

Análise das Atuais Condições Funcionais e Estruturais da Ponte Getúlio Vargas, na Rodovia PE-35

Title: Analysis of current conditions functional and structural bridge Getúlio Vargas in highway PE- 35

Vera dos Santos Fragoso

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
vera.santosfragoso@gmail.com

José Afonso Pereira Vítório

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afonsovitorio@gmail.com

Resumo

O Presente trabalho tem como objetivo identificar e descrever os problemas observados na estrutura da Ponte Getúlio Vargas, também conhecida como ponte de Itamaracá, localizada entre o município de Itapissuma e o município de Itamaracá/ PE; a qual, apresenta vários trechos do passeio totalmente destruídos, inclusive o guarda – corpo, causando grandes riscos para os pedestres que ali transitam,. Também foram identificados diversos outros problemas de natureza funcional e estrutural, que necessitam ser corrigidos para garantir as condições apropriadas de segurança para os usuários. Nesse sentido, este projeto de pesquisa tem o objetivo de analisar as manifestações patológicas existentes na estrutura da ponte Getúlio Vargas, e recomendar as alternativas mais apropriadas para a correção de tais patologias visando o restabelecimento das suas adequadas condições de segurança e funcionalidade.

Palavras-Chave: *Estrutura, patologia, recuperação, segurança, funcionalidade.*

Abstract

The present study aims to identify and describe the problems observed in the bridge structure Getulio Vargas, also known as a bridge to Itamaracá, located between the city of Itapissuma and the municipality of Itamaracá / PE; which presents several parts of the totally destroyed tour, including the guard - body, causing great risk to pedestrians pass there,. They were also identified several other problems of functional and structural nature that need to be corrected to ensure appropriate security conditions for users. In this sense, this research project aims to analyze the pathological manifesta-tions existing in Getulio Vargas bridge structure, and recommend the most appropriate alternatives for the correction of such conditions aimed at restoring its appropriate safety and functionality.

Keywords: *Structure , pathology, recovery, security , functionality*

1 Introdução

A Ponte Getúlio Vargas é uma obra de grande importância para o estado de Pernambuco, pelo fato de representar a única ligação rodoviária entre a ilha de Itamaracá e o Continente. Por se tratar de uma ponte muito antiga, localizada em uma zona de alta agressividade ambiental, submetida a precárias condições de uso e sem passar por manutenções ao longo de décadas, apresenta atualmente um avançado estado de deterioração estrutural que poderá levá-la à ruína, caso não sejam realizadas intervenções de recuperação e reforço. Nesse sentido, este trabalho tem a finalidade de identificar os principais danos estruturais e as manifestações patológicas atualmente existentes, realizando as análises das informações obtidas e diagnosticando as avarias observadas, de modo a contribuir, por meio das conclusões e recomendações do textuais, para o restabelecimento das condições estruturais e funcionais adequadas através da correção dos danos observados, garantindo ainda uma maior durabilidade. O trabalho também propõe a elaboração de um plano de manutenção para garantir um melhor desempenho dos serviços de recuperação e reforço que venham a ser executados.

2 Metodologia

O estudo adotou como metodologia a realização de observações visuais por meio das vistorias, que permitiram a coleta das informações necessárias para identificar e diagnosticar os danos existentes na estrutura com base nos conceitos da literatura técnica sobre o tema. Em seguida os dados obtidos através das respectivas análises foram ordenados e transformados no relatório técnico que compõe este texto.

3 Principais conceitos bibliográficos utilizados

A seguir são apresentados de forma resumida os conceitos mais usualmente encontrados na literatura técnica que são diretamente relacionados aos fenômenos observados na ponte objeto deste estudo.

3.1 Manifestações Patológicas

A manifestação patológica nas obras civis tem de modo geral as seguintes origens:

- *Congênita* – Fase de projeto;
- *Construtiva*- Fase de execução;
- *Adquirida*- Agressividade ambiental e outros fenômenos;
- *Acidental*- Fenômenos atípicos.

Como qualquer outro tipo de estrutura, as pontes também estão sujeitas a desgastes, sejam pelo tempo de existência ou mesmo pelas intempéries provocadas pelo meio ambiente. Em estruturas de concreto é possível identificar inúmeras manifestações patológicas, das quais algumas são a seguir elencadas como as mais comuns nas estruturas de pontes de concreto:

3.1.1 Corrosão das armaduras

A manifestação da corrosão em armaduras de estrutura de concreto pode ser observada através de manchas superficiais, expansão, fissuração e destacamento do revestimento, perda de aderência e de redução da seção da armadura e, numa situação limite, do colapso da peça.

A corrosão pode ser definida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, seja por ação física, química, eletroquímica, ou a combinação destas. Como ações físicas características podem-se citar os fenômenos de erosão e cavitação; como ação eletroquímica típica a maioria dos processos corrosivos de metais em meio aquosos e como químicas as reações de expansão e de lixiviação dos compostos hidratados da pasta de cimento Portland em argamassas [1].

3.1.2 Fissuras

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários, para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

É interessante observar, no entanto, que a caracterização desse fenômeno como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração.

Assim, um processo de fissuramento pode, quando anômalo, instalar-se em uma estrutura como consequência da atuação das mais diversas causas, intrínsecas ou extrínsecas, e, para que se consiga identificar com precisão as causas e efeitos é necessário desenvolver análises consistentes, que incluam a mais correta determinação da configuração das fissuras, bem como da abertura - e de sua variação ao longo do tempo —, da extensão e da profundidade das mesmas.

De acordo com a NBR 6118/2014, a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2mm a 0,4mm sob ação das combinações

frequentes não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

A referida norma define os valores-limites da abertura das fissuras em função das classes de agressividade ambiental e do tipo de concreto estrutural estabelecendo com isso as exigências de durabilidade da estrutura.

Ao analisar uma estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem na elaboração do mapeamento das fissuras e em sua classificação, que vem a ser a definição da atividade ou não das mesmas (uma fissura é dita ativa, ou viva, quando a causa responsável por sua geração ainda atua sobre a estrutura, sendo passiva, ou estável, sempre que sua causa tenha deixado de existir) [1].

As fissuras passivas, portanto estabilizam-se devido ao cessamento da causa que as geraram, como é o caso das fissuras de retração hidráulica ou das provocadas por um recalque diferencial de fundação que esteja estabilizado. As fissuras ativas por sua vez são produzidas por ações de magnitude variáveis que provocam deformações também variáveis no concreto. É o caso das fissuras de origem térmica e das de flexão causadas por ações dinâmicas.

3.1.3 Deslocamento do concreto

O deslocamento do concreto deve-se à armadura desprotegida, que no processo corrosivo expande e gera tensões no interior do concreto, que inicialmente fatura e posteriormente desprende-se da estrutura [3].

3.1.4 Eflorescência

Esse fenômeno manifesta-se quando as águas puras com pouco ou nenhum íon de cálcio entram em contato com a pasta de cimento, dissolvendo o hidróxido de cálcio. O hidróxido de cálcio dissolvido reage com o dióxido de carbono do ar para formar carbonato de cálcio insolúvel na superfície do concreto.

A eflorescência caracteriza-se por apresentar manchas esbranquiçadas ocasionadas pela precipitação de carbonato de cálcio na superfície do concreto, devido à evaporação da água que contém o hidróxido dissolvido[2].

3.1.5 Carbonatação

Uma das causas mais frequentes da corrosão em estruturas de concreto armado - a carbonatação - é a transformação do hidróxido de cálcio, com alto PH, em carbonato de cálcio, que tem um PH mais neutro.

A perda de PH do concreto representa um problema, pois em seu ambiente alcalino - PH variando de 12 a 13 - as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, abaixo de 9,5, tem-se o início do processo de formação de células eletroquímicas de corrosão, começando a surgir, depois de algum tempo, fissuras e desprendimentos da ca-

mada de cobrimento.

A existência de umidade no concreto influencia bastante o avanço da carbonatação. Outros fatores que também contribuem para que o fenômeno se desenvolva com mais rapidez são: a quantidade de CO₂ do meio ambiente, a permeabilidade do concreto e a existência de fissuras [3].

3.1.6 Desagregação

É a deterioração, por separação de partes do concreto, provocada, em geral, pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água. Pode ocorrer também devido às movimentações estruturais e choques [3].

3.1.7 Lixiviação

A lixiviação do concreto é um fenômeno que consiste na dissolução e carreamento dos compostos hidratados da pasta de cimento pela ação de águas, sejam puras, agressivas, ácidas ou de outro tipo. A lixiviação causa fissuração no concreto que pode ser minimizada com mecanismos de restrição à infiltração nas estruturas.

3.2 Durabilidade e vida útil

As estruturas de concreto são obras de grande durabilidade, e sua vida útil vai depender da periodicidade da manutenção. De acordo com a NBR 6118/2014 - a Vida Útil consiste no período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como os reparos necessários decorrentes de danos acidentais. O conhecimento profundo das causas geradoras dos defeitos em uma estrutura é pré-requisito fundamental para a definição do melhor tipo de intervenção que venha garantir a sua recuperação e funcionalidade com maior vida útil.

4 Estudo de caso

4.1 Descrição da ponte Getúlio Vargas

A ponte Getúlio Vargas, que faz a ligação rodoviária entre a Ilha de Itamaracá e o Continente, foi inaugurada no ano de 1939, com as seguintes dimensões: 5,50m de largura e 372,40m de comprimento, dividido em 17 vãos intermediários de 20m e dois vãos extremos de 16,20m. No ano de 1995 foi realizado pelo DER uma intervenção de reforço e recuperação na estrutura, acrescentando à obra o alargamento do tabuleiro, onde a faixa de rolamento passou a ter 7,20m, com dois passeios laterais para pedestres medindo 1,15m. As figuras 1 e 2 mostram duas vistas panorâmicas da ponte [4].



Figura 1 - Vista geral da ponte.



Figura 2 - Vista geral da ponte.

Originalmente a ponte é composta por superestrutura de concreto cuja laje é apoiada em duas vigas principais de concreto armado; a mesoestrutura é composta por travessas e pilares de concreto. Os encontros são de alvenaria de pedras. As fundações são do tipo profundo, em estacas de concreto. Os aterros de acesso tem extensão de 727,00m com taludes protegidos por enrocamentos laterais de altura superior à maré máxima. O alargamento do tabuleiro foi feito com a utilização de vigas pré-moldadas de concreto protendido, que recebem as cargas dos passeios de pedestres por meio de placas pré-moldadas de concreto armado e as transferem para as travessas apoiadas nos pilares reforçados. O acréscimo de cargas causado pelo alargamento implicou na necessidade de reforçar as fundações com a cravação de novas estacas e a execução de novos blocos de coroamento[3].



Figura 3- Detalhe do alargamento para implantação dos passeios.

Para a construção dos novos guarda-corpos da obra de alargamento, foram utilizadas peças pré-moldadas de concreto convencional. O alargamento da ponte está mostrado na Figura 3, onde podem ser observados os guarda-corpos e as placas pré-moldadas em um dos lados da obra.

4.2 Principais danos e manifestações patológicas existentes

4.2.1 Na Superestrutura

A superestrutura, ou tabuleiro, recebe diretamente as cargas provenientes do tráfego dos veículos e dos pedestres, transmitindo-as à mesoestrutura.

Na superestrutura foram observados grandes danos e manifestações patológicas como: juntas de dilatação danificadas, com desgastes e destruição dos selantes e dos lábios poliméricos; superfície inferior do tabuleiro apresentando estágio avançado de deteriorização estrutural, caracterizado pelo elevado nível de corrosão das armaduras das vigas pré-moldadas dos passeios de pedestres. Os consoles transversais que servem de apoio às placas pré-moldadas dos passeios também estão muito deteriorados. As placas pré-moldadas e os guarda-corpos dos passeios estão em estado de ruína com as armaduras rompidas e o concreto destruído. A situação é mais crítica do lado direito da ponte (sentido Itapissuma-Itamaracá) que está mais exposta aos ventos com elevado teor de cloretos. Para possibilitar ao tráfego de pedestres nos locais mais críticos foram colocadas tábuas em substituição às placas a guarda-corpos destruídos, fato esse que se constitui em uma solução paliativa que não elimina os riscos aos usuários.

Os danos também atingem o pavimento de CBUQ que apresenta fissuras em diversos trechos. A calçada existente na ligação entre a ponte e o aterro de acesso do lado de Itamaracá, também está com avarias que incluem abatimentos e desníveis, dificultando a passagem de pedestres. Todos esses problemas estão ilustrados nas figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13.



Figura 4- Danos na pavimentação.



Figura 5 - Desnível na ligação entre a ponte e o aterro, significando também uma situação de risco aos pedestres.



Figura 6 - Armaduras destruídas nas placas do passeio



Figura 7 - Tábuas no passeio, assentadas em substituição às placas e guarda-corpos destruídos, caracterizando situação de alto risco para os pedestres.



Figura 8 - Parte inferior do passeio e console de apoio das placas pré-moldadas com estrutura em estado de degradação.



Figura 9 - Parte inferior do guarda-corpo e console em avançado estado de deterioração.



Figura 10 - Placas pré-moldadas em balanço com estrutura completamente degradada e console comprometido.



Figura 11 - Vista lateral do console e bloco de coroamento.



Figura 12 - Ausência da tampa da caixa de inspeção da fiação elétrica, representando situação de risco aos pedestres.



Figura 13 - Oxidação de armaduras e deslocamento do concreto nas longarinas originais

4.2.2 Na Mesoestrutura

A mesoestrutura, cuja função é receber as cargas da superestrutura e transmiti-las para as fundações, é constituída pelos pilares, travessas, encontros e aparelhos de apoio[3]. Na mesoestrutura da ponte em estudo foi constatado um estágio avançado de deterioração caracterizado pela fissuração, corrosão das armaduras e deslocamento do concreto das travessas e pilares nos quais também foi observada grande incrustação de moluscos conforme pode ser visto na Figura 14.



Figura 14- Oxidação de armaduras de pilares em estado avançado, com deslocamento do concreto. Grande incrustação de moluscos no trecho de variação da maré

O fato de grande parte das superfícies dos elementos estruturais estarem diretamente expostos ao contato com a água em região de variação de maré e aos demais elementos agressivos, como é o caso dos moluscos, contribuiu decisivamente para a instalação de diversas manifestações patológicas, destacando-se as acentuadas fissuras nas travessas, que pela morfologia indicam ser originadas pela expansão das armaduras durante o processo de oxidação, expulsando o concreto do cobrimento, conforme a Figura 15. Determinadas travessas dos apoios dos passeios de pedestres apresentam uma situação bastante crítica, do ponto de vista da corrosão das armaduras e da destruição do concreto nas faces inferiores, como pode ser constatado na Figura 16.



Figura 15- Fissuras nas travessas causadas pela expansão de armaduras.



Figura 16- Travessas de apoio dos passeios de pedestres, com avançado estado de corrosão de armaduras e deslocamento do concreto.

Nos trechos centrais das travessas e nos topos de grande parte dos pilares sobre os quais elas se apoiam foram observadas fissuras com características de cisalhamento (nas travessas) conforme a Figura 17 e um quadro fissuratório bem intenso, com aparência de esmagamento do concreto no topo dos pilares, de acordo com a Figura 18. As superfícies dos pilares situadas na faixa de variação das marés apresentam sinais de lixiviação.



Figura 17- Fissuras e deslocamento do concreto nos trechos centrais das travessas



Figura 18- Grandes fissuras, corrosão de armaduras e sinais de lixiviação nos pilares.

4.2.3 Na Infraestrutura

A infraestrutura, ou fundação, tem a finalidade de receber as cargas da estrutura, transmitindo-as para o solo. No caso da ponte objeto deste estudo, sabe-se que as fundações, tanto as originais como quais foram executadas para o alargamento, são do tipo profunda em estacas de concreto, porém não foi possível realizar inspeções para avaliar o grau de integridade das estacas, considerando as limitações deste estudo que se limitou a analisar as partes visíveis da estrutura.

Para inspecionar fundações submersas seria necessário utilizar técnicas especiais com a participação de mergulhadores e de equipamentos apropriados, mas é possível afirmar que não foram identificados sintomas que pudessem caracterizar problemas nas fundações como por exemplo: deslocamentos, desaprumos, fissuras características de recalques diferenciais, etc.

5 Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusões

É possível concluir que a situação de maior gravidade está relacionada às placas dos passeios de pedestres pelo alto grau de risco aos usuários. Os consoles de sustentação dos passeios também se encontram com risco de romper e causar graves acidentes com os pedestres.

As longarinas existentes só não implicam em maior risco pela grande robustez, que tem evitado o rompimento delas. As infiltrações generalizadas no tabuleiro podem ter diminuído a resistência do concreto ao longo do tempo. Outro fator que aparenta certa gravidade é a grande quantidade de fissuras e armaduras oxidadas nos pilares e blocos. Essa situação pode ser ainda mais grave por causa da grande incrustação de moluscos, que só após retirados permitirão uma melhor avaliação sobre o grau dos danos causados ao concreto e armaduras desses componentes estruturais.

Um fato importante a ser destacado é que os elementos da estrutura do alargamento do tabuleiro, principalmente as travessas, placas dos passeios, consoles e guarda-corpo, encontram-se mais danificados que os componentes da estrutura original da ponte, que são bem mais antigos. Uma possível explicação é que as peças utilizadas no alargamento sejam bem mais esbeltas e com cobertura que, mesmo de conformidade com as normas da época, são insuficientes para a agressividade ambiental no local da obra.

Diante das atuais condições, fica evidente a necessidade da realização de intervenções urgentes visando à recuperação e reforço da ponte, de modo a estabelecer as condições apropriadas de segurança e funcionalidade. A primeira providência será a elaboração de um projeto executivo de recuperação e reforço estrutural por um profissional devidamente especializado que, além de definir os serviços com as respectivas etapas, também deverá avaliar as condições de estabilidade e segurança estrutural por meio de ensaios e de uma análise numérica, de preferência com o uso de modelos computacionais por elementos finitos. Só então as obras de recuperação e reforço deverão ser iniciadas conforme as recomendações seguintes.

5.2 Recomendações para os Serviços de Recuperação, Reforço e Manutenção

A seguir é apresentado um resumo dos serviços de recuperação e reforço estrutural, recomendados para restabelecer as condições de segurança e estabilidade.

5.2.1 Substituição de todas as placas pré-moldadas e guarda-corpos

Considerando o estado de ruína em que se encontram os guarda-corpos e placas pré-moldadas dos passeios, devem ser totalmente substituídos por novos componentes de concreto com um revestimento de armaduras que atenda a norma atual quanto à classe de agressividade ambiental para evitar que se deteriore precocemente.

5.2.2 Recuperação da pavimentação

Um dos defeitos que ocorrem na pavimentação asfáltica da ponte em estudo são as trincas e fissuras, que pode ter sido causada por execução inadequada, utilização de material de baixa qualidade, ou mesmo o tráfego de veículos muito pesados. Deve ser executada a recuperação asfáltica, proporcionando uma superfície resistente ao tráfego de veículos pesados, obtendo um rolamento suave e uniforme;

5.2.3 Recuperação das fissuras e trincas

- Demolição do concreto no trecho ao longo da fissura ou trinca;
- Limpeza com jato de água do concreto remanes-

cente e das armaduras na região do reparo;

- Aplicação de adesivo epóxi de pega lenta Nitbond EPPL ou similar para aderência entre concreto velho e novo;
- Aplicação de argamassa polimérica à base de cimento;
- Efetuar reforço conforme os detalhes, procedimentos e especificações nos desenhos.

5.2.4 Recuperação das armaduras oxidadas

- Apicoamento da superfície e remoção do concreto deteriorado em torno das armaduras;
- Lixamento ou escovamento para remoção dos produtos de corrosão incrustados nas armaduras;
- Adição de armaduras complementares quando a redução da seção for maior que 10%;
- Aplicação de primer rico em zinco sobre as armaduras nos trechos de reparos;

5.2.5 Recuperação das travessas

- Demolição do concreto do fundo das travessas na espessura de 5 cm, até descobrir a 1ª camada de ferros da armação positiva;
- Jateamento d'água sob pressão nas superfícies a recuperar;
- Execução do concreto projetado.

5.2.6 Recuperação dos pilares após a remoção dos moluscos incrustados

- Demolição do concreto nos trechos de armaduras expostas na espessura de 5 cm, até descobrir as barras da armação longitudinal;
- Jateamento d'água sob pressão nas superfícies a recuperar;
- Colocação das armaduras adicionais indicadas no desenho correspondente;
- Aplicação de concreto projetado.

5.2.7 Plano de Manutenção

Como recomendação final, também é proposto um plano de manutenção que seja baseado em vistorias previstas na Norma NBR-9452/2016- "Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto", conforme detalhamento resumido a seguir:

- **Inspeção Cadastral** - Após a conclusão da obra, instalação ou assim que se integra a um sistema de monitoramento e acompanhamento viário. E sempre que houver alguma alteração na obra como, alargamento, acréscimo de comprimento, reforço e mudança no sistema

estrutural este tipo de inspeção deve ser realizado. Na Inspeção Cadastral deve conter as informações do roteiro básico; registro fotográfico; desenhos esquemáticos da planta do tabuleiro, e das seções típica transversal e longitudinal, com suas respectivas medidas principais; classificação da Obra de Arte Especial (OAE) e demais informações consideradas importantes para a inspeção.

- **Inspeção Rotineira** - Ocorre periodicamente, é uma inspeção visual, com ou sem a utilização de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, nessa inspeção deve ser verificada a evolução de anomalias já observadas em inspeções anteriores, bem como novas ocorrências, reparos e/ou recuperações efetuadas no período, a inspeção rotineira deve ser realizada em prazo não superior a um ano.

- **Inspeção especial** - Esse tipo de inspeção deve ter uma periodicidade de cinco anos, podendo ser prorrogada até oito anos, desde que se enquadre concomitantemente aos seguintes casos: Obras com classificação de longo prazo e obras com total acesso a seus elementos constituintes na inspeção rotineira. A inspeção especial deve ser bem detalhada e incluso mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, para que seja formulado o diagnóstico e prognóstico da estrutura. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso a todos os componentes da estrutura, lateralmente e sob a obra e, se for o caso, internamente, no caso de estruturas celulares.

Para elementos submersos, a inspeção subaquática deve ser realizada conforme orientações contidas na NBR 9452/2016. A vistoria especial deve ser feita antecipadamente quando: A Inspeção anterior indicar uma classificação de intervenção em curto prazo nos seus parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade; e quando forem previstas adequações de grande porte, como alargamentos, prolongamentos, reforços e elevação de classe portanto. O procedimento para a inspeção especial deve seguir o roteiro apresentado na NBR 9452/2016.

- **Inspeção extraordinária** - A inspeção extraordinária é gerada por uma das demandas não programadas, associadas ou não, conforme o que segue: Necessidade de avaliar com mais critério um elemento ou parte da OAE, podendo ou não ser gerada por inspeção anterior, quando há ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra e quando há ocorrência de eventos da natureza, como inundação, vendaval, sismo e outros. A Inspeção Extraordinária deve ser apresentada em relatório específico, com descrição da obra e identificação das anomalias, incluindo mapeamento, documentação fotográfica e terapia recomendada. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso ao elemento ou parte da estrutura

Referências

- [1] Souza, Vicente Custódio de, 1998 - Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto / Vicente Custódio Moreira de Souza e Thomaz Ripper. - São Paulo: Pini.
- [2] Barreto, Eliana Monteiro, 2015 – notas de aula da disciplina, Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto do Curso de Especialização em Inspeção e Recuperação de Estruturas.
- [3] Vitório, José Afonso Pereira, 2002 - Pontes rodoviárias: Fundamentos, Conservação e Gestão
- [4] Vitório, José Afonso Pereira, 2015 - Relatório de Vistoria Técnica – DER