. Versão atualizada desse trabalho foi publicada no exterior³⁶ e no Brasil³⁷ culminando na publicação do primeiro livro nacional sobre o tema, em 1986³⁸. Na linha dos estudos da durabilidade do concreto em geral deve-se ressaltar os vários trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A. -IPT, dos quais pode-se citar o de Molinari³⁹ e o de Cincotto⁴⁰.

O Professor Miranda⁴¹ do Departamento de Metalurgia da Universidade Federal do Rio de Janeiro foi um dos pioneiros no

Brasil a aplicar as técnicas de medida de potencial de eletrodo nas estruturas de concreto. A pesquisadora Telma Miranda⁴² do Instituto Nacional de Tecnologia, também no Rio de Janeiro, tem estudado e implantado, no INT, novos recursos de monitoramento da corrosão tais como resistência de polarização e impedância eletroquímica. Ainda no Rio de Janeiro deve-se citar o professor Gentil⁴³, pesquisador de renome e especialista em vários fenômenos de corrosão. Ressalta-se também a enorme contribuição que a Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO⁴⁴, vem dando ao desenvolvimento e difusão das pesquisas na área, através da promoção bial, a partir de 1986, de simpósio nacional relacionado com os problemas de corrosão na construção civil.

No campo da normalização nacional foi constituído em 1986 no âmbito de Comitê Brasileiro de Siderurgia CB-1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, a Comissão de Estudos “CE 1:99.01 Corrosão de Elementos Metálicos no Concreto” cujo profícuo trabalho resultou na redação dos projetos “CE 1:99.01.001 Controle da Corrosão de Armaduras em Estruturas de Concreto Armado. Procedimento” e “CE 1:99.01.002 Manutenção e Recuperação de Obras de Concreto Armado para Controle da Armaduras. Procedimento.” Ambos em tramitação na ABNT.

Atualmente está em fase final o novo texto da NBR6118 Projeto e Execução de Obras de Concreto, no âmbito do CB-2 da ABNT que contém um capítulo específico sobre durabilidade contemplando conceitos atualizadíssimos. Ciente da importância do tema durabilidade o CB-18 da ABNT contratou a redação do texto base de uma norma específica sobre durabilidade e vida útil que certamente vai auxiliar sobremaneira a redução dos riscos de envelhecimento precoce e não esperado das estruturas de concreto projetadas e construídas no país.

Em Brasília as pesquisas na área tem sido realizadas pelos professores Antonio Nepomuceno e Elton Bauer⁴⁵ da Universidade de Brasília. Em Campinas a professora Inês Joekes do Departamento de Química da Unicamp, vem liderando um grupo de pesquisas na área com pesquisa de mestrado já concluída⁴⁶.

Em São Carlos, no Campus da Universidade de São Paulo os professores Libório e Hanai⁴⁷ vêm liderando há anos um grupo de pesquisas na área de estruturas de argamassa armada incluindo os aspectos de corrosão de armaduras⁴⁸.

²⁴ ESTADOS UNIDOS. National Materials Advisory Board. The Status of Cement and Concrete R&D in the United States. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1980. (Report NMAB, 361)

²⁵ SKALNY, P. Concrete Durability: A Multibillion-Dollar Opportunity. Concrete International, v.10, n.1, p.33-5, Jan. 1988.

²⁶ STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM. Concrete Bridge Protection, Repair, and Rehabilitation Relative to Reinforcement Corrosion: A Methods Application Manual. SHRP-S-360. Reported by Richard E. Weyes, Briuan D. Provell, Michael M. Sprinkel & Michael Vorster. Washington, National Research Council, 1983.

STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM. Condition Evaluation of Concrete Bridges Relative to Reinforcement Corrosion. Volume 8: Procedure Manual. SHRP-S-330. Reported by Philip D. Cady & Edward J. Gannon. Washington, National Research Council, 1983.

²⁷ REUNION INTERNATIONALE de LABORATOIRES D'ESSAIS et MATERIAUX. Corrosion of Reinforcement and Prestressing Tendons: a “State-of-Art” Report. Reported by RILEM Technical Committee 12-CRC. Matériaux et Constructions, v.9, n.51, p.187-206, 1976.

²⁸ SCHIESSI, P., ed. Corrosion of Steel in Concrete: RILEN Report of the Technical Committee 60-CSC. London, Chapman & Hall, 1988.

Na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-EPUSP e no curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul-URFGS, os trabalhos de pesquisa tem se concentrado no grupo de materiais de construção civil que desenvolve atualmente três pesquisas experimentais visando o título de mestre, sendo duas já concluídas^{49,50}, que abordaram os problemas de método e metodologias de ensaio, e uma em andamento⁵¹, e seis pesquisas originais visando o título de doutor em engenharia⁵². Ainda em São Paulo deve ser registrada a enorme contribuição que vem dando o Instituto Brasileiro do concreto-IBRACON, através da edição de revista técnica⁵³, promoção de simpósios e reuniões anuais que frequentemente abordam o tema da durabilidade das estruturas de concreto, dando oportunidade para divulgação dos trabalhos na área.

DIAGNÓSTICO DE SEGURANÇA E DE DURABILIDADE

As vistorias detalhadas de obras de importância social para emissão de um diagnóstico de segurança e de durabilidade estão dentro das atividades entendidas como de manutenção preventiva e devem constituir-se de relatórios minuciosos elaborados sob a responsabilidade de especialistas de reconhecido saber.

Por diagnóstico entende-se a identificação e descrição precisa do mecanismo, das origens e das causas efetivamente responsáveis pela redução da segurança ou pelo aparecimento de problemas patológicos. A constatação de perda de segurança inicialmente estabelecida ou existência de uma manifestação patológica tanto pode decorrer do aparecimento de um sintoma externo evidente, do tipo manchas de produtos da corrosão, fissuras, lascamento, deflexões excessivas, quanto decorrer de uma inspeção ou vistoria cuidadosa efetuada dentro de um programa sistemático de manutenção, observação e monitoramento da estrutura.

As etapas genéricas de um processo de análise de estruturas com vistas à detecção de eventuais problemas são:

- levantamento de subsídios
- diagnóstico
- definição da conduta

Cada etapa poderá envolver uma ou mais atividades. O primeiro passo pode ser a vistoria ou inspeção geral preliminar da

estrutura, observando-se e registrando-se os sintomas e problemas patológicos. Através da experiência dos técnicos envolvidos são efetuadas observações visuais que podem ser complementadas com ensaios de campo, rápidos e pouco ou não destrutivo.

Não sendo a simples vistoria preliminar e preponderadamente visual suficiente para a formulação de um diagnóstico seguro, deve ser seguido de uma anamnese do problema, ou seja, coleta de informações orais e recuperação de todos os dados disponíveis da obra, tais como projetos, especificações técnicas, diários de obra, relatórios de ensaios e outros. Sempre que for possível este levantamento de antecedentes deve preceder a vistoria, principalmente em casos mais complexos.

O terceiro passo deve ser a inspeção detalhada tanto efetuada diretamente sobre a estrutura quanto em laboratório em amostras coletadas da estrutura. Se ainda assim não for possível formular o diagnóstico o assunto deve passar a fazer parte de uma pesquisa bibliográfica específica, ou ainda no caso de fronteira do conhecimento, uma pesquisa tecnológica ou científica, visando esclarecer a questão.

Passo seguinte é formular o diagnóstico da situação, que nada mais é que o entendimento adequado da questão.

O prognóstico pode ser entendido como uma conjectura sobre o desenvolvimento futuro do problema. Em outras palavras, conhecendo-se a situação, deve-se fazer uma estimativa da evolução do problema no tempo, por exemplo através de estimativa de vida útil residual da estrutura, inclusive definindo-se eventuais medidas eventuais a serem tomadas. Cabe também uma análise da variação ou evolução do custo da intervenção no tempo, assim como uma recomendação do momento mais adequado para essa intervenção, tanto do ponto de vista técnico como econômico.

A definição da conduta, ou seja, o Projeto de Intervenção (reparo, reforço, restauração, proteção) será então o passo seguinte e natural. Nesta etapa, deve ser explicitada a terapia ou correção do problema, caso seja conhecida; inclusive apresentando-se as eventuais alternativas de solução. Uma vez mais, quando a solução não for conhecida, deverá ser objeto de pesquisa.

²⁹ LEEMING, M. B. Corrosion of Steel Reinforcement in OffShore Concrete. Experience from the Concrete-in-the Oceans Programme. In: Alan P. Crane, ed Corrosion of Reinforcement in Concrete Construction. London, Society of Chemical Industry, Ellis Horwood Limited, 1983. p. 59-78

³⁰ BEEBY, A. W. Concrete in the Oceans. Cracking and Corrosion. Wexham Springs, CIRIA/CCA, 1978. (Technical Report, 1).

³¹ Através da análise de mais de 500 corpos de prova, fruto de seis investigações independentes durante exposição a ambientes agressivos, por períodos variando de 2 a 15 anos.

³² Na realidade, segundo o próprio autor, a taxa de corrosão analisada até 2 anos foi maior para os corpos de prova com maiores aberturas de fissura, porém analisada por longos períodos, acima de 8 anos, não foram encontradas diferenças significativas.

³³ COMITE EURO-INTERNATIONAL du BETON. CEB-FIP Model Code 1990: final draft. Lausanne, 1991. (Bulletin d'Information, 203-205)

³⁴ WALLBANK, E. J. The Performance of Concrete in Bridges. A Survey of 200 Highway Bridges. London, Her Majesty's Stationery Office-HMSO, Apr. 1989.

³⁵ HELENE, P. R. L. Corrosão das Armaduras em Concreto Armado. In: Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto, 4., Campinas 1981. SIMPATCOM : Anais. Campinas, Concrelix, 1981.

O procedimento geral se completa com uma avaliação técnica das soluções adotadas através de alguns ensaios de desempenho "in loco" ou em laboratórios e o registro do caso.

Tomando como referência essa metodologia de estudos de manifestações patológicas e as recomendações de Andrade⁵⁴, a elaboração de um parecer ou relatório de análise de estrutura do ponto de vista da durabilidade e segurança, deve ter, pelo menos, os seguintes capítulos:

1. Natureza do trabalho
2. Anamnese ou antecedentes do caso
3. Vistoria preliminar
4. Inspeção detalhada
5. Diagnóstico de segurança e de durabilidade
6. Prognóstico da situação
7. Estudos de alternativas
8. Definições da correção
9. Projeto detalhado da intervenção
10. Conclusões

A descrição da natureza do trabalho deve ser a mais breve e concisa possível e deve conter as questões que o interessado deseja ver respondidas.

Nos antecedentes devem ser relatados todos os dados que o solicitante tenha fornecido como disponíveis e de interesse ao caso. Neste capítulo deve constar também o nome dos técnicos que realizaram a vistoria e as pessoas que os atenderam por parte do solicitante.

O primeiro e mais importante passo é o conhecimento do projeto original e sua memória de cálculo. Sempre é conveniente envolver, se conhecido e atuante, o projetista original da obra de arte especial e sob análise.

Para um correto diagnóstico e prognóstico do caso é necessário o levantamento de uma série de informações básicas, sendo as principais :

1. Data ou período da construção
2. Data ou período de aparecimento ou detecção do problema
3. Tipo e projeto da estrutura

4. Localização da estrutura, atmosfera, meio ambiente

5. Características da armadura, tais como, bitola, tipo, cobertura, acabamento e eventual tratamento superficial.

6. Resistência característica do concreto à compressão, fck especificada no projeto estrutural por ocasião do projeto e construção da obra

7. Características do concreto e concretagem tais como traço, consumo de cimento por m³, tipo de cimento, consistência, adensamento e cura

8. Características, tratamentos, revestimentos ou pinturas eventualmente aplicados a estrutura

9. Toda e qualquer outra informação disponível de interesse ao caso e que possa minimizar os trabalhos e os prazos de investigações das etapas posteriores.

A redação da vistoria efetuada e descrição das manifestações patológicas deve ser cuidadosa e pode ser um dos capítulos mais longos do parecer. É conveniente mencionar todos os detalhes que influenciarão no diagnóstico final. Convém ser ilustrado por fotos, conter a descrição crítica de todos os aspectos construtivos de interesse e a caracterização da agressividade ambiental⁵⁵. Sempre que possível incluir também a incidência de manifestações patológicas por fachada, por andar ou por locais característicos e diferenciados da estrutura.

Com relação a inspeção detalhada é necessário especificar os locais excetos onde foram extraídas as amostras, descrever o plano de amostragem empregado, assim como os métodos de ensaio adotados para cada medida. Os valores dos diferentes parâmetros devem estar claros e expressos com unidade de medida correta, preferivelmente expressas no sistema SI⁵⁶ de unidades. A cada resultado apresentado deve corresponder a uma avaliação breve e crítica do mesmo.

No capítulo destinado a diagnóstico dos problemas deve-se fazer uma breve introdução geral das causas; se cloretos ou carbonatação, ou ambas, que desencadearam o processo de corrosão das armaduras, por exemplo. Deve conter ainda uma avaliação de quanto a qualidade do concreto, sua porosidade e teor

³⁶ Corrosión de las Armaduras en el Hormigón Armado. Cemento-Hormigón, v. 54, n. 591-93, feb./ mar./ abr. 1983.

³⁷ Corrosão de Armaduras para Concreto. A Construção São Paulo, v.37, n.1983, p. 15-20, mar. 1984.

³⁸ Corrosão em Armaduras para Concreto Armado. São Paulo, IPT, PINI, 1986.

³⁹ MOLINARI, G. Deterioração do Concreto Provocada poa Águas do Subsolo contendo Anidrido Carbônico Agressivo. In : Colóquio sobre a Durabilidade do Concreto Armado, 2, São Paulo, jun. 1972. Anais. São Paulo, IBRACON, 1972.

⁴⁰ CINCOTTO, Maria Alba. Avaliação do Grau de Agressividade do Meio Aquoso em Contato com o Concreto. São Paulo, IPT, 1992. (Boletim, 64) p.15-27.

⁴¹ MIRANDA, Luiz R. M.; NOGUEIRA, Ricardo. Medidas de Potencial de Eletrodo em Armaduras de Concreto : Avaliação do Estado de Corrosão. In : Seminário Nacional de Corrosão na Construção Civil, 2., Rio de Janeiro, set. 1986. Anais. Rio de Janeiro, ABRACO, 1986.

⁴² MIRANDA, T. R. V. Aplicação da Técnica de Medida de Impedância ao Estudo da Corrosão de Armaduras. In : Seminário Nacional de Corrosão na Construção Civil, 3., Rio de Janeiro, 1989. Anais. Rio de Janeiro, ABRACO, 1989. p.110-27

⁴³ GENTIL, V. Corrosão. 2. ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1987.

⁴⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROÇÃO - ABRACO. Avenida Venezuela, 27, salas 412 a 418. Praça Mauá. RJ 20081. fone: 021-5161962., fax: 021-233-2892.

de umidade de equilíbrio⁵⁷ poderão estar influenciando a velocidade de corrosão. Esta breve introdução, sem descrições prolixas, deve fazer referência a publicações e permitir que o solicitante possa aprofundar-se no tema se assim o desejar. Por outro lado a descrição dos mecanismos, origens e justificativa direta das causas das manifestações patológicas devem ser detalhadas e tão extensas quanto necessárias a cada caso. Na medida do possível deve correlacionar as diversas variáveis que possam estar influenciando o fenômeno. Recomenda-se também relacionar as questões sobre as quais ainda parem dúvidas. O diagnóstico da situação deve ficar claramente expresso nesta parte do trabalho.

No capítulo correspondente ao prognóstico da situação deve ser apresentada a estimativa da vida útil residual da estrutura e eventuais recomendações para providências a serem tomadas tanto do ponto de vista técnico e de segurança, quanto econômico.

O capítulo seguinte pode apresentar as alternativas de correção do problema descrevendo-se sucintamente os procedimentos de intervenção. O projeto detalhado de reparo e intervenção, com especificação de materiais, sistemas e técnicas construtivas, assim como os procedimentos de controle e garantia da qualidade devem ser objeto de outro documento específico, independente do diagnóstico.

A conclusão pode ser redigida de forma a resumir claramente as observações efetuadas, o diagnóstico do problema e as recomendações sugeridas.

VISTORIA PRELIMINAR

Segundo Repette⁵⁸, na etapa de vistoria, também chamada de inspeção geral ou preliminar, deve ser feita uma inspeção visual cuidadosa da estrutura, buscando observar as regiões com deterioração aparente e zonas onde há possibilidades de serem encontradas anomalias mesmo que estas não estejam aparentes. Muitas vezes, devido a dificuldade de acesso é aconselhável o uso de binóculos. Entre as zonas com riscos maiores têm-se; regiões com aeração diferencial, regiões com riscos de condensação, regiões sujeitas a riscos de molhagem e secagem, e regiões de pouco cobrimento à armadura. A vistoria tem por objetivo também definir as zonas da estrutura nas quais deverão ser efetuadas as investigações detalha-

das eventualmente necessárias, assim como definir que equipamentos e medições deverão ser empregados. É comum nessa etapa proceder-se as seguintes observações e medições:

1. Registrar com fotos as manifestações patológicas mais importantes tais como; manchas de ferrugem, fissuras, destacamento do concreto de cobrimento e flechas. Registrar também as eventuais regiões bem conservadas assim como eventuais soluções ou correções anteriores que estejam apresentando bom resultado

2. Identificar a atmosfera onde a estrutura está localizada, ou seja, macro e micro clima

3. Estimar a agressividade do ambiente, a nível de micro-clima, quanto ao grau de umidade, ciclos de molhagem e secagem, eventual e presença de agentes agressivos

4. Retirar o cobrimento do concreto de algumas regiões corroídas e de outras não corroídas para observação e registro de :

- espessura do cobrimento de concreto, medindo com escala normal de menor divisão igual a 1mm

- redução máxima e média da secção da armadura, utilizando paquímetro

- aspecto e cor dos produtos de corrosão, visualmente e preferencialmente registrando com fotos, dentro de curto espaço de tempo após a quebra do concreto de cobrimento, não mais que 15 minutos

- aspecto e características do concreto através de observação visual da cor, da forma de ruptura dos agregados graúdos, da porosidade decorrente de ar aprisionado, e outros

5. Medir e registrar, em pontos estratégicos, a frente de carbonatação com o uso de indicadores químicos tais como fenolftaleína e timolftaleína

6. Medir e registrar, em pontos estratégicos, a umidade superficial do concreto

7. Medir e registrar, em pontos estratégicos, as aberturas de fissura, extensão e localização das mesmas. Para abertura de fissuras podem ser utilizados gabaritos impressos em réguas plásticas denominadas fissurômetros⁵⁹, aplicadas sobre a superfície do concreto permitem estimar a abertura de fissura por comparação

⁴⁵ BAUER, Elton; SOUZA, K. R. Monitoramento do Estado de Corrosão das Armaduras de Concreto Armado Através da Avaliação de Potencial de Eletrodo. In : Simpósio sobre Patologia das Edificações : Prevenção e Recuperação, Porto Alegre, out. 1989. Anais. Porto Alegre, CPGE, UFRGS, 1989. p. 341-64.

⁴⁶ MAGRINI FILHO, C. R. Avaliação de Sistemas de Proteção para Concreto Aparente. Campinas, 1989. Dissertação (Mestrado). Departamento de Química. Universidade Estadual de Campinas.

⁴⁷ João Bento de Hanai é líder do grupo de São Carlos que no Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos/USP se dedica a Construção Civil com especial ênfase ao estudo da argamassa armada.

⁴⁸ LIBÓRIO, Jefferson B. L. Estudo Patológico das Construções de Argamassa Armada Existentes no Brasil. São Carlos, 1990. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

⁴⁹ LIMA, Maryangela G. Influência dos Componentes do Concreto na Corrosão das Armaduras. Porto Alegre. 1989. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁵⁰ MATOS, Oswaldo C. Contribuição ao Estudo e Emprego de Técnicas Eletroquímicas no Controle da Corrosão de Armaduras de Concreto Armado. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

INSPEÇÃO DETALHADA

As inspeções de obras de arte especiais rodoviárias devem ter como objetivos principais⁶⁰ :

1. Tomar conhecimento do problema, no que diz respeito a identificação e caracterização de cada parte constituintes dos trabalhos que serão realizados (em suas inter-relações), em uma perspectiva que vai desde a situação atual até, um prazo final de referência, quanto aos principais fatos que irão requerer intervenções correntivas e preventivas, a curto, médio e longo prazo, apresentando as linhas alternativas e complementares de ação para corrigi-las ou preveni-las, sendo analisadas quanto as opções técnicas, de métodos, de materiais, de equipamentos; quanto às suas vantagens em termos de promoção de melhores padrões de eficiência e eficácia para os agentes envolvidos, considerados os aspectos de engenharia e de economia. Deve permitir prever eventuais dificuldades que poderão surgir na fase de implantação das intervenções, indicando os meios que deverão e poderão ser mobilizados para superá-las;

2. Permitir elaborar um Plano de Manutenção das Obras de Arte Especiais Rodoviárias, visando assegurar o funcionamento adequado das mesmas e sua durabilidade, prolongando a vida útil das estruturas, mediante a proteção física da estrutura, da superfície de rolamento e dos demais elementos acessórios, evitando-se a destruição de suas partes que resultaria em posterior reabilitação ou recuperação

3. Verificar a integridade física da obra

4. Verificar o modelo estrutural

5. Verificar as principais dimensões no caso de obras com projeto estrutural conhecido e levantamento cadastral geométrico no caso da inexistência do projeto da obra

6. Fazer um levantamento completo de todas as anomalias existentes, quer sejam decorrentes de erros de projeto, execução, utilização ou manutenção, caracterizando o quadro patológico encontrado, permitindo que se faça, estimativa de incidência de manifestações patológicas, por obra vistoriada, para que se possa quantificar os serviços necessários ao seu reparo, reforço ou recuperação

A etapa de inspeção detalhada, tem o objetivo de obter dados confiáveis e suficientes para um diagnóstico e prognóstico correto. Corresponde a uma série de ensaios cuja descrição é feita a seguir, tomando-se por referência o trabalho de Leeming⁶¹, as recomendações do ACI⁶², da ASTM⁶³, da ASCE⁶⁴, do CIB⁶⁵, da RILEM⁶⁶, do CEB⁶⁷ e os roteiros de trabalho de Andrade⁶⁸ e de Helene e Repette⁶⁹ no qual é abordada a amostragem, o ensaio propriamente dito e os critérios para julgamento. Evidentemente a relação apresentada é extensa e nem sempre faz-se necessário a realização de todos os ensaios aqui apresentados.

Os trabalhos de vistoria podem tomar por base, em primeira instância, as recomendações contidas na norma brasileira " NBR 9452 - Vistoria de Pontes e Viadutos de Concreto", da ABNT⁷⁰, as recomendações contidas na norma interna do DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem : DNER - PRO - OA 49 - 78 - Vistoria de Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido - Procedimento, recomendações da norma brasileira " NBR 7187 - Projeto e Execução de Pontes de Concreto Armado e Protendido" e da " Norma de Procedimento para Apresentação de Estudos Técnicos para Viabilização e Acompanhamento do Transporte de Cargas Excepcionais" . - EXP. 413/AET/1985, do DER - Departamento de Estradas de Rodagem e da Norma DERSA⁷¹.

Os ensaios e metodologias que podem fornecer as informações básicas necessárias a elaboração de um diagnóstico e prognóstico do estado de conservação de uma estrutura, podem ser :

1. Vistoria dos aparelhos de apoio, juntas de dilatação, drenagem de pista e seções celulares, guarda-rodas, guarda-corpos, passeios

2. Verificação dos aterros de acesso e encontros, ocorrência de degraus no pavimento, recalques, solapamento ou carreamento de solo do terrapleno ou taludes laterais, drenagem dos taludes

3. Registro fotográfico das obras de arte e seus detalhes mais importantes e suas anomalias

4. Avaliação do comportamento da estrutura, aparelhos de apoio, e encontros quando em carga, pela passagem de veículos de carga e de passageiros

⁶¹ RUIZ ANDRES, P. Contribuição ao Detalhamento do Projeto de Arquitetura de Obras Civis Visando o Aumento da Durabilidade. São Paulo, EPUSP, dissertação de mestrado, em andamento.

⁶² FIGUEIREDO, Enio José Pazini. Avaliação do Desempenho de Revestimento para Proteção da Armadura Contra a Corrosão através de Técnicas Eletroquímicas : Contribuição ao Estudo de Reparos em Estruturas de Concreto Armado. São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil PCC/USP, 15 abr. 1994. (tese de doutoramento)

LIMA, Maryangela Geimba de. Inibidores de Corrosão. Avaliação da Eficiência Frente a Corrosão de Armaduras Provocada por Cloretos. São Paulo, Universi-

dade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil PCC/USP, 18 junho 1996. (tese de doutorado)

KAZMIERCZAK, Cláudio de Souza. Contribuição para a Análise de Eficiência de Películas Aplicadas sobre Estruturas de Concreto Armado com o Objetivo de Proteção Contra a Carbonatação. São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil PCC/USP, 01 junho 1995. (tese de doutoramento)

⁶³ HELENE, P. R. L.; OLIVEIRA, Paulo S. F. Combate a Corrosão. Revista IBRACON, v.1, n.2, p. 13-21, set. out. 1991.

5. Avaliação da adequação da obra ao obstáculo, através da verificação dos gabaritos e áreas disponíveis de vazão no caso dos rios

6. Ensaio e determinações no concreto

- espessura de carbonatação, frente de carbonatação, ou profundidade de carbonatação
- reconstituição do traço do concreto
- teor de cloretos
- teor de umidade de equilíbrio
- teor de sais solúveis
- resistividade elétrica
- absorção e volume de vazios
- natureza e distribuição dos poros
- resistência à compressão
- módulo de deformação longitudinal
- pH da solução presente nos poros do concreto
- concentração de cloretos e de hidroxilas no extrato aquoso

7. Ensaio e determinações na armadura

- bitola e tipo
- redução do diâmetro
- eventual perda de massa e de diâmetro
- composição química
- resistência a tração
- dobramento

8. Ensaio no sistema concreto-armadura-meio-ambiente

- potencial de eletrodo ou de corrosão
- resistência de polarização (corrente de corrosão)

Dentre todos os citados, a determinação do teor de cloretos junto à armadura e a caracterização da profundidade de carbonatação são os dois únicos ensaios imprescindíveis para a determinação das causas de uma corrosão. O conhecimento da resistência do concreto, da porosidade e da espessura do cobrimento, fornecem informações complementares que ajudam a julgar a qualidade da estrutura de concreto e inferir sobre o de-

envolvimento do processo corrosivo. A partir da medida do potencial eletroquímico de corrosão das armaduras pode-se obter indicações qualitativas sobre o processo de corrosão no aço, se ativo ou ainda passivo. A partir do teor de umidade é possível prever subjetivamente a velocidade de propagação da corrosão no futuro. A resistência de polarização pode fornecer a taxa de corrosão instantânea e a resistividade elétrica pode auxiliar na previsão da vida útil residua

EXEMPLO DE QUADRO PATOLÓGICO TÍPICO

O quadro patológico apresentado nas obras de arte especiais rodoviárias vistoriadas diferenciam-se, basicamente, em função da época do projeto.

Por exemplo uma rodovia com cerca de 40 anos de existência, foi projetada numa época em que os conceitos de durabilidade de estrutura de concreto eram de certa forma, desconhecidos, dando-se maior ênfase na fase de projetos, aos requisitos de resistência mecânica e capacidade portante (para um carregamento muito aquém das solicitações atualmente requeridas), não prevendo-se algumas recomendações que evitariam situações de deterioração precoce da estrutura.

Uma rodovia construída mais recentemente, apresenta concepção moderna, fruto da experiência adquirida ao longo dos anos pela DERSA, DER, DNER e outros, que explicitam uma vida útil, não sendo, portanto, perenes, exigindo no projeto várias modificações e dispositivos que proporcionam um aumento da durabilidade da estrutura e a possibilidade de substituição de alguns de seus componentes.

Dentre os fatores principais responsáveis por falhas de desempenho funcional / estético / estrutural, destacam-se :

- má concepção do projeto arquitetônico / estrutural, que não prevê condução adequada das águas pluviais pelos elementos de cobertura e fachadas;
- ausência de especificações detalhadas de materiais e serviços
- falhas de execução do concreto, nas fases de proporcionamento, preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura

⁵⁴ ANDRADE, C. Manual para Diagnóstico de Estruturas com Armaduras Corroídas. trad. Antonio Carmona e Paulo Helene. São Paulo, PINI. 1992.

⁵⁵ Evidentemente deve conter também todos os resultados de ensaios efetuados em campo ("in situ"), assim como as informações verbais obtidas e de interesse para a formulação do diagnóstico.

⁵⁶ TONELLI, Regina H.; HELENE, Paulo R. L. O Indiscutível Valor das Normas. Dirigente Construtor, v.71, n.11, p. 40-5, nov. 1985.

⁵⁷ Levando em conta também o grau de agressividade ambiental.

⁵⁸ REPETTE, Wellington L. Contribuição à Inspeção e à Avaliação da Segurança de Estruturas Acabadas de Concreto Armado. Porto Alegre, 1991. Dissertação

mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁵⁹ Certas Instituições como o Laboratório L. A. Falcão Bauer, no Brasil, e o Instituto Eduardo Torroja, na Espanha, distribuem esses equipamentos graciosamente como brinde.

⁶⁰ LANDMANN, Renato. Relatório Interno e Comunicações Verbais. São Paulo, 1977.

⁶¹ LEEMING, M. B. Corrosion of Steel Reinforcement in Off Shore Concrete. Experience from the Concrete-in-the Oceans Programme. In : Alan P. Crane, ed. Corrosion of Reinforcement in Concrete Construction. London, Society of Chemical Industry, Ellis Horwood Limited, 1983. p. 59-78.

• agentes de degradação do concreto, tais como carbonatação, lixiviação, fissuração, retenção de fuligem, e fungos, corrosão das armaduras, decorrentes principalmente de : concentração de gases presentes na atmosfera, da umidade relativa do ambiente, da porosidade superficial do concreto, da espessura do concreto de cobertura às armaduras e umidade presente na superfície do concreto.

Tais fatores contribuem, em menor ou maior grau, para a ocorrência das principais anomalias encontradas nas obras de arte especiais rodoviárias brasileiras, a saber:

• Pavimentação: apresentando fissuração, descontinuidades, ondulações e deslocamento;

• Guarda-corpos: a grande maioria executada no antigo padrão DER, com sinais visíveis de deterioração, deslocamento do concreto de cobertura e armaduras expostas corroídas, ausência de manutenção e trechos faltantes, além de não se constituírem barreiras adequadas para a contenção dos veículos, evitando quedas de graves consequências, não oferecendo segurança também aos transeuntes que se utilizam dos passeios laterais;

• Guarda-rodas: inexistente em número significativo de obras da Anhanguera, sendo, entretanto, fundamentais para a segurança dos usuários;

• Drenagem da pista: notou-se que a maioria das obras encontra-se subdimensionada no tocante à drenagem das águas pluviais que caem sobre o tabuleiro, apresentando número insuficiente de pontos de captação e tubulação de condução (buzinotes) com comprimento e diâmetro aquém do necessário, fazendo com que as águas escorram pelas faces laterais das longarinas, agravando os problemas de corrosão das armaduras;

• Ausência de proteção e drenagem conveniente dos taludes junto aos encontros, provocando assoreamentos e descalçamentos;

• Ausência de lajes de aproximação, junto às cortinas dos encontros, que minimizam os impactos de veículos à estrutura, provocados por diferenças de níveis entre o terrapleno e a cortina de contenção;

• Ausência de dispositivos de deslocamento do fluxo de águas pluviais pela superfície do concreto (pingadeiras e detalhes

construtivos e de projeto, como calhas, deníveis em áreas originalmente horizontais, etc.), a fim de evitar os processos de corrosão das armaduras pelo contato direto com a água, que geralmente apresenta acidez elevada e alto poder lixiviante, sendo a principal responsável pela deterioração acelerada do concreto, pela desagregação gradativa que provocam ao reagirem com os aglomerantes e compostos solúveis do concreto;

• Ausência de impermeabilização das lajes do tabuleiro, notando-se percolação de águas pluviais pela massa do concreto nos pontos de maior porosidade, permeabilidade, segregação ou fissuras, que comprometem a vida útil das obras pelo ataque às armaduras que são corroídas;

• Aparelhos de apoio bloqueados (principalmente durante a concretagem das transversinas de apoio), inexistentes ou subdimensionados, apresentando deformações incompatíveis com sua função de transmissão adequada dos esforços da super para a meso estrutura; ausência de dispositivos que permitam acoplar-se macacos hidráulicos para a troca e manutenção destes aparelhos de apoio ou falta de espaço necessário para a realização de inspeções periódicas, detalhes que deveriam ter sido previstos ainda na fase de concepção e projeto da obra de arte;

• Ausência de cobertura de concreto às armaduras suficiente face as condições de exposição da obra ao ambiente em que se encontra;

• Lixiviação dos compostos solúveis do cimento pela ação gradativa das águas pluviais que percolam pela estrutura, carreando os materiais, caracterizando-se pela formação de estalactites nas superfícies horizontais das lajes, principalmente;

• Ausência de previsão, durante a fase de projeto, de locais destinados à passagem de dutos das concessionárias (água, esgotos, energia elétrica, telefonia, gás, etc.) ou criação de espaços fechados para os mesmos, sem acesso para inspeção ou manutenções que acumulam água e sujeira;

• Seções transversais dos tabuleiros da superestrutura do tipo multicelulares (seção caixa), que não apresentam pontos de drenagem em cada célula, nem passagens entre septos e entradas previamente previstas nas lajes de fundo, necessárias aos serviços de

⁶² AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation: report by ACI Committee 364. Detroit, ACI Materials Journal, v. 90, n.5, Sep. Oct. 1993. p.479-498.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings: report by ACI Committee 437. In: —. ACI Manual of Concrete Practice. Detroit, 1992. v.2.

⁶³ AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS. Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials. ASTM E-632. In: —. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1996.

⁶⁴ AMERICAN SOCIETY of CIVIL ENGINEERS. Guideline for Structural Condition Assessment of Existing Building. New York, ASCE 11-90, ASCE Press, 1991.

⁶⁵ COMITE INTERNATIONAL du BATIMENT. Building Pathology. A State-Of-the-Art Report. CIB Report W-86, Publication 155, June 1993.

⁶⁶ REUNION INTERNATIONALE de LABORATOIRES D'ESSAIS et MATERIAUX. Classification of Damage in Concrete Bridges. report of RILEM Technical Committee 104-DCC. Materials and Structures, n.24, 1991. p. 268-75.

⁶⁷ COMITE EURO-INTERNATIONAL du BETON. Assessment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading (Redesign); contribution to the 23rd Plenary Session of CEB, Praga, 1983. Lausanne, Aug. 1983 (Bulletin D'Information, 162).

inspeção e manutenção periódicas; lembramos que um fato muito comum que ocorre neste tipo de obra é o acúmulo de águas pluviais dentro das células, que entram pela laje superior (tabuleiros não são impermeabilizados), provocando acréscimo de cargas não previstas pelo projeto à estrutura, que geram esforços adicionais, provocando solicitações e deformações, gerando fissuração excessiva na estrutura; a título de exemplo, informamos que num viaduto padrão, de aproximadamente 600m² de tabuleiro, o acréscimo de carga por infiltração e retenção de águas pluviais nos caixões perdidos, pode chegar a aproximadamente 900 toneladas;

- Juntas de dilatação do tabuleiro danificadas ou inexistentes, apresentando cantos quebrados ou encontrando-se obstruídas por detritos, além de permitirem a livre percolação de águas pluviais que aceleram a deterioração das peças de concreto pela lixiviação e corrosão das armaduras e o carreamento de materiais sólidos que obstruem os aparelhos de apoio;

- Falta de isolamento por barreiras junto aos encontros, que evitariam atos de vandalismo (pixações) ou deterioração do concreto superficial, por calcinação, devido às fogueiras feitas por indigentes que pernoitam sob os encontros;

- Ausência de barreiras de concreto junto aos pés dos pilares centrais e extremos, que previnam o choque direto dos veículos que por ali trafeguem;

- Falta de pintura de manutenção sobre o concreto aparente, provocando formação de fuligem, fungos e bolores (microorganismos), carbonatação e lixiviação pela ação das chuvas ácidas;

- Ausência de barreiras fixas às entradas das galerias e obras com problemas de gabarito vertical, que previnam o choque de veículos contra a superestrutura (longarinas);

- Inexistência de revestimentos (concreto, pedras, placas, etc.) nos taludes dos encontros, junto, localizados sob a projeção dos tabuleiros (local onde normalmente a proteção vegetal não se desenvolve), que sob a ação das águas pluviais, são assoreados ou transportados por movimentação de encontro aos pilares e tubulões, criando esforços laterais de empuxo (momentos) não previstos;

- Ausência de contenções (muros de gabiões) nos pés dos taludes dos encontros, junto aos rios, que evitem o carreamento e assoreamento de solo e posterior exposição das fundações da obra;

- Inexistência de acostamentos sobre as obras de arte especiais rodoviárias, provocando um estreitamento (afunilamento) brusco da pista, com riscos potenciais aos usuários e a obra propriamente dita;

- Inexistência de barreiras de concreto laterais à pista, nas “tomadas” (embocaduras) das obras, que direcionem o tráfego para o trecho carroçável, evitando-se, que em função dos estreitamentos existentes por falta de acostamento sobre a obra, os veículos possam cair para fora, por sobre os taludes laterais;

- Inexistência de barreiras de concreto no eixo das pistas (medianas), nas ruas e estradas que passam sob a obra de arte (passagens inferiores), com riscos para os usuários e para a integridade da própria obra, em caso de acidentes;

- Passeios laterais inexistentes ou de largura insuficiente, sem barreiras de proteção aos usuários (guarda-rodas), colocando em risco os pedestres que ali trafegam;

- Algumas vigas de travamento (travessas) apresentam área superior de apoio das extremidades das longarinas insuficiente, havendo risco potencial do tabuleiro “escorregar” do apoio, uma vez que tanto o canto inferior das longarinas como o canto superior das travessas estão em contato direto, provocando esmagamento, além de apresentarem sinais de corrosão de armaduras e deslocamentos de concreto (pela infiltração de águas pluviais pelas juntas);

- Alguns muros de ala, de contenção lateral dos taludes dos encontros, encontram-se deformados, devendo ser atirantados o mais rápido possível; além disso deve ser providenciada drenagem eficaz destes muros e paredes verticais, aliviando os empuxos decorrentes das águas infiltradas;

- Vigas de tabuleiros apresentam-se rompidas por choques de veículos, tendo suas armaduras sido totalmente cisalhadas; há galerias com reforço estrutural executada com perfis metálicos, em decorrência destes choques;

- Numa certa rodovia vistoriada recentemente, há duas obras que estão apresentando comportamento estrutural preocupante: na passagem inferior, o encontro de um dos lados está movimentando-se em direção ao tabuleiro, comprovado pelo rompimento da cortina do terrapleno no contato direto com as extremidades das longarinas, também rompidas; outra está apresentando um quadro de fissuração preocupante em todos os tramos do tabuleiro (com

COMITE EURO-INTERNATIONAL du BETON. CEB Design Manual on Cracking and Deformations. Lausanne, École Polytechnique Fédérale, 1985.

⁶⁸ ANDRADE, C. Manual para Diagnóstico de Estruturas com Armaduras Corroidas. trad. Antonio Carmona e Paulo Helene. São Paulo, PINI. 1982.

⁶⁹ HELENE, P. R. L.; REPETTE, Wellington L. Metodologia e Recursos para Avaliação de estrutura de Concreto. In: Simpósio sobre Patologia das Edificações: Prevenção e Recuperação. Porto Alegre, out. 1989. Anais. Porto Alegre, CPGEC, UFRGS, 1989. p.5-32.

⁷⁰ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Argamassa e Concreto Endurecidos. Determinação da Absorção de Água por Imersão - Índice de Vazios - Massa Específica. Método de Ensaio. NBR 9778. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Cimento Portland. Determinação de Enxofre na Forma de Sulfato. Método de Ensaio. NBR 5746. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Concreto. Reconstituição do Traço. Método de Ensaio. NBR 9605. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Cordoalhas de Aço para Concreto Protendido. Especificação. NBR 7483. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Extração, Preparo, Ensaio e Análise de Testemunhos de Estruturas de Concreto. Procedimento. NBR 7680. Rio de Janeiro, 1983.

maior intensidade nos encontros), não tendo sido possível identificar a causa principal de tal quadro patológico (se falhas na concepção, projeto, construção, utilização ou manutenção), devendo, portanto, merecer uma vistoria do tipo “especial”, com apreciação analítica do projeto estrutural, ensaios de caracterização dos diversos materiais utilizados, inspeção interna aos caixões, através da abertura de “janelas” específicas nas lajes de fundo e monitoramento das estruturas e anomalias para acompanhamento de eventual desenvolvimento ou estabilização.

- Foram encontradas obras totalmente revestidas com argamassa de cimento e areia, aplicadas sobre estrutura originalmente projetada em concreto aparente, indicando haver existência de falhas do tipo armaduras com pouco ou nenhum revestimento de concreto, princípios de corrosão das armaduras, regiões com concreto segregado (ninhos de pedras, sem argamassa), etc., que, ao invés de protegerem, prejudicam a durabilidade da obra uma vez que escondem as anomalias e não se percebe a contínua deterioração do concreto e principalmente das armaduras, sob a argamassa;

- Os terraplenos, de uma forma em geral, estão sofrendo recalques por adensamento ou fuga do solo por sob as cortinas e alas dos encontros, gerando desníveis (verdadeiros degraus) entre a pavimentação e a obra de arte, que se traduzem em impactos dinâmicos sobre a estrutura, quando da passagem de veículos, principalmente veículos de carga.

EXEMPLOS TÍPICOS DE INTERVENÇÕES

Das inspeções realizadas foi possível constatar que:

- É usual que certas pontes recebam reforço estrutural através de protensão externa lateral às vigas;

- Algumas pontes recebem reforço estrutural através da colocação de perfis metálicos laminados, em substituição às vigas danificadas por choques de veículos;

- Foi constatado que algumas obras recebem revestimento de argamassa de cimento e areia, em todas as superfícies aparentes (pilares, vigas e lajes);

- Algumas obras de arte especiais rodoviárias receberam intervenções terapêuticas mais superficiais, através de reparos localizados, utilizando-se argamassas de cimento e areia, para corrigir falhas de concretagem, como segregações (ninhos de pedra), can-

tos quebrados por choques de veículos, trechos onde ocorreu deslocamentos por expansão dos produtos de corrosão das armaduras e falhas em juntas de concretagem;

- É usual que nos reparos localizados não haja a completa liberação das armaduras corroídas, expondo-as até atingir trecho são das barras, permitindo, assim, a completa limpeza das mesmas;

- É usual não haver limpeza das armaduras por sistemas abrasivos eficazes, a fim de retirar qualquer resíduo de corrosão do aço;

- Nos reparos não são utilizados recursos modernos e técnicos tais como pinturas passivadoras da armadura original, a base primers rico em zinco, que poderiam aumentar a vida útil das estruturas;

- Apesar da intensa corrosão verificada em certas barras, não foram localizadas armaduras suplementares às armaduras principais (longitudinais) para suprir a redução da seção transversal do aço;

- A reconstrução da seção original das peças tem sido obtida através da aplicação de argamassa “chapada” contra a superfície, mostrando-se ineficaz para o completo preenchimento dos vazios existentes entre as armaduras.

É sabido que serviços de recuperação mal conduzidos, acarretam serviços complementares de maior abrangência e custos pois, ao invés de solucionar os problemas, acarretam seu agravamento. A não eliminação das causas e meios de propagação da anomalia, faz com que a mesma continue intensa sob a camada de argamassa de reparo colocada, impedindo, inclusive, o seu acompanhamento visual, sendo somente notada posteriormente, quando, então, já ocorreu uma maior redução da seção transversal das barras, no caso de corrosão das armaduras por exemplo.

A intervenção em um processo instaurado deve ser a mais cuidadosa e precisa possível para evitar o retorno e muitas vezes até a continuidade do problema, mesmo após o reparo e aparente proteção. Há necessidade de verificar a profundidade e o alcance do ataque externo e o grau de despassivação da armadura, que pode ter ocorrido mesmo sem que ocorra vestígios externos. Nos últimos dez a quinze anos, a comunidade técnica internacional tem se dedicado a essa questão, desenvolvendo uma série de novos instrumentos, recursos e técnicas de avaliação e diagnóstico de es-

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Fio, Barra e Cordoalha de Aço para Armaduras de Protensão. Ensaio de Tração. Método de Ensaio NBR 6349. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Fios de Aço para Concreto Protendido. Especificação. NBR 7482. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Estruturas de Concreto Protendido. Procedimento. NBR 7197. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado. Procedimento. NBR 9062. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado. NBR 6118. Rio de Janeiro, 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. Vistoria de Pontes e Viadutos de Concreto. NBR 9452. Rio de Janeiro, ABNT, ago. 1986.

⁷¹ DEPARTAMENTO NACIONAL de ESTRADAS DE RODAGEM. Norma de Procedimentos para Apresentação de Estudos Técnicos para Viabilização e Acompanhamento do Transporte de Cargas Excepcionais. Brasília, DNER, Exp. 413/AET, 1985.

DEPARTAMENTO NACIONAL de ESTRADAS DE RODAGEM. Vistoria de Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido. Brasília, DNER, IPR, PRO-OA 49-78, 1978.

truturas deterioradas, não sendo razoável perpetuar o lastimável quadro encontrado e descrito.

RECOMENDAÇÕES

1. Quanto ao Projeto

Apesar de ser relativamente usual encontrar-se pontes e viadutos reforçados, os aspectos de segurança tem sido, na sua ampla maioria, bem atendidos. É usual que pontes e viadutos dimensionados para trem tipo de 36t suportem galhardamente trem tipo 45t.

Do ponto de vista da durabilidade, no entanto, tem deixado muito a desejar.

Não é mais razoável utilizar concretos de resistência característica aos 28 dias inferior a 35 Mpa, esquecer de pingadeiras, não dimensionar um bom projeto de drenagem e de impermeabilização, utilizar cobrimentos inferiores a 4 cm, não prever acesso para inspeção de caixões perdidos, não prever apoios para macacos de substituição de aparelhos de apoio, não dimensionar detalhadamente as juntas de dilatação, não projetar guarda-corpos duráveis, guarda-rodas, etc.

Os projetos⁷² devem visar :

- segurança • estética • funcionalidade
- durabilidade • construtibilidade • manutibilidade

2. Quanto à Execução

A maioria das pequenas falhas são de execução, tais como ninhos de concretagem, juntas de concretagem mal posicionadas, acabamento do concreto aparente, textura do concreto e outras. Um bom projeto, uma especificação rígida e um controle efetivo de execução são necessários.

3. Quanto às Inspeções

Parece urgente e necessário que exista uma norma brasileira atualizada sobre o tema. A atualmente em vigor está completamente ultrapassada. A norma da DERSA poderia ser um bom ponto de partida, enriquecida pelas normas estrangeiras citadas.

Não há dúvida que o maior problema é durabilidade e não é estrutural.

Somente num segundo momento, quando não há manutenção preventiva é que o problema passa a ser de segurança

estrutural. Parece evidente que é mais conveniente atuar a nível de prevenção.

Há necessidade de definir e adotar termos tais como : restauração, reabilitação, manutenção, conservação, intervenção, reparo, reforço, proteção, prevenção, correção, periódica, rotineira, especial, cadastral, de referência, detalhada, etc. que tem sido utilizados indiscriminadamente para diferentes propósitos.

Programas de gerenciamento de obras do tipo SGO, ora em desenvolvimento pelo DNER/IPR, que em 94/95 aplicou em 200 pontes brasileiras e agora se prepara, com o apoio do Banco Mundial para implantar em 1000 (mil) outras pontes, são indispensáveis para a gestão do estoque de pontes sobre a responsabilidade de um certo órgão. Esses programas no entanto, jamais substituirão as atividades de PROJETO, CONSTRUÇÃO, VISTORIAS TÉCNICAS e CORREÇÕES que devem continuar sendo realizadas por especialistas.

4. Quanto às Manutenções Corretivas e Preventivas

Infelizmente ainda há muito pouco sobre o tema. Vale a pena investir no estudo de soluções alternativas e duradouras.

Quanto significa em termos técnicos uma pintura superficial? Quanto dura? Que pintura? Qual a melhor junta de dilatação? Há opções? Como escolher? Vale a pena impermeabilizar um tabuleiro? Será que não é muito caro, mesmo sabendo que uma corrosão de apenas 1,5% da secção da armadura de lajes⁷³ pode reduzir substancialmente a capacidade resistente dessa laje?

Como avaliar técnica e economicamente essas opções se não transformarmos desempenho em vida útil? Esse parece ser um dos desafios atuais da engenharia.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos amigos e engenheiros Renato Landmann e Kalil José Skaf pelas valiosas informações fornecidas sem restrições. Sem as trocas de idéias com esses colegas e profissionais experientes e de altíssimo nível não seria possível realizar esse trabalho.

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. Especificações Técnicas para Inspeção e Avaliação Estrutural / Funcional de Obras de Arte Especiais de Concreto Armado e Protendido. São Paulo, DERSA, Documento Técnico ET-C01/007, set. 1995.

⁷² BRAGA, Walter de A. Pontes Construídas por Balanços Sucessivos - Alguns Problemas Particulares. São Paulo, Instituto de Engenharia, PT 1, ago. 1996.

COMITÉ EURO-INTERNACIONAL du BETON. CEB-FIP Model Code 1990 Design Code. Lausanne, CEB, Thomas Telford, may 1993 (Bulletin D'Information, 213-214)

COMITÉ EURO-INTERNACIONAL du BETON. Durable Concrete Structures. Design Guide. Lausanne, Thomas Telford, 1992.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. Life Cycle Assessment. General Principles and Practices. ISO / TC 207/ SC 5. 1994.

⁷³ ALMUSALLAM, A. A.; AL-GAHTANI, A.S.; AZIZ, A.R.; DAKHIL, F. H.; RASHEEDUZZAFAR. Effect of Reinforcement Corrosion on Flexural Behavior of Concrete Slabs. Journal of Materials in Civil Engineering, aug. 1996. p. 123-27.