

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

ENGENHARIA CIVIL

WEDERSON ANDREAZZA MENDONÇA

RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS

Varginha

2014

FEPESMIG

WEDERSON ANDREAZZA MENDONÇA

N. CLASS.	M 624. 21
CUTTER	U 539 v.
AN. EDIÇÃO	2014

RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau sob orientação do Prof. Ms. Antonio de Faria.

Varginha

2014

FEPESMIG

WEDERSON ANDREAZZA MENDONÇA

RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau sob orientação do Prof. Ms. Antonio de Faria.

Aprovado em / /

Prof. Ms. Antonio de Faria

Prof. Leopoldo Freire

Prof. Maurício Pinto da Silva

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais, Rafael Mendonça da Silva (in Memoriam) e Maria José Trindade de Mendonça, que me proporcionaram os princípios da minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado essa oportunidade, e ter me mostrado qual caminho seguir.

Aos meus pais que foram responsáveis pela formação da minha educação e meu caráter.

A minha esposa Jacqueline Mendonça, filhos Wederson Júnior e Matheus Andreazza, que suportaram todas as dificuldades sempre ao meu lado.

Aos professores pela preciosa colaboração neste trabalho e pelos ricos ensinamentos ministrados ao longo desta graduação, os quais muito contribuíram para minha formação.

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza de seus sonhos”

Eleanor Roosevelt

RESUMO

Este trabalho aborda a questão das principais patologias encontradas nas pontes e viadutos em concreto armado, levando em consideração vários aspectos como projetos deficientes, falhas executivas e falta de uma cultura de manutenção, em especial a preventiva. Apresenta ainda, o planejamento e o procedimento para a realização de inspeções, identificação de patologias e orientação à sua correta manutenção.

Palavras-chave: Patologias. Manutenção.

ABSTRACT

This article approaches the issue of major diseases found in bridges and viaducts in concrete, taking into account various aspects such as poor design, executive failures and lack of maintenance culture, particularly preventive. Also presents the design and the procedure for conducting inspections, identifying pathologies and guidance to its proper maintenance.

Keywords: *Pathologies. Maintenance.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fissura típica de assentamento plástico.....	20
Figura 2 – Fissuras típicas de retração plástica do concreto.....	20
Figura 3 – Fissuras e trincas precoces.....	21
Figura 4 – Fissuras e trincas na alma devidas à retração e ou temperatura.....	21
Figura 5 – Fissuras e trincas provocadas por corrosão de armaduras.....	22
Figura 6 – Fissuras de retração na alma da viga.....	22
Figura 7 – Fissuras típicas de flexão, força cortante, variação de temperatura e ou retração, impedidas ou não.....	23
Figura 8 – Fissuras de torção.....	23
Figura 9 – Patologias de causas físicas na pavimentação.....	24
Figura 10 – Patologias de causas físicas na laje e nas vigas.....	24
Figura 11 – Fissuras de torção.....	25
Figura 12 – Fissuras de tração.....	25
Figura 13 – Fissuras de força cortante.....	25
Figura 14 – Fissuras nas vigas de concreto protendido, blocos de ancoragem.....	26
Figura 15 – Patologias de causas físicas na superestrutura.....	26
Figura 16 – Patologias de causas físicas na superestrutura.....	27
Figura 17 – Patologias de causas físicas na superestrutura.....	27
Figura 18 – Patologias de causas físicas na estrutura.....	28
Figura 19 – Patologias na Infraestrutura.....	28
Figura 20 – Patologias na infraestrutura.....	29
Figura 21 – Patologias na infraestrutura.....	29
Figura 22 – Patologias no Pilar.....	30
Figura 23 – Patologias nos Encontros.....	30
Figura 24 – Patologias nos encontros.....	31
Figura 25 – Patologias nos encontros.....	31
Figura 26 – Vigas com alturas reduzidas e dentes.....	32
Figura 27 – Vigas com alturas reduzidas e dentes.....	32
Figura 28 – Fissuras por deficiência de armaduras.....	33
Figura 29 – Esmagamentos resultantes de vazios de concretagem, colocação errada dos aparelhos de apoio ou mão de obra despreparada.....	33
Figura 30 – Patologias nas juntas de dilatação.....	34
Figura 31 – Localização.....	42
Figura 32 – Corte Transversal.....	50
Figura 33 – Corte Longitudinal.....	50
Figura 34 – Croquis.....	51
Figura 35 – Foto 01 Vista Inferior – Estrutura.....	52
Figura 36 – Foto 02 Vista Inferior – Estrutura.....	52
Figura 37 – Foto 03 Vista Geral Inferior.....	53
Figura 38 – Foto 04 Vista Geral Superior – Sentido Município de Elói Mendes.....	53

Figura 39 – Foto 05 Vista Inferior – Estrutura.....	54
Figura 40 – Foto 06 Vista Inferior – Estrutura.....	54
Figura 41 – Foto 07 Vista Geral Superior – Sentido Município de Varginha.....	55
Figura 42 – Foto 08 Vista Superior – Guarda Corpo de Concreto Armado.....	55
Figura 43 – Foto 09 Vista Inferior – Estrutura.....	56
Figura 44 – Foto 10 Vista Superior – Placa de Identificação da Obra de Arte.....	56
Figura 45 – Foto 11 Vista Geral Inferior	57
Figura 46 – Foto 18 Vista Inferior Estrutura	57
Figura 47 – Exemplo Pingadeira.....	58
Figura 48 – Detalhe Pingadeira.....	59
Figura 49 – Foto 15 Vista Inferior – Aparelho de Apoio não Identificado.....	59
Figura 50 – Foto 16 Vista Inferior – Aparelho de Apoio não Identificado.....	60
Figura 51 – Articulação de Mesnager.....	60
Figura 52 – Foto 22 Vista Superior – Junta danificada ou inexistente.....	61
Figura 53 – Foto 17 Vista Inferior – Cortina de Concreto Armado – Região com Concreto Esmagado ou Rompido.....	62
Figura 54 – Foto 21 Vista Inferior – Cortina de Concreto Armado – Região com Concreto Esmagado ou Rompido.....	63
Figura 55 – Foto 26 Vista Inferior – Cortina de Concreto Armado.....	63
Figura 56 – Foto 23 Vista Inferior Viga de Concreto Armado.....	64
Figura 57 – Foto 12 Vista Inferior Laje de Concreto Armado – Lixiviação e Mancha de Carbonatação / Infiltração no Concreto.....	65
Figura 58 – Foto 14 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado- Lixiviação e Mancha de Carbonatação / Infiltração no Concreto.....	66
Figura 59 – Foto 19 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado- Lixiviação e Mancha de Carbonatação / Infiltração no Concreto / Dreno Danificado.....	66
Figura 60 – Foto 20 Vista Inferior Laje de Concreto Armado – Deslocamento de Concreto com Armadura Exposta.....	67
Figura 61 – Foto 13 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado – Deslocamento de Concreto com Armadura Exposta Oxidada.....	68
Figura 62 – Foto 27 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado - Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Infiltração no Concreto.....	68
Figura 63 – Foto 28 Vista Inferior – Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Infiltração no Concreto.....	69
Figura 64 – Foto 24 Vista Inferior – Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Lixiviação e Mancha de Carbonatação.....	69
Figura 65 – Foto 25 Vista Inferior – Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Lixiviação e Mancha de Carbonatação.....	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo geral.....	12
2.2. Objetivo Específico.....	12
3. METODOLOGIA	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1. Abrangência.....	14
4.2. Pontes em concreto armado.....	14
4.3. Durabilidade.....	15
4.4. Vida Útil de Projeto.....	16
4.5. Caracterização e intervenções em Pontes Construídas.....	16
4.6. Planejamento das Inspeções.....	17
4.7. Procedimentos Gerais nas Inspeções.....	17
4.8. Procedimentos Particulares nas Inspeções.....	18
4.9. Causas de deterioração das pontes de concreto.....	18
4.10. Causas físicas das patologias do concreto.....	19
4.11. Trincas e fissuras do concreto na fase plásticas.....	19
4.12. Trincas e fissuras do concreto endurecido.....	21
4.13. Fissuras do concreto na fase de utilização da estrutura.....	22
4.14. Principais tipos de patologias provocadas por causas físicas pela utilização das pontes e pelo mau detalhamento.....	23
4.15. Impacto de veículos e choques de embarcações.....	34
4.16. Causas químicas de patologias do concreto.....	34
4.17. Agressividade do meio ambiente.....	35
4.18. Corrosão do concreto.....	36
4.19. Prevenção e tratamento das patologias do concreto.....	36
4.20. Tipos de patologias.....	37
4.21. Materiais de recuperação.....	38
4.22. Técnicas de recuperação e tratamentos.....	39
5. ESTUDO DE CASO	41
5.1 Localização.....	42
5.2 Ficha de Dados Cadastrais.....	43
5.3 Ficha de Inspeção Rotineira.....	45
5.4 Ficha de Fotografias.....	47
5.5 Laudo Técnico.....	48
5.6 Croquis.....	50
5.7 Cadastro da Obra de Arte.....	52
5.8 Inspeção da Obra de Arte/Propostas de Manutenção.....	58
5.81 Deficiências Funcionais.....	58
5.82 Danos nos Elementos.....	61
6. CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

Em função dos crescentes problemas de degradação em pontes e viadutos rodoviários, atribuídos em sua maioria, à demora em se iniciar as inspeções e manutenções em obras de arte especiais, faz com que seja oportuno o desenvolvimento de pesquisas e revisões pertinentes ao tema.

A ausência de políticas e estratégias voltadas para conservação resulta em graves consequências, principalmente no que se refere aos riscos causados aos usuários pelos acidentes estruturais ocorridos em todo país. Devem ser considerados, também, os prejuízos materiais e financeiros do setor produtivo, do setor público e da própria sociedade, pois a demora em iniciar a manutenção de uma obra torna os reparos mais trabalhosos e onerosos, levando os custos de correção à progreções geométricas.

Como descreve a norma DNIT 010/2004 – PRO, reabilitação de pontes é o conjunto de atividades que, além de recuperar e reforçar a ponte introduz modificações, tais como aumento da capacidade de carga, alargamento, passeios laterais e barreiras de segurança, que aumentam a conforto e a segurança do usuário.

Sendo assim se torna necessário pormenorizar o problema, expondo as principais causas das patologias e indicando o melhor método corretivo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho objetiva fazer uma exposição, através da revisão da literatura, sobre as causas, principais processos e consequências da degradação de pontes em concreto armado, bem como a recomendação de medidas preventivas. Ao final, será apresentado um estudo de caso envolvendo uma estrutura de concreto armado, na qual se procurou identificar patologias, entender as causas e propor uma metodologia de reparo e recuperação da estrutura afetada.

2.2. Objetivo Específico

- Descrever os possíveis mecanismos de deterioração das pontes em concreto armado, relacionado às causas de natureza mecânica, física, química e eletroquímica, juntamente com os respectivos sintomas que se manifestam na estrutura, recomendando a ação de medidas preventivas ou minimizadoras dos efeitos patológicos resultantes da deterioração do concreto armado.
- Descrever as origens das patologias devido às falhas humanas cometidas ao longo do ciclo de vida da estrutura.
- Indicar operações de identificação e tratamento de patologias que visam restabelecer as condições atuais da estrutura.
- Enfatizar que inspeção regular e manutenção adequada e continuada são procedimentos imprescindíveis para garantir a vida útil da estrutura, e que a ausência de defeitos visíveis não implica em adiar ou limitar os procedimentos indicados.
- Apresentar um estudo de caso sobre uma ponte em concreto armado degradada e propor um conjunto de atividades objetivando a eliminação de defeitos e redução da velocidade de degradação da ponte, aumentando assim a sua vida útil.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho é baseado em revisão bibliográfica, levantamento fotográfico em pontes, registro de documentos e projetos e estudo de caso específico.

O estudo de caso será realizado em ponte rodoviária, fazendo coleta e registro de patologias ocorridas durante a execução e manutenção inadequada.

Apresentação de relatório de avaliação da ponte em concreto armado, localizada na BR 491, Km 233 limite dos Municípios de Varginha e Elói Mendes, Minas Gerais, assim como análise de avarias encontradas e soluções para correta manutenção e recuperação.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Abrangência

Este estudo abrange, segundo o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários IPR 744 (DNIT, 2010), a pontes rodoviárias em concreto armado e protendido, com vãos máximos de 200 metros, independentes de seus comprimentos totais.

4.2 Pontes em concreto armado

Conforme o Manual de Inspeção de Pontes DNIT, a malha rodoviária federal implantada a partir da década de 1940, época em que também foram editadas as primeiras Normas Brasileiras referentes ao cálculo e execução de estruturas de concreto armado, e que foram calculadas para solicitações provocadas por diferentes carregamentos e dimensionadas e detalhadas segundo critérios vigentes nas épocas de projetos, muitos dos quais hoje não seriam mais aceitos.

O perfil das pontes da maioria das rodovias é bastante heterogêneo, mas podem ser facilmente identificadas no que se refere a época do projeto e a sua classe:

- Projetadas até 1950 Normas Brasileiras: NBR-1/1946 e NB-2/1946,

Pontes Classe 24 - Cargas Móveis da Classe I: 450 Kgf./m².

- Projetadas de 1950 a 1960 Normas Brasileiras: NBR-1/1946 e NB-2/1946,

Pontes Classe 24 - Cargas Móveis da Classe Especial e I: 500 Kgf./m².

- Projetadas de 1960 a 1975 Normas Brasileiras: NBR-1/1960 e NB-2/1960,

Pontes Classe 36 - Cargas Móveis: Veículo de 36tf, Multidão de 0,5tf/m² e de 0,3tf/m².

- Projetadas de 1975 a 1985 Normas Brasileiras: NBR-1/1978, NB-2/1960, NB-6/1960

Pontes Classe 36 - Cargas Móveis: Veículo de 36tf, Multidão de 0,5tf/m² e de 0,3tf/m².

- Projetadas após 1985 Normas Brasileiras: NBR-1/1978, NB-2/1987, NB-6/1982(NBR7188/84)

Pontes Classe 36 - Cargas Móveis: Veículo de 45tf, Multidão de 0,5tf/m² e de 0,3tf/m².

Em decorrência do aumento no volume e tráfego nas rodovias brasileiras as normas técnicas passaram por alterações quanto às características gerais, seção transversal e cargas móveis.

Na vasta malha rodoviária brasileira, grande parte das pontes e viadutos carece de manutenção ou investimento a fim de adequá-las para atender as solicitações atuais garantindo segurança e dirigibilidade nas estradas.

4.3 Durabilidade

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003) as estruturas em concreto armado, neste estudo pontes rodoviárias, devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais prevista na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto conservem suas segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

Para IPR 744 (DNIT, 2010) a durabilidade das pontes em concreto armado envolve, em conjunto, as fases do projeto, construção e manutenção.

As fases do projeto todos os elementos topográficos, geológicos, hidrológicos, viários e normativos devem ser de pleno conhecimento do projetista; a obra projetada deve ser robusta, estética e funcional.

O detalhamento do projeto deve considerar as necessidades de fácil acesso a toda obra, do bom escoamento das águas pluviais, de evitar superfícies horizontais, da previsão de drenos em pontos baixos, da previsão de drenos internos nas obras em caixão e da drenagem dos aterros de acesso.

Conforme o CEB-FIB Model Code for Concrete Structures, 1978: *“O objetivo do projeto é fazer a estrutura que está sendo projetado alcançar probabilidades aceitáveis para que não se torne imprópria para o uso para qual foi projetada, durante um período de referência relacionando com sua vida desejada. Toda estrutura ou elementos estruturais devem ser projetados para sustentar, com satisfatório grau de segurança, todas as cargas e deformações suscetíveis de ocorrer durante a construção e utilização apropriada, comportar-se adequadamente em uso normal e ter a durabilidade estimada durante toda a vida da estrutura”*. A durabilidade desejada já foi de cinquenta anos e, atualmente, é igual ou superior a cem anos.

A vida útil da estrutura e sua durabilidade estão intimamente associadas e implicam na necessidade do conhecimento e combate da agressividade ambiental e das causas das deficiências estruturais.

As pontes em concreto armado, embora conhecidas pelo seu baixo custo de manutenção e pela sua durabilidade, deterioram-se pelas mesmas razões que as pontes construídas com outros materiais: envelhecimento, construção pouco apurada, estruturas subdimensionadas para cargas móveis sempre crescentes e projetos deficientes para os padrões atuais.

Dependendo de projeto e construção adequados, do sistema estrutural, da qualidade das medidas de prevenção e da intensidade da manutenção, as pontes são, mais ou menos, suscetíveis de degradação.

Na fase de construção os materiais devem ser de boa qualidade e adequados à agressividade do meio ambiente, variável localmente e regionalmente; as fundações devem ser compatíveis com o perfil geológico, as sondagens e as cargas da fase construtiva e da fase de utilização;

escoramento e fôrmas devem ser suficientemente rígidos para não permitir assentamentos e deformações.

É indispensável a efetivação da manutenção preventiva e rotineira; a falta de manutenção é uma das causas principais da redução da vida útil das estruturas.

4.4 Vida Útil de Projeto

Por vida útil de projeto, conforme NBR 6118 (ABNT, 2003), entende-se o período de tempo durante o qual se mantém as características das estruturas de concreto desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos decorrentes de danos acidentais.

O conceito de vida útil aplica-se à estrutura como um todo ou as suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo.

4.5 Caracterização e intervenções em Pontes Construídas

De acordo com a IPR 744 (DNIT, 2010), algumas expressões empregadas em projetos viários necessitam de uma definição uniforme e precisa. Com este objetivo são fornecidos alguns conceitos gerais, relativos ao projeto de recuperação de pontes e viadutos rodoviários.

- Avaliação: Conclusão de uma investigação, abrangendo revisão de documentos, inspeções locais, retira de amostras e ensaios de materiais.
- Elemento: Peça isolada e identificável da estrutura.
- Diagnóstico: Identificação da causa da deterioração.
- Inspeção: Processo que permite avaliar as condições físicas da estrutura e a extensão da deterioração, dos danos e dos desconfortos existentes.
- Investigação: Coleta e reunião de dados e informações detalhadas concernentes ao comportamento, condições e resistência de uma estrutura, através de análise de documentos, levantamentos, observações e ensaios.
- Amostragem: Identificação e escolha de materiais para remoção, com finalidade de submetê-los a testes de laboratório.
- Reforço: Aumento da capacidade resistente da estrutura, em um nível superior que o proposto no projeto original.

- Redundância: Condição estrutural, onde há mais elementos que os estritamente necessários para garantir a estabilidade da estrutura.
- Estrutura: A obra ou seus componentes, considerado como sendo de concreto.
- Ensaio: Operação para qualificar o material e suas propriedades físicas, através de equipamentos calibrados e procedimentos padronizados.
- Ponte: Estrutura, inclusive apoios, construídos sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista de passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo, de mais de seis metros.
- Pontilhão: Ponte, inclusive apoios, com vão igual ou inferior a seis metros.
- Bueiro: Estrutura de drenagem, construída sob a via, atravessando todo o corpo da estrada.
- Reparo: Atividade técnica de recuperação substitui ou corrige materiais, componentes ou elementos deteriorados ou danificados.

As intervenções em pontes construídas podem ser caracterizadas como manutenções, que são operações que visam garantir a integridade da estrutura e preservá-la da deterioração e recuperação, reabilitação e reforço, que devem ser adotadas as definições da Norma DNIT 010/2004-PRO, Inspeções em pontes e viadutos em concreto armado e protendido – Procedimento.

4.6 Planejamento das Inspeções

A Norma DNIT 010/2004-PRO, determina que os requisitos mínimos para realizar, com segurança, uma inspeção confiável e completa são o planejamento e a programação adequada; estas duas atividades deverão abordar os seguintes aspectos:

- a) O motivo da inspeção;
- b) O tipo da inspeção;
- c) O dimensionamento da equipe;
- d) Os equipamentos e as ferramentas;
- e) A existência de projetos e de relatórios de inspeções anteriores;
- f) O período do ano mais favorável à inspeção.

4.7 Procedimentos Gerais nas Inspeções

A inspeção de uma ponte deve ser conduzida de forma sistemática e organizada, de modo a garantir que todo elemento estrutural seja inspecionado; adequadas fichas podem garantir este

procedimento. O documento fotográfico ou de imagens digitalizadas deve ser abrangente e completo; um mínimo de seis fotos deve registrar vista superior, vista inferior, vistas laterais e detalhes de apoios, articulações, juntas entre outros; defeitos eventualmente encontrados em qualquer elemento estrutural devem ser cuidadosamente examinados e registrados para permitir avaliar suas causas. Efetuar a limpeza de determinadas áreas da ponte, para verificar se há trincas, corrosões ou outros defeitos encobertos. Havendo possibilidade, a ponte deve ser observada durante a passagem de cargas pesadas, para verificar se há vibrações ou deformações excessivas.

4.8 Procedimentos Particulares nas Inspeções

- Geometria e condições viárias
Deve ser verificado o alinhamento da obra, se há deformações ou vibrações excessivas.
- Acessos
O estado de pavimentação dos acessos deve ser examinado, pois, irregularidades podem causar impactos indesejáveis, verificar a existência de placas de transição e seu funcionamento, examinar as juntas entre os acessos, bem como as saias de aterro, a drenagem e a continuidade das barreiras.
- Cursos d'água
Verificar se detritos e matérias flutuantes escoam livremente, se há indícios de erosão, assoreamento ou retenção de materiais por apoios intermediários, deve ser criado um registro do regime dos cursos d'água.
- Encontros e fundações
Deve ser verificado se há evidências de erosões ou descalçamentos
- Apoios intermediários
Os pilares, maciços, paredes ou isolados, devem ser examinados para verificar a possível degradação do concreto e corrosão das armaduras.
- Aparelhos de apoio
Devem ser verificados possíveis recalques, anomalias em juntas de dilatação e choques de materiais flutuantes nas grandes cheias.
- Superestrutura
Verificar anomalias no concreto, tais como fissuras, trincas, deslocamentos, desagregações, disgregações, infiltrações e eflorescências.

4.9 Causas de deterioração das pontes de concreto

Segundo IPR 744 (DNIT, 2010), os fatores que provocam a deterioração das pontes podem ser classificados em cinco grandes grupos:

- Fatores intrínsecos, que estão intimamente ligados à estrutura, e são relacionados a idade, qualidade do concreto, agregados, aditivos e principalmente ao fator água/cimento.

- Fatores resultantes do tráfego rodoviário, que são fatores externos e resultantes da utilização da estrutura.
- Fatores ambientais, que são de natureza climática ou atmosférica, os primeiros são independentes da atividade humana, enquanto que os segundos são de responsabilidade humana tais como poluição atmosférica, chuva ácida, águas poluídas.
- Fatores resultantes do tipo e intensidade da manutenção, que na maioria das vezes influencia na durabilidade das pontes, podem ser preventiva ou corretiva, implicando em limpeza, proteção anticorrosiva e medidas de conservação.
- Fatores correlacionados a atividade humana, que são classificados em dois grupos conforme haja ou não a intervenção humana.

4.10 Causas físicas das patologias do concreto

As patologias nas pontes de concreto armado são evidenciadas por trincas e fissuras de vários tipos, e são comuns nas estruturas devido a fragilidade do concreto, material pouco resistente a tração e que colapsa repentina e explosivamente. Entretanto, seu número, localização e abertura são fatores decisivos para degradação das estruturas.

Para avaliar o quanto às trincas e fissuras são danosas a durabilidade e segurança das pontes de concreto armado, é necessário determinar as causas que a provocaram.

4.11 Trincas e fissuras do concreto na fase plásticas

Conforme expõe o manual IPR 744 (DNIT, 2010), as trincas e fissuras podem ser de diferentes tipos e sua importância depende do tipo estrutural da obra, da sua localização de sua origem, de sua abertura e de serem ativas, quando o comprimento e abertura aumentam com o tempo e ou a passagem das cargas móveis, ou inativas.

Quando esses fatores não causam modificações nas trincas e fissuras, as principais causas físicas são:

- Assentamento plástico do concreto

- Causa: evaporação rápida e cura inadequada.
- Tempo de formação: primeiras horas após concretagem.
- Localização: ao longo das barras das armaduras e na mudança de forma das seções.

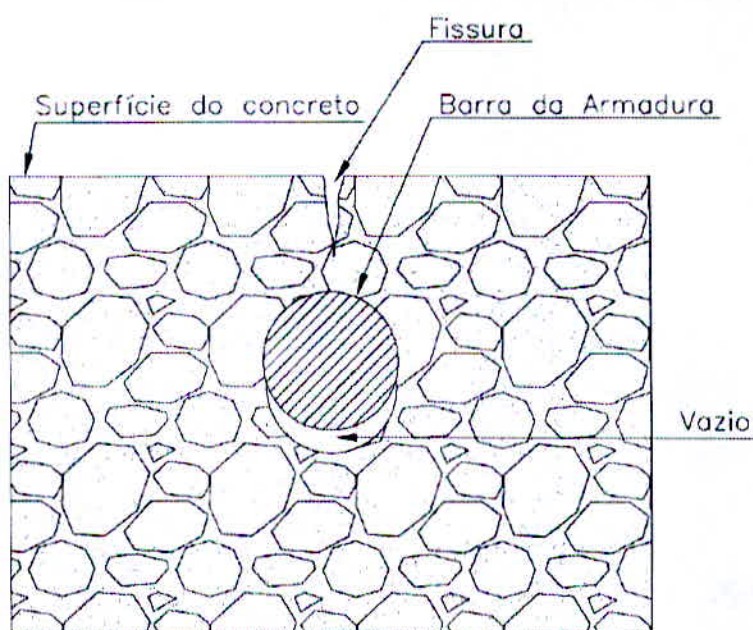


Figura 1 – Fissura típica de assentamento plástico

- Retração plástica do concreto

- Causa: evaporação rápida e cura inadequada.
- Tempo de formação: primeiras horas após concretagem.
- Localização: na superfície dos elementos concretados, com pouca umidade e em ambientes muito secos.

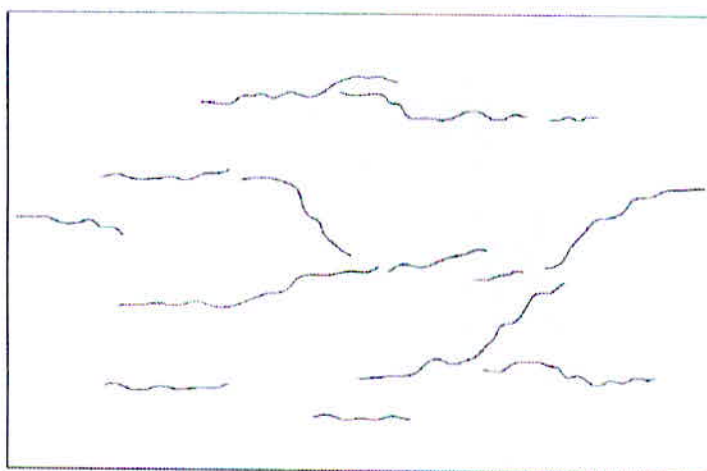
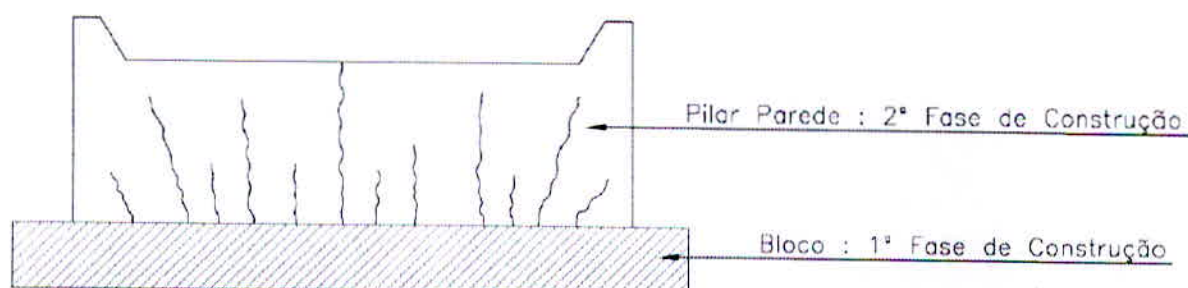


Figura 2 – Fissuras típicas de retração plástica do concreto

- Retração térmica inicial

- Causa: armadura insuficiente ou inadequada nas juntas de construção.
- Tempo de formação: primeiros dias após concretagem, concreto em fase de endurecimento.
- Localização: perpendiculares às juntas de construção.



Trincas Precoces: Bloco na 1ª Fase de Construção e Pilar na 2ª Fase de Construção

Figura 3 – Fissuras e trincas precoces

4.12 Trincas e fissuras do concreto endurecido

- Retração

- Causa: encurtamento normal do concreto com a perda de umidade.
- Tempo de formação: se não for controlada e minimizada por armaduras, alguns meses após concretagem.
- Localização: perpendiculares aos encurtamentos.

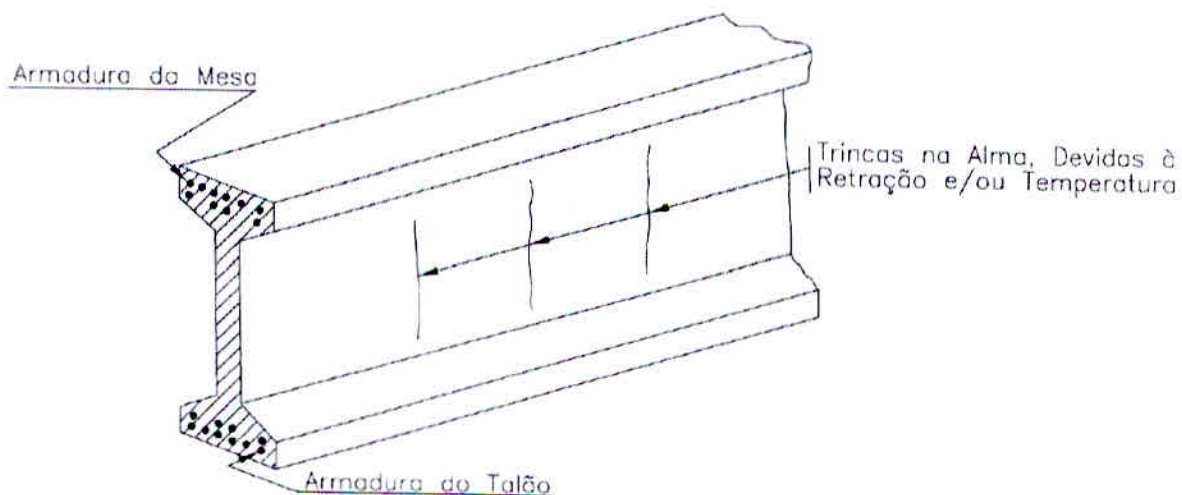


Figura 4 – Fissuras e trincas na alma devidas à retração e ou temperatura

- Corrosão das armaduras

- Causa: aumento de volume das armaduras decorrente da corrosão.
- Tempo de formação: meses ou anos após o término da construção.
- Localização: ao longo das armaduras.

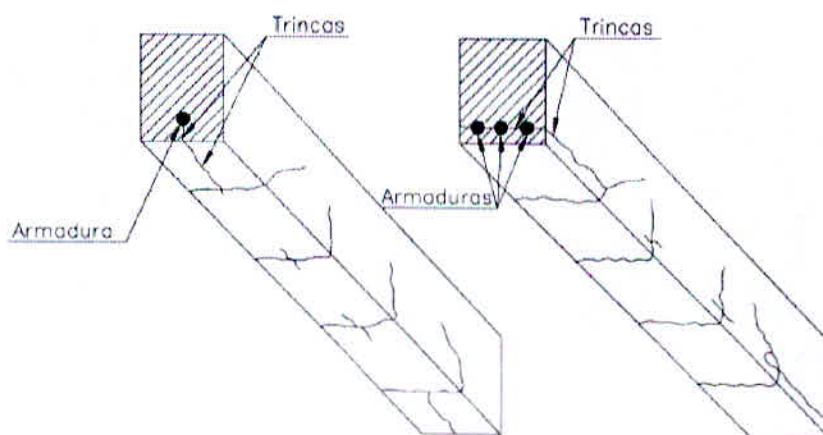
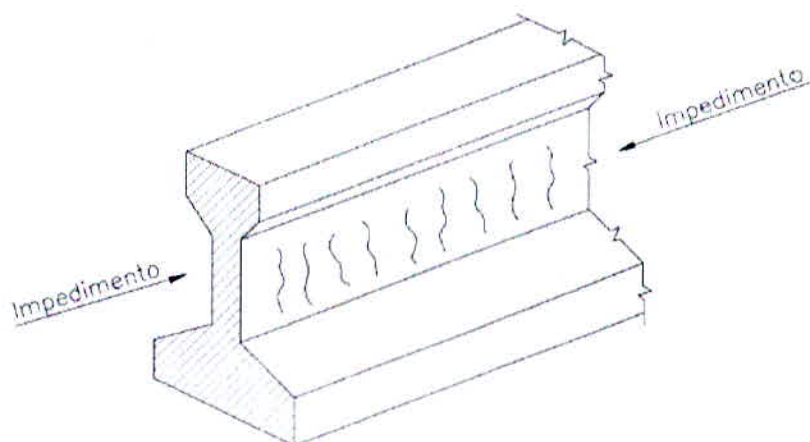


Figura 5 – Fissuras e trincas provocadas por corrosão de armaduras

4.13 Fissuras do concreto na fase de utilização da estrutura

- Variações de temperatura e retração residual

- Restrições ou impedimentos à livre movimentação da estrutura.
- Causa: aparelhos de apoio desgastados ou bloqueados.
- Tempo de formação: quando a estrutura ficar impedida de se movimentar.
- Localização: normais à direção dos impedimentos.



Fissuras de Retração

Figura 6 – Fissuras de retração na alma da viga

- Fissuras do concreto causadas pelo tráfego de cargas móveis.

- Causa: cargas móveis não previstas ou dimensionamento insuficiente.
- Tempo de formação: quando da utilização inadequada da estrutura.
- Localização: nos elementos estruturais excessivamente solicitados.

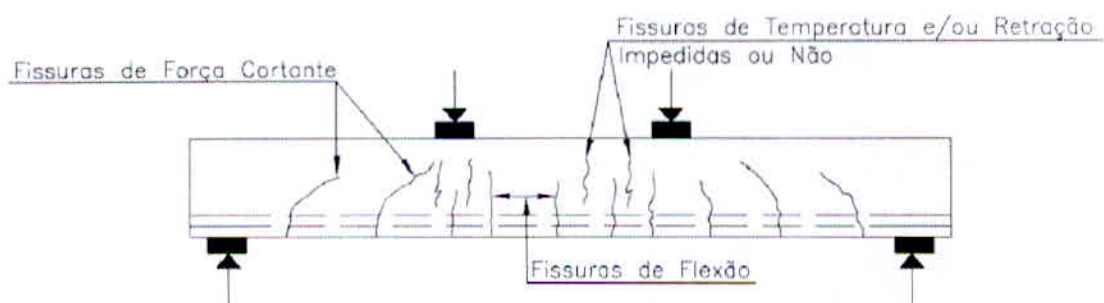


Figura 7 – Fissuras típicas de flexão, força cortante, variação de temperatura e ou retração, impedidas ou não.



Figura 8 – Fissuras de torção.

4.14 Principais tipos de patologias provocadas por causas físicas pela utilização das pontes e pelo mau detalhamento

Na superestrutura

- Na pavimentação

- 1-Trincas transversais;
- 2 – Contaminação junto às barreiras;
- 3 – Falhas e defeitos;
- 4 – Trincas junto às juntas de dilatação;
- 5 – Trincas longitudinais;
- 6 – Deterioração e vazamentos junto às barreiras;
- 7 – Deformação do pavimento;
- 8 – Deformação do pavimento, na forma de impressões das rodas;
- 9 – Deterioração do pavimento, resultante da fraqueza do material;
- 10 – Rugosidades do pavimento nas regiões de transição aterro-ponte, por falta de laje de transição e por assentamento do aterro de acesso.

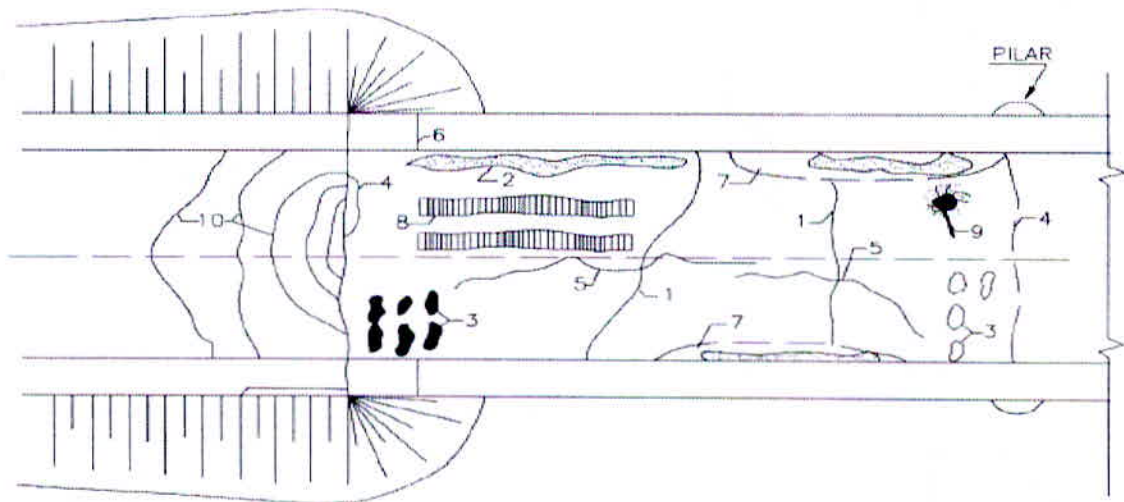


Figura 9 – Patologias de causas físicas na pavimentação.

O manual de recuperação de pontes e viadutos recomenda a utilização de pavimento flexível diretamente sobre a laje estrutural, desde que previamente se recupere a laje estrutural de suas patologias, depois da remoção do pavimento existente das áreas onde foram detectados defeitos.

- Na ponte sobre duas vigas ou sobre vigas múltiplas

- a) Fissuras Transversais na laje
- b) Fissuras Longitudinais na laje
- c) Fissuras Horizontais na viga
- d) Fissuras Horizontais e Diagonais na viga

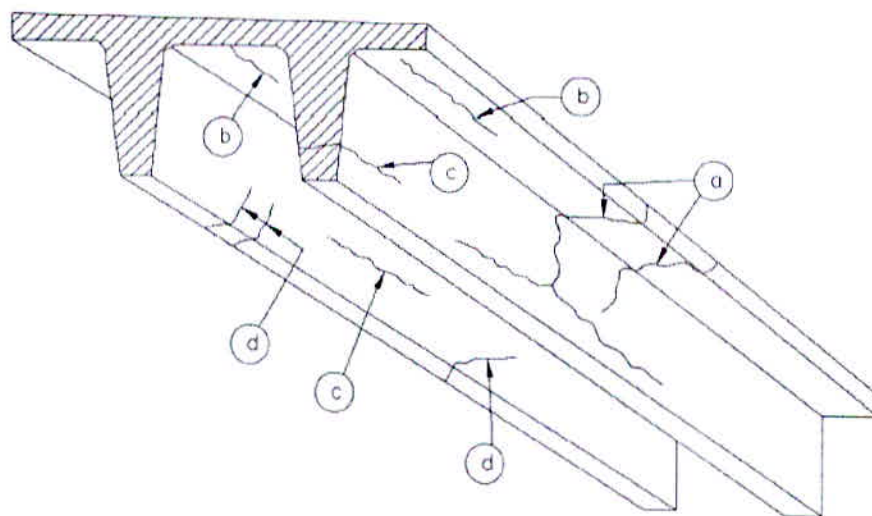


Figura 10 – Patologias de causas físicas na laje e nas vigas.

- Nas vigas de concreto armado

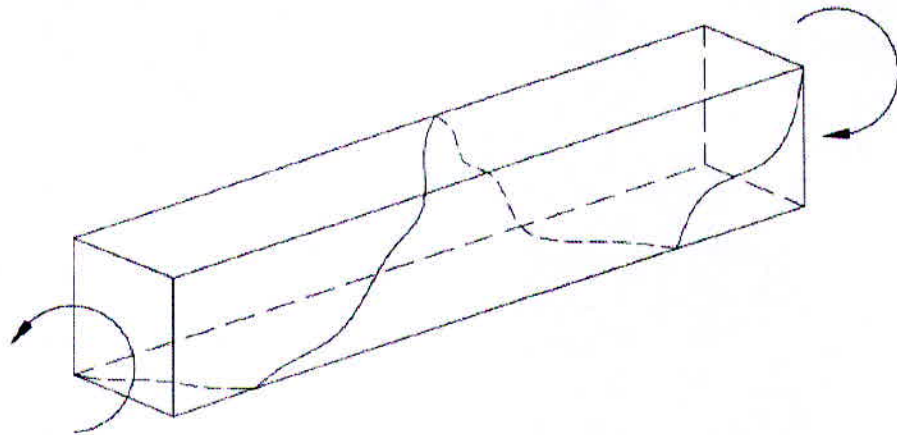


Figura 11 – Fissuras de torção.

- Nas vigas de concreto protendido

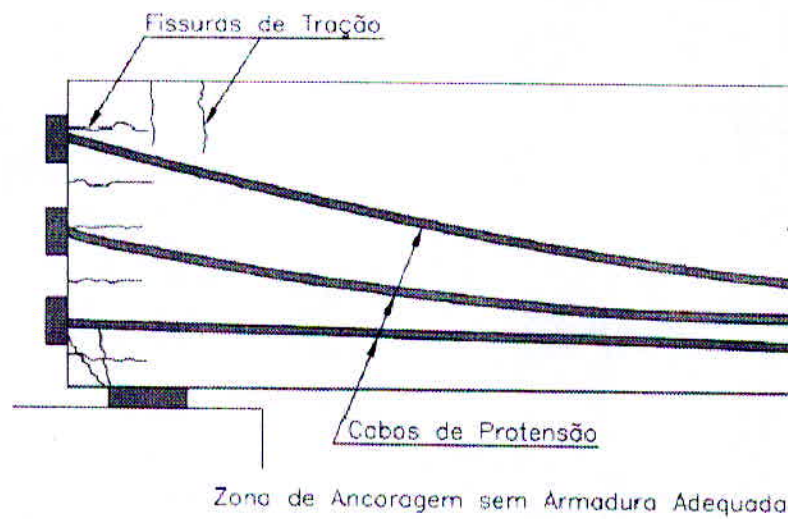


Figura 12 – Fissuras de tração.

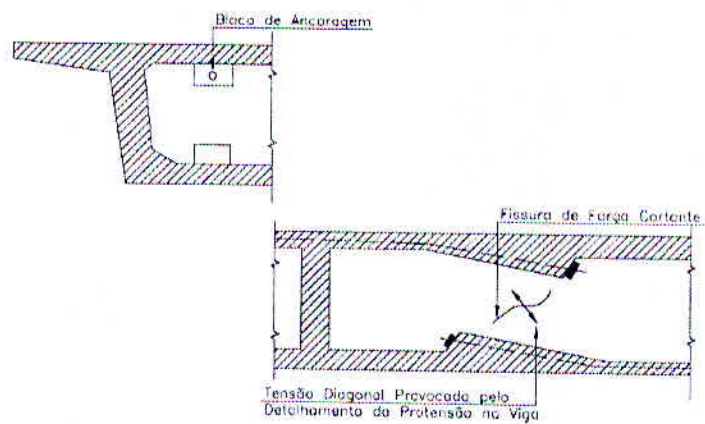


Figura 13 – Fissuras de força cortante.

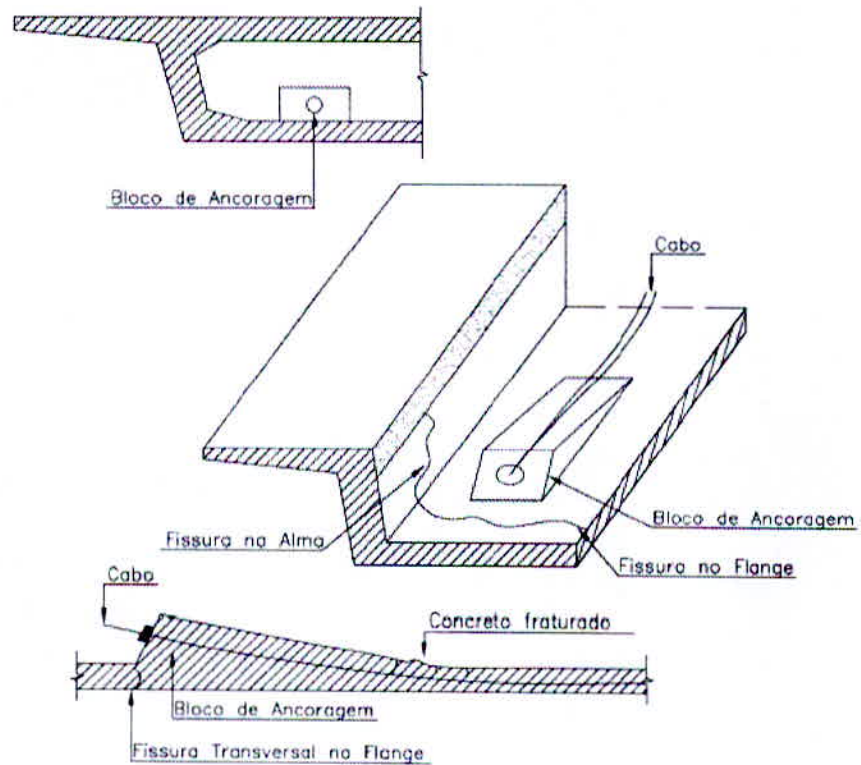


Figura 14 – Fissuras nas vigas de concreto protendido, blocos de ancoragem.

- Nas estruturas em caixão

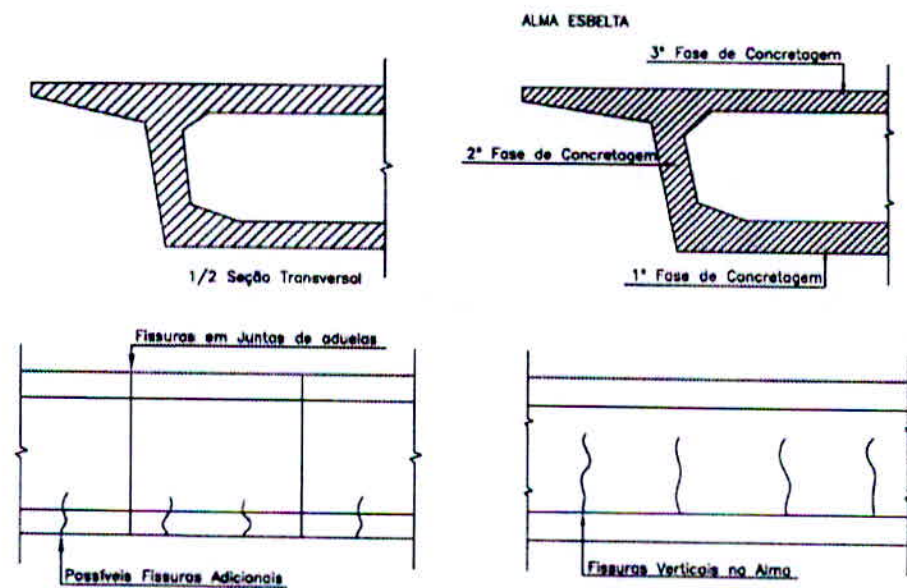


Figura 15 – Patologias de causas físicas na superestrutura.

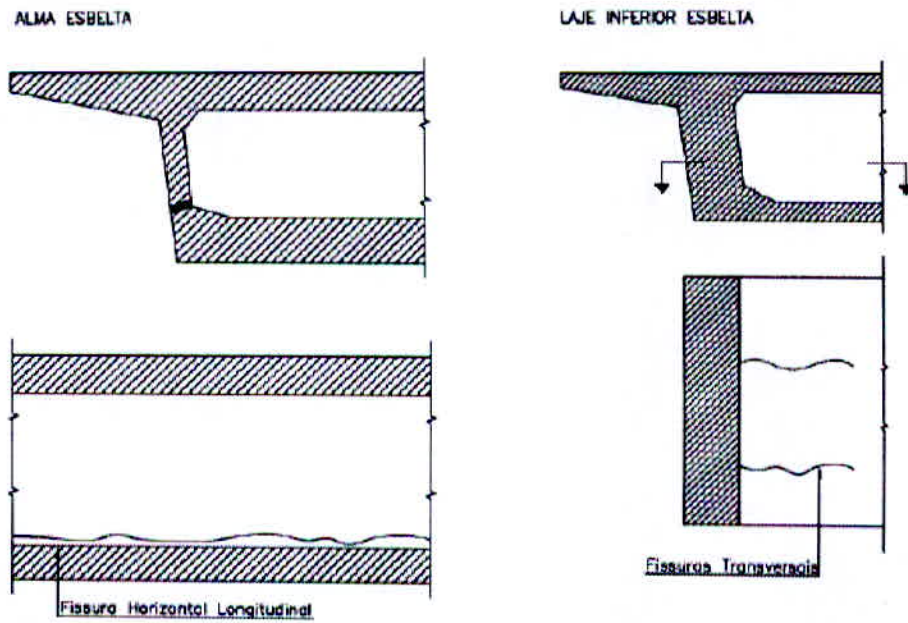


Figura 16 – Patologias de causas físicas na superestrutura.

- Nas estruturas em laje

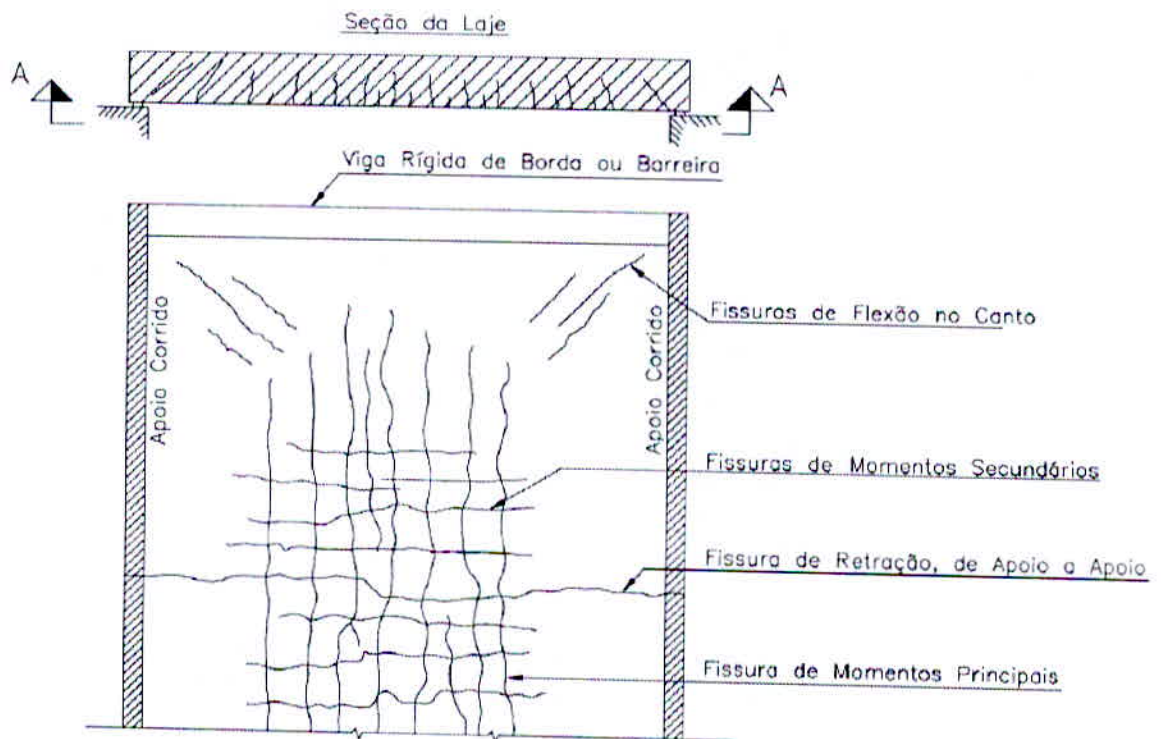


Figura 17 – Patologias de causas físicas na superestrutura.

- Nas pontes em arco

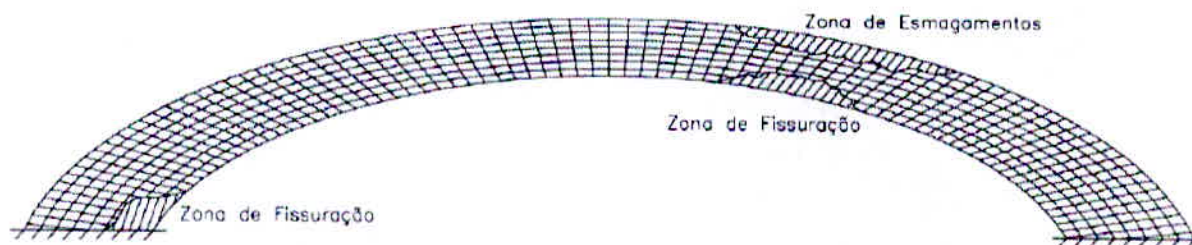
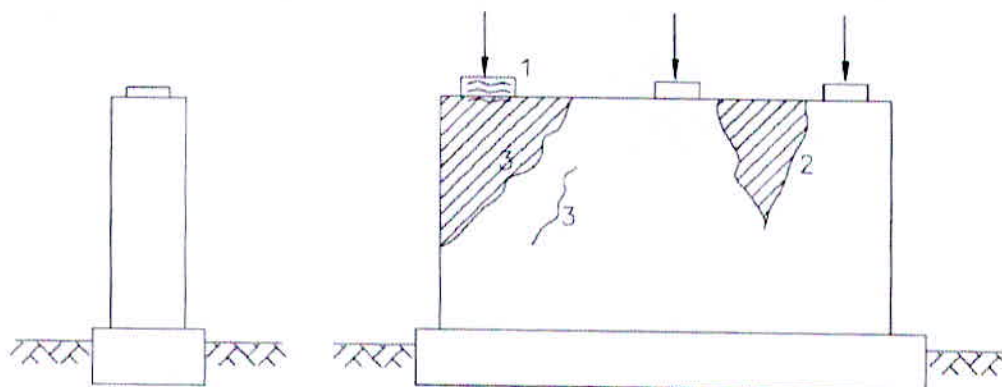


Figura 18 – Patologias de causas físicas na estrutura.

As principais e mais perigosas patologias são a mudança de eixo do arco e as perdas de concreto disgregado por excesso de carga ou por corrosão das armaduras.

Na infraestrutura

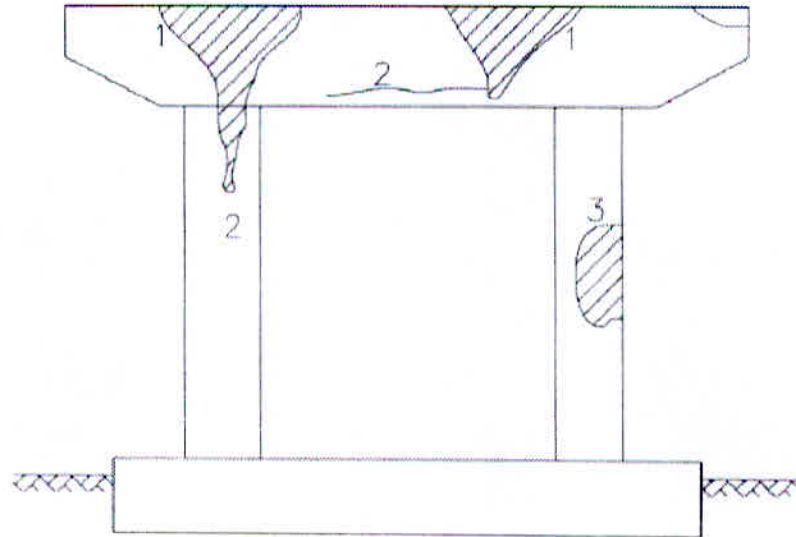


- 1 – Dano no suporte do apoio externo
- 2 – Vazamento na junta de dilatação da superestrutura, afetando a parede do pilar
- 3 – Trincas no concreto em virtude da fraca armadura do pilar

Figura 19 – Patologias na infraestrutura.

- Nos pilares isolados com travessa de ligação

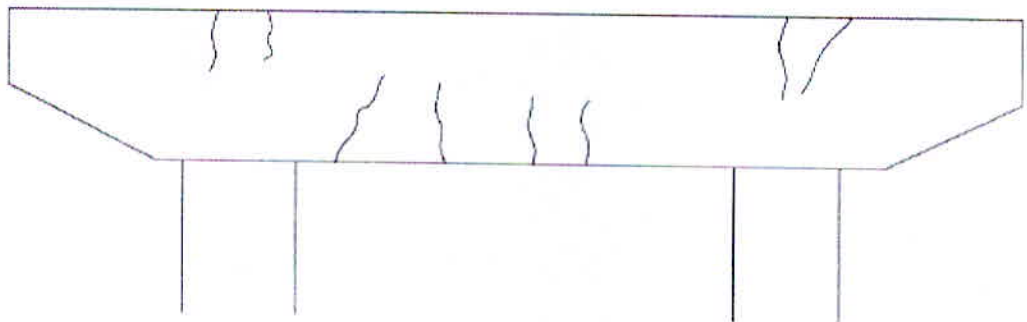
Pórtico com travessa



- 1 – Vazamento sobre a travessa de ligação
- 2 – Trincas longitudinais provocadas por corrosão de armaduras
- 3 – Delaminação do cobrimento do concreto, provocada por vazamentos de juntas de dilatação

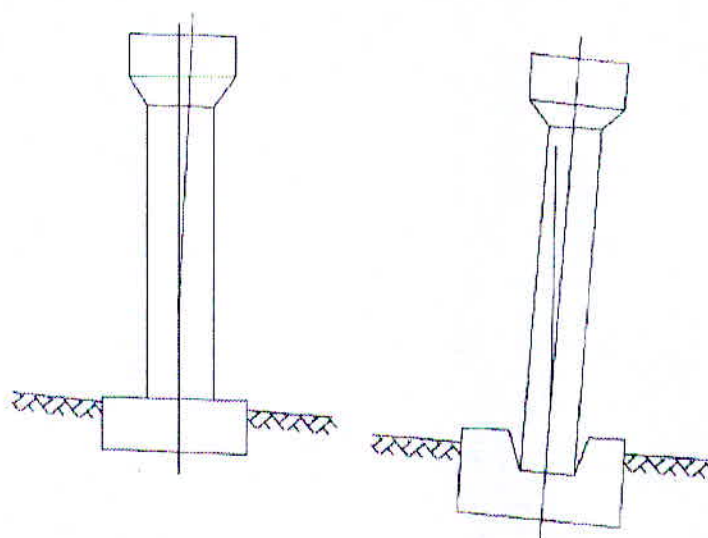
Figura 20 – Patologias na infraestrutura.

Pórtico com travessa



Trincas resultantes do excesso de carregamento na travessa

Figura 21 – Patologias na infraestrutura.



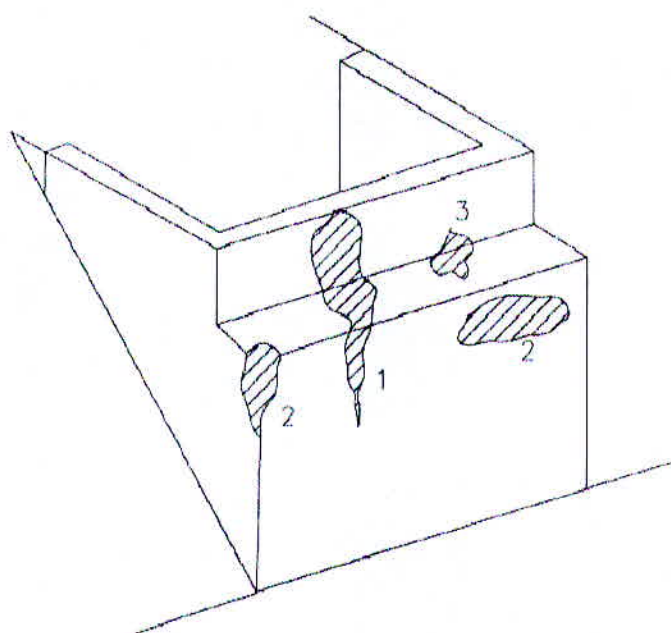
Inclinação do pilar em virtude do colapso da fundação ou da fixação defeituosa do pilar na sua base

Figura 22 – Patologias no Pilar.

Nos encontros

- Patologias resultantes de infiltrações nas juntas de dilatação

Encontro de pontes



- 1 - Vazamento sobre a parede
- 2 - Delaminação do concreto
- 3 - Detritos no suporte dos apoios

Figura 23 – Patologias nos encontros.

Detalhes especiais

- Dentes de apoios de vigas

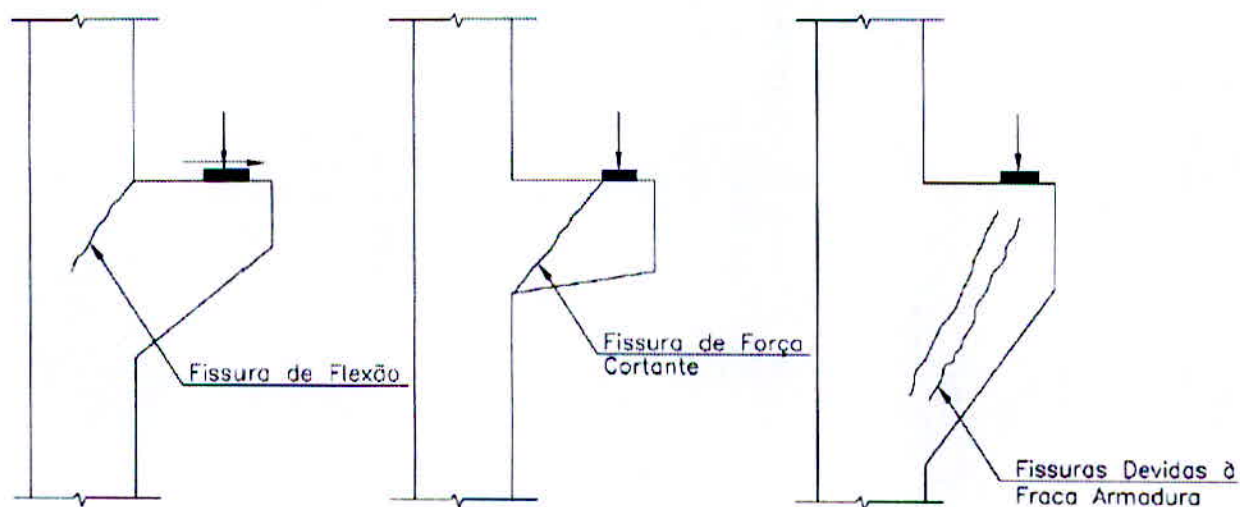


Figura 26 – Vigas com alturas reduzidas e dentes.

- Vigas de apoio de vigas

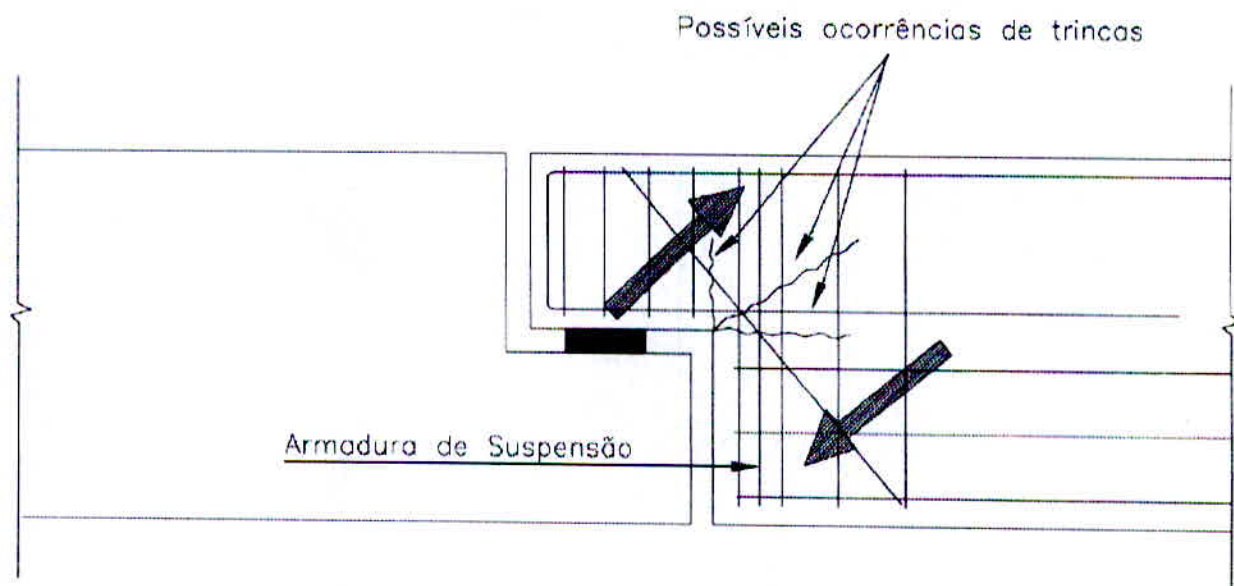
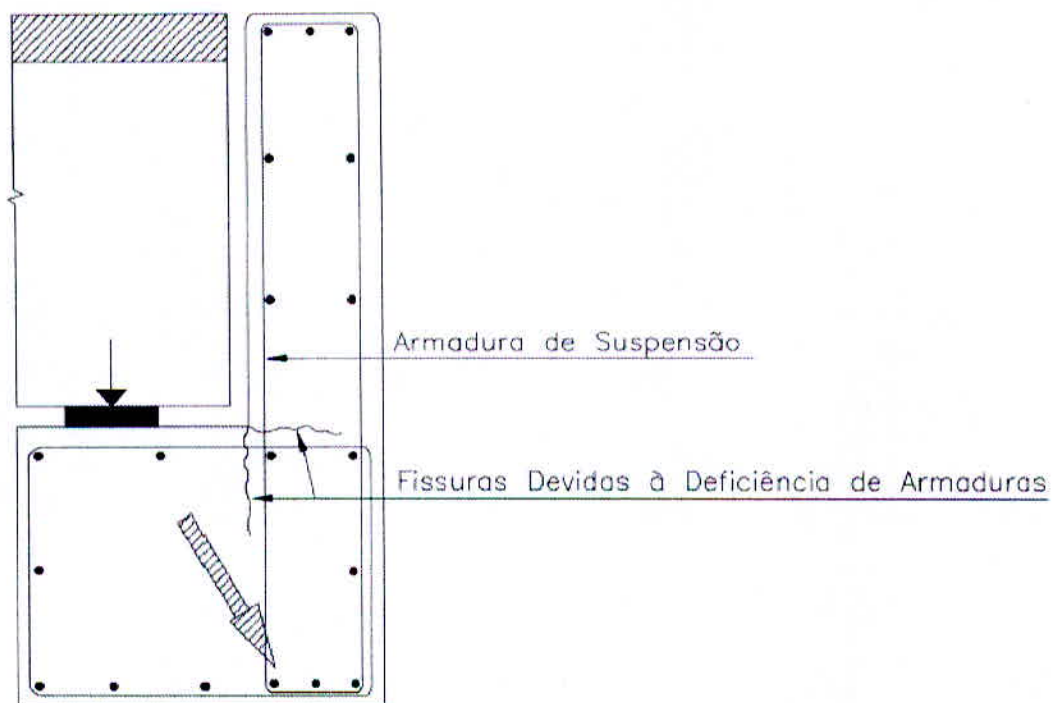


Figura 27 – Vigas com alturas reduzidas e dentes.

- Apoios extremos de vigas



Apoio extremo em travessa com dente

Figura 28 – Fissuras por deficiência de armaduras.

- Cantos de vigas

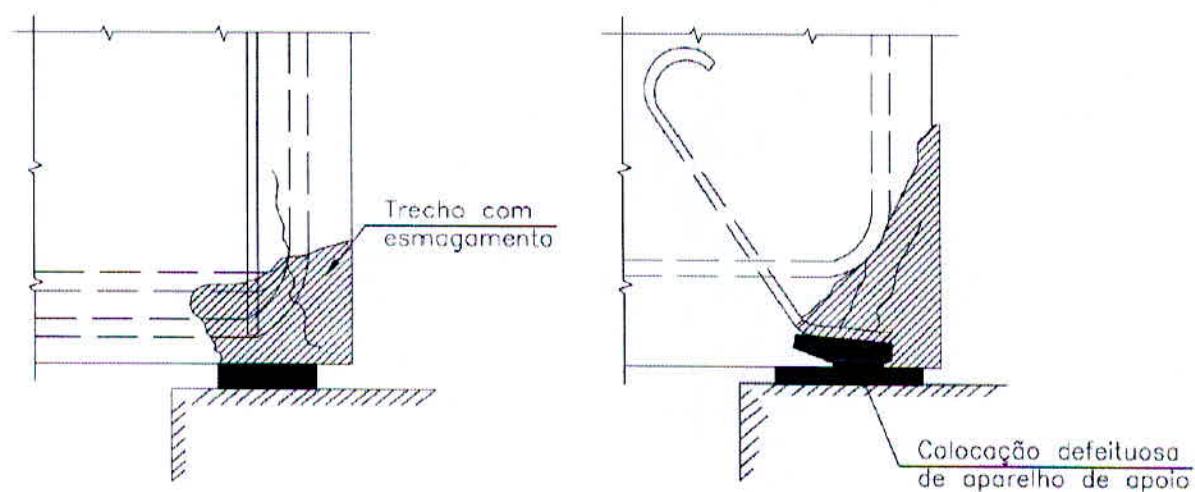


Figura 29 – Esmagamentos resultantes de vazios de concretagem, colocação errada dos aparelhos de apoio ou mão de obra despreparada.

- Juntas de dilatação

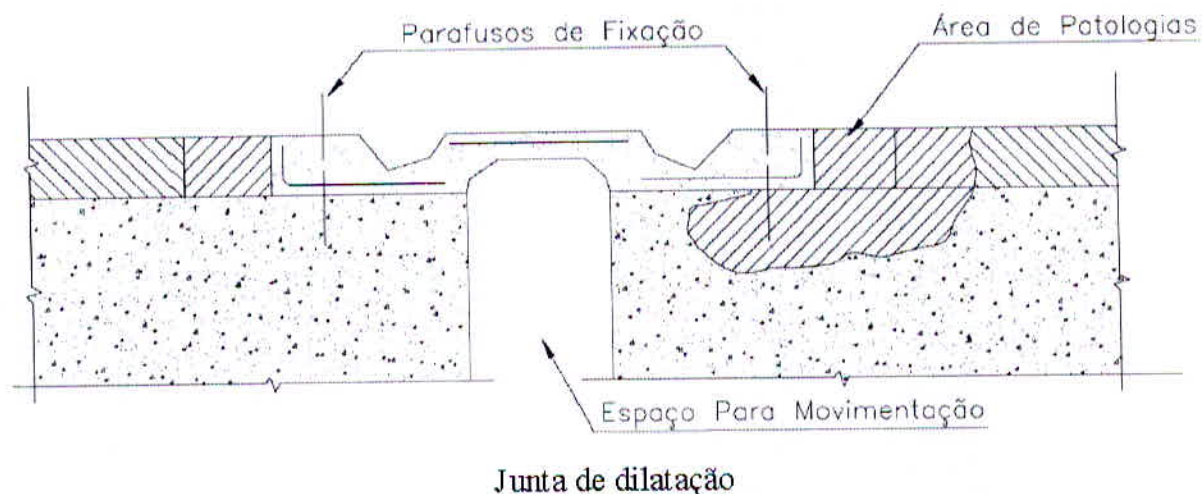


Figura 30 – Patologias nas juntas de dilatação.

4.15 Impactos de veículos e choques de embarcações

Os impactos de veículos na superestrutura podem ser laterais, nos guarda-rodas ou barreiras, quando a pista é estreita, ou verticais, nas vigas e lajes, quando o gabarito vertical é insuficiente.

Os choques de embarcações decorrem de gabarito insuficiente e de falta de dolphins de proteção dos apoios.

4.16 Causas químicas de patologias do concreto

De acordo com o manual IPR 744 (DNIT, 2010), praticamente todas as causas químicas de patologias do concreto tem origem em falhas humanas, ocorridas desde a fase inicial de projeto, prolongando-se durante a execução da obra e estendendo-se ao longo da vida útil da estrutura.

A escolha inadequada do cimento, a dosagem imprópria e a falta de indicação de aditivos, na fase de construção, formas pouco rígidas, vibração e adensamentos incompletos e insuficiente tempo de cura e, na fase de utilização, a falta de manutenção preventiva e corretiva, todos estes fatores, isolados ou combinados, contribuem para tornar o concreto poroso, permeável e fragilizado.

- Principais causas químicas de patologias do concreto

- Ataques de sulfatos: As trincas resultantes de reações químicas expansivas entre sulfatos, existentes no solo, na água do mar ou em elementos contaminados no próprio

concreto, e que penetram em concretos úmidos e permeáveis. Em geral estas reações ocorrem em temperaturas abaixo de 30° C e podem ser evitados com a utilização de cimentos adequados.

O objetivo principal é obter um concreto denso, com redução de porosidade e impermeabilidade, conseqüentemente da movimentação de umidade inibindo a reação química com sulfatos.

- Ataques de cloretos: O concreto de boa qualidade, com cobrimento adequado, forma uma camada protetora impedindo a corrosão. Entretanto, se o cobrimento é insuficiente, a camada passiva protetora pode ser rompida na presença de grande quantidade de íons-cloreto.

Os cloretos podem ter sua origem no cloreto de sódio, existentes em regiões marinhas, no próprio cimento, nos aditivos, nos agregados, na água da mistura e ou na cura do concreto.

Quando a proteção é rompida, a armadura pode sofrer corrosão do aço, produzindo óxido de ferro e hidróxido de ferro, aumentando o volume da área afetada e conseqüentemente aumento das tensões radiais em torno da armadura, produzindo trincas e até delaminação do concreto.

- Carbonatação do concreto: O dióxido de carbono reage com o hidróxido de cálcio existente na argamassa do concreto provocando, eventualmente, um decréscimo na alcalinidade, o valor do pH cai, de 13 para um valor em torno de 9, que normalmente é insuficiente para proteger a armadura contra corrosão. A profundidade da carbonatação aumenta com o tempo e as armaduras deixam de estar passivas. É um dano difícil de ser visualizado em inspeções, sendo necessário o uso de ensaios para detectá-lo.
- Reação álcali-agregado: Forma menos frequente, pode ocorrer em ambientes úmidos em consequência de reações de certos tipos de sílica e carbonatos existentes em alguns agregados. Esta reação produz um gel que ao ocupar volume causa expansão e trincas. Os sinais que indicam a existência desta reação são: Presença de gel exsudando das trincas, fragmentos cônicos quebrados do concreto pela pressão interna da reação, umidade persistente, descoloração do concreto, movimentação de trechos fraturados do concreto.

4.17 Agressividades do meio ambiente

Além dos sulfatos e cloretos, a agressividade do meio ambiente pode manifestar-se pela poluição atmosférica, através do dióxido de carbono e das chuvas ácidas, que encurtam a vida útil das estruturas quando penetram em trincas e fissuras pré-existentes.

A variação brusca de temperatura, principalmente uma chuva fria logo após uma contínua exposição ao sol, pode provocar trincas e fissuras, analogamente, a superfícies úmidas e secas.

4.18 Corrosão do concreto

É um fenômeno essencialmente químico, que ocorre pela reação da pasta de cimento com alguns elementos químicos, provocando a dissolução do ligante ou formação de compostos expansivos, que são fatores de deterioração do concreto.

4.19 Prevenção e tratamento das patologias do concreto

O material concreto

Segundo o manual de recuperação de pontes e viadutos, não é possível dar um tratamento científico ao concreto, visto que, apesar de sua aparente simplicidade, tem uma estrutura não homogênea e altamente complexa.

A durabilidade do concreto, propriedade que caracteriza o seu tempo de vida útil em determinadas condições ambientais, depende da impermeabilidade do material e da estanqueidade da estrutura.

A resistência do concreto, definida como sua capacidade de resistir à tensão sem ruptura e sem o aparecimento de fissuras importantes, é a propriedade considerada mais importante pelos engenheiros estruturais. Os fatores mais importantes na resistência do concreto são a relação água/cimento e a porosidade. Outros fatores são: adensamento, cura, dimensões e mineralogia dos agregados, aditivos e tipo de tensão e velocidade do carregamento a que a estrutura é submetida.

Patologias do concreto

O tratamento das patologias do concreto depende da sua correta avaliação, baseada principalmente em inspeção cuidadosa, e em certos casos, em ensaios de laboratórios e cálculos estruturais de verificação. De acordo com o manual IPR 744 (DNIT, 2010).

Nenhum serviço de reparo deve ser iniciado antes da precisa investigação da origem das patologias, pois, podem ocorrer diferenças no tratamento de patologias idênticas que ocorrem na superestrutura e infraestrutura.

Os elementos necessários para elaboração de um plano de recuperação são:

- ✓ Dados precisos e detalhados de inspeções;
- ✓ Localização dos danos, defeitos e dificuldades;
- ✓ Análise das causas dos danos, defeitos e dificuldades;
- ✓ Avaliação estrutural;
- ✓ Projeto de recuperação;
- ✓ Avaliação de custos.

4.20 Tipos de patologias

Concreto armado

- Trincas e fissuras

São de diversos tipos e podem ter diferentes causas; a importância destas patologias depende do tipo de estrutura, de sua localização e se suas aberturas e comprimentos são influenciados pelo tempo e pelos carregamentos.

As causas principais são: assentamento e retração plástica, retração por secagem, assentamentos dos apoios, deficiências estruturais, agregados reativos, corrosão de armaduras, restrições a alongamentos e encurtamentos térmicos e ataques de cloretos e sulfatos.

- Patologias superficiais

- **Desgaste superficial:** É a perda progressiva de massa de uma superfície de concreto, pode ocorrer em virtude de abrasão, erosão ou cavitação. Ocorrem porque a pasta de cimento endurecida não possui alta resistência ao atrito; o ACI recomenda a resistência à compressão do concreto superficial na deva ser inferior a 28 MPa.
- **Delaminação:** Separação laminar do concreto superficial ao longo de um plano paralelo à superfície; pode ser causada por corrosão de armaduras.
- **Pipocamento ou “pop-out”:** Ruptura ou separação de pequenas porções de concreto superficial, em virtude de pressões internas localizadas que provocam depressões rasas e cônicas; os buracos variam de 10 mm a 50 mm.
- **Deterioração por fogo:** Quando exposto a altas temperaturas o concreto é capaz de manter resistência suficiente por períodos relativamente longos, evitando temporariamente o colapso estrutural.
- **Disgregação:** Caracterizado por rupturas do concreto, especialmente em zonas salientes das peças, tem origem em esforços internos que dão origem a fortes trações que o concreto pode não suportar.
- **Manchas:** descolorações causadas por substância penetrante.
- **Ninhos:** vazios no concreto, causados por concretagem defeituosa, quando a argamassa não preenche os espaços entre o agregado graúdo.
- **Desagregação:** fenômeno que se inicia na superfície dos elementos de concreto e indica a existência de ataque químico, o cimento perde seu aglomerante, ficando, conseqüentemente, os agregados livres da união que a pasta o proporciona.
- **Corrosão:** degradação do concreto ou do aço, causada por ataque eletroquímico ou químico.
- **Carbonatação:** conversão dos íons de cálcio do concreto endurecido em carbonato de cálcio.
- **Reação álcali-agregado:** reação química que podem causar expansões anormais e fissuras.
- **Eflorescência:** depósito de sais brancos sobre a superfície do concreto, quando uma solução contendo sais vaza através da alvenaria ou concreto e depois evapora.

4.21 Materiais de recuperação

Argamassa e concreto de cimento portland

São os materiais mais usados para recuperação; aditivos diversos, tais como aceleradores e retardadores de pega, plastificantes e superplastificantes podem ser usados para aumentar o tempo de início de endurecimento, a trabalhabilidade e a retração.

Argamassa de resina epoxídica

Muito utilizada para recuperar pequenas áreas; com aditivos adequados pode ter prolongado o tempo de assentamento e também a resistência.

Concreto modificado por látex

Trata-se de concreto de cimento portland modificado por emulsão de látex; muito utilizado em sistemas de proteção de estradas e pontes.

Concreto com cimento de alta resistência inicial

Tem sido muito usado quando é tolerável uma alta retração e um lento ganho de resistência final em baixas temperaturas.

Concreto aditivado com sílica ativa

Aumenta a compacidade, durabilidade e resistência.

Materiais betuminosos

Pinturas asfálticas

Usadas para impermeabilizações e proteção do concreto contra a agressividade do meio ambiente; necessita de exames constantes e consertos periódicos.

Asfalto selante quente

Usado como vedante de fissuras.

Asfalto quente jateado

Tipo de asfalto altamente impermeável, usado para restaurar superfícies com aplicações finas, da ordem de 1 a 2 cm.

4.22 Técnicas de recuperação e tratamentos

Remoção de concreto

Qualquer remoção de concreto somente deve ser iniciada após ser verificada que a estabilidade do elemento estrutural ou da obra não será prejudicada; terminada a remoção, a superfície do concreto remanescente deve ser sadia e áspera bastante, para garantir a aderência com o novo concreto. A remoção é chamada de superficial, quando a camada a ser removida é inferior ao cobrimento da armadura, e profunda, quando ultrapassa o cobrimento da armadura e a própria armadura.

A remoção pode ser conseguida por meios mecânicos, térmicos ou químicos, dependendo da localização, extensão e espessura da camada de concreto a ser removida; os meios mais utilizados são: remoção por ponteiros, rompedores, jatos de areia e jato de água de alta pressão.

De todos os métodos, o mais recomendável é o jato de água de alta pressão, que remove o material mais rapidamente e mais seletivamente, sem provocar microfissuras.

Substituição de concreto

Deve-se processar da mesma forma que na construção da estrutura, entretanto, algumas particularidades da junção de dois concretos diferentes devem ser considerados.

A escolha do material de recuperação depende do volume de concreto a ser substituído, da profundidade do reparo, dos efeitos das cargas sobre o reparo e das condições de acesso e trabalhabilidade do local do reparo.

O concreto de reparo deve ter suas propriedades finais iguais às do concreto existente: resistência, módulo de elasticidade, fluência etc.

Remoção de corrosão

A remoção de corrosão de armaduras de concreto armado, cabos de protensão, ancoragens, aparelhos de apoio metálicos e outros elementos pode ser feita, com escovas de aço, lixas manuais ou mecânicas e jatos de areia e deve incluir toda área contaminada.

Após a remoção, deve ser verificado se houve perda de seção nas armaduras; qualquer perda maior que 10% deve ser coberta por armadura adicional, devidamente ancorada.

Remoção de manchas

Pode ser efetuada com escovas de aço, lixas e jatos de ar ou água, dependendo da porosidade do concreto, pode ser utilizada solução levemente acidulada.

Tratamento de vazios, cavidades, ninhos e disgregações

Após a remoção do concreto deteriorado e limpeza, pode ser aplicado grout de cimento portland, argamassa de cimento, argamassa epóxica, polimérica, concreto projetado.

1. DADOS BÁSICOS Código: Ponte Ponte s/ Rio Verde Vg Conc Arm / Moldado Local Extensão (m): 122,35 Largura (m): 8,30 Trem-Tipo: Não Localizado Projetista: Não Localizado Construtor: Não Localizado Ano Construção: Não Localizado Data de Cadastramento: 05/05/2014		BR-491 / MG Km: 233 Varginha Comentários Unit: 6 Resid: 16	
2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS Largura total da pista (m): 6,90 Nº de Faixas / Largura da Faixa (m): 2 / 3,45 Largura Acostamento Esq / Dir (m): 0,00 / 0,00 Largura Calçada Esq / Dir. (m): 0,00 / 0,00 Número de Vãos: 9 Descrição dos Vãos: 1 vão de 3,95(m), 7 vãos 16,35(m) e 1 vão de 3,95(m)		7. ELEMENTOS PADRÕES COMPONENTES DA OAE 1 Laje de concreto armado 104 Viga T ou I de concreto armado 109 Transversina portante de concreto armado 112 Transversina de ligação de concreto armado 115 Cortina de concreto armado 202 Pilar em colunas de concreto armado 255 Encontro - Cortina de concreto armado 801 Pavimento asfáltico 804 Guarda rodas antigo DNER 806 Guarda corpo de concreto armado 811 Aterro de Acesso 814 Junta de dilatação 707 Reforço Pilar - Encamisamento de pilar	
3. PROGRAMAÇÃO DE INSPEÇÕES Periodicidade da inspeção rotineira (anos): 2 Equipamento Complementar: Barco Melhor época do ano para vistoria: Qualquer		5. ROTAS ALTERNATIVAS Não Informado	
4. DEFICIÊNCIAS FUNCIONAIS 1 Ponte estreita 2 Ponte sem acostamento 3 Calçada para pedestres inexistente 4 Pingadeira inexistente 6 Guarda-rodas obsoleto 26 Aparelho de apoio não identificado		6. ASPECTOS ESPECIAIS Frequência elevada de carga pesada	
Coordenadas (GPS): (S) 21° 36' 25,4" / (W) 45° 30' 32,38"			

5.3 Ficha de Inspeção Rotineira

Ficha disponibilizada pelo DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – IPR, Instituto de Pesquisas Rodoviárias – SGO, Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais, onde foram inseridos dados da inspeção na obra de arte em estudo:

1. Identificação
2. Condições
3. Danos nos Elementos
4. Insuficiências Estruturais nos Elementos

1. IDENTIFICAÇÃO	
Código: 0	Ponte s/ Rio Verde
Data da Inspeção: 05/05/2014	Inspeção: Wederson Andreazza Mendonça
Km: 233	Unit: 6
Resid: 16	

2. CONDIÇÕES
Condições de Estabilidade: Boa Aparentemente
Condições de Conservação: Sofrível
Observações: Falta de manutenção.

3. DANOS NOS ELEMENTOS						
Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext Relativa	Localização
Junta de dilatação	3	Junta danificada ou inexistente ou expelida				Estrutura Superior - Superestrutura
Cortina de concreto armado	2	Região com concreto esmagado ou rompido				Estrutura Inferior - Superestrutura
Viga T ou I de concreto armado	4	Desplacamento de concreto com armadura exposta				Estrutura Inferior - Superestrutura
Laje de concreto armado	4	Desplacamento de concreto com armadura exposta				Estrutura Inferior - Superestrutura
Laje de concreto armado	4	Concreto desagregado com armadura exposta oxidada				Estrutura Inferior - Superestrutura
Laje de concreto armado	3	Infiltração no concreto				Estrutura Inferior - Superestrutura
Laje de concreto armado	3	Lixiviação e mancha de carbonatação				Estrutura Inferior - Superestrutura

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS		
Elemento	Nota	Insuperável
Cortina de concreto armado	2	Ruptura do elemento
		Causa Provável
		Causa não informada
		Comentários
		Os danos podem comprometer a vida útil da obra de arte

5.4 Ficha de Fotografias

Ficha disponibilizada pelo DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – IPR, Instituto de Pesquisas Rodoviárias – SGO, Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais, onde foram inseridas cadastro fotográfico da obra de arte em estudo.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias
Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO

Código:	0	Km: 233	Ponte s/ Rio Verde	Varginha	Unit:	6	Resid:
FOTO							
1			Vista Inferior - Estrutura				
2			Vista Inferior - Estrutura				
3			Vista Geral Inferior				
4			Vista Geral Superior - (Sentido ao município de Elói Mendes)				
5			Vista Inferior - Estrutura				
6			Vista Inferior - Estrutura				
7			Vista Geral Superior - (Sentido ao município de Varginha)				
8			Vista Superior - Guarda corpo de concreto armado - (Guarda corpo destruído)				
9			Vista Inferior - Estrutura				
10			Vista Superior - (Placa de identificação da Obra de arte)				
11			Vista Geral Inferior				
12			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Lixiviação e mancha de carbonatação (manchas escuras) / Infiltração no concreto				
13			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Desplacamento de concreto com armadura exposta				
14			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Lixiviação e mancha de carbonatação (manchas escuras) / Infiltração no concreto				
15			Vista Inferior - (Aparelho de apoio não identificado)				
16			Vista Inferior - (Aparelho de apoio não identificado)				
17			Vista Inferior - Cortina de concreto armado - Região com concreto esmagado ou rompido				
18			Vista Inferior - Estrutura				
19			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Lixiviação e mancha de carbonatação (manchas escuras) / Infiltração no concreto				
20			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Lixiviação e mancha de carbonatação / Infiltração no concreto (Dreno danificado)				
21			Vista Inferior - Cortina de concreto armado - Região com concreto esmagado ou rompido				
22			Vista Superior - Junta danificada ou inexistente ou expelida				
23			Vista Inferior - Viga T ou I de concreto armado - Desplacamento de concreto com armadura exposta - (Nichos de concretagem)				
24			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Concreto desagregado com armadura exposta oxidada / Infiltração no concreto				
25			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Concreto desagr. com armad. exposta oxidada / Lixiviação e mancha de carbonatação				
26			Vista Inferior - Cortina de concreto armado - Região com concreto esmagado ou rompido				
27			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Concreto desagr. com armad. exposta oxidada / Lixiviação e mancha de carbonatação				
28			Vista Inferior - Laje de concreto armado - Concreto desagregado com armadura exposta oxidada / Infiltração no concreto				

5.5 Laudo Técnico

Modelo de Laudo Técnico disponibilizado pelo DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – IPR, Instituto de Pesquisas Rodoviárias – SGO, Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais, onde foram inseridos dados técnicos da inspeção na obra de arte em estudo:

1. Descrição Sucinta da Obra
2. Problemas Principais Observados
3. Diagnóstico
4. Recomendação

BR-491 / MG

Nome da Obra: Ponte s/ Rio Verde

Código da obra no SGO:

Localização: BR-491/MG - Km 233 - Varginha

5º Distrito Rodoviário - Residência 6/16

1. Descrição sucinta da obra

A referida obra trata-se de uma ponte, situada na BR-491/MG no Km 233. Tendo suas dimensões de 122,35(m) de comprimento por 8,30(m) de largura.

A superestrutura é constituída de viga de concreto armado, laje de concreto armado, transversina de concreto armado e cortina de concreto armado. A seção transversal é estruturada pela viga principal ligada pela laje. A mesoestrutura é composta de pilares em colunas de concreto armado e encontros - cortina de concreto armado. Descrição dos vãos: 1 vão de 3,95(m), 7 vãos 16,35(m) e 1 vão de 3,95(m).

2. Problemas principais observados

Foi observado que o 1º e 2º encontro cortina de concreto armado encontra-se rompido. (Cortina de concreto armado)

3. Diagnostico

Os problemas observados podem comprometer a capacidade de resistência da ponte, pois os materiais nos pontos citados se encontram deteriorados, necessitando de recuperação à curto prazo.

4. Recomendação

Recomenda-se uma avaliação detalhada por um especialista dos elementos citados como problemáticos, para que seja determinado as medidas corretivas à serem feitas, e assim a curto prazo, providenciar a contratação de serviços para a recuperação dessas estruturas.

ASS:

Wederson Andrezza Mendonça

5.6 Croquis

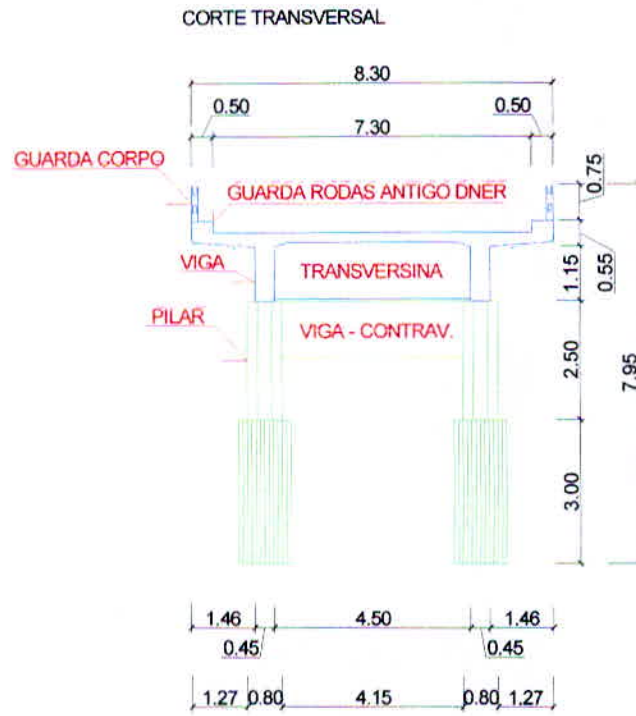


Figura 32 – Corte Transversal, Sem Escala

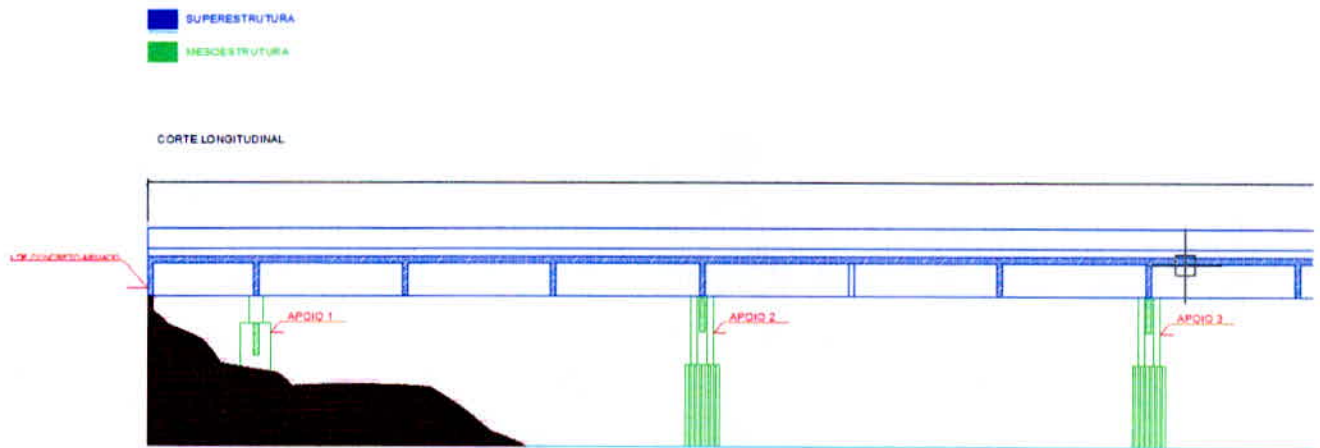


Figura 33 – Corte Longitudinal, Sem Escala

5.7 Cadastro da Obra de Arte



Figura 35 – Foto 01 Vista Inferior – Estrutura



Figura 36 – Foto 02 Vista Inferior – Estrutura



Figura 37 – Foto 03 Vista Geral Inferior

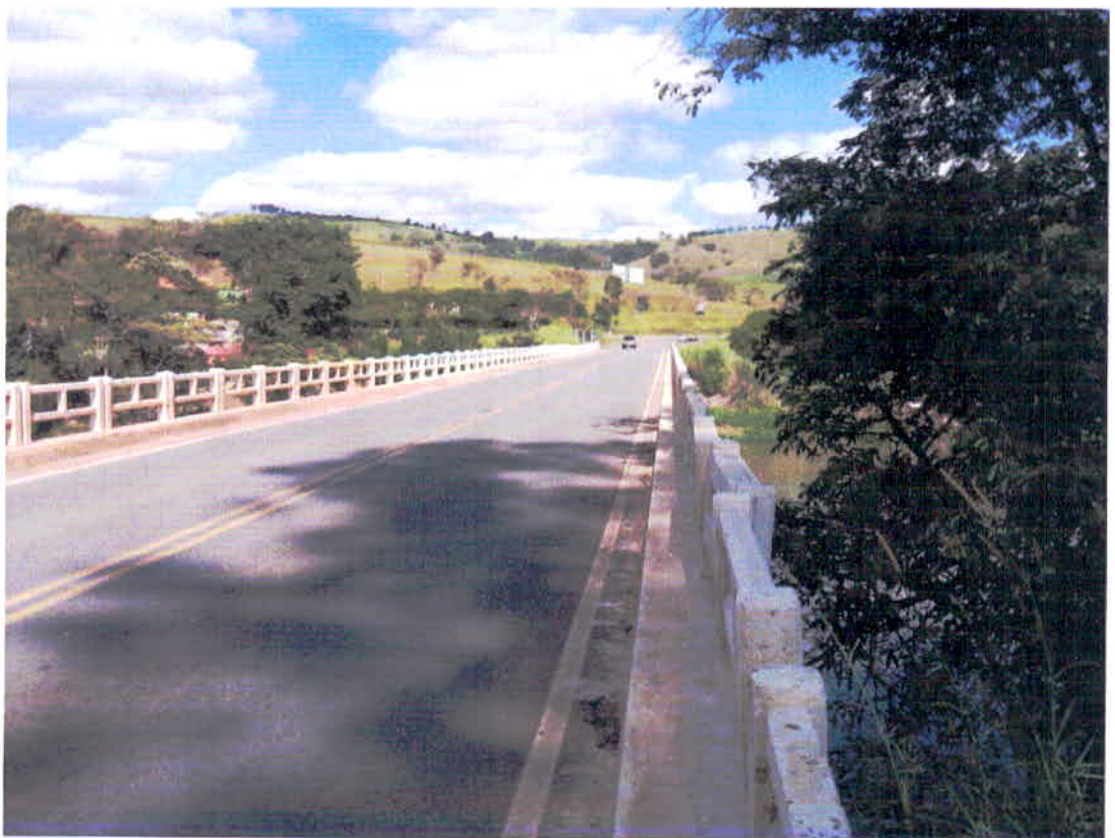


Figura 38 – Foto 04 Vista Geral Superior – Sentido Município de Elói Mendes



Figura 39 – Foto 05 Vista Inferior – Estrutura



Figura 40 – Foto 06 Vista Inferior – Estrutura



Figura 41– Foto 07 Vista Geral Superior – Sentido Município de Varginha



Figura 42 – Foto 08 Vista Superior – Guarda Corpo de Concreto Armado



Figura 43 – Foto 09 Vista Inferior – Estrutura



Figura 44 – Foto 10 Vista Superior – Placa de Identificação da Obra de Arte



Figura 45 – Foto 11 Vista Geral Inferior



Figura 46 – Foto 18 Vista Inferior Estrutura

5.8 Inspeção da Obra de Arte/Propostas de Manutenção

5.81 Deficiências Funcionais

As deficiências funcionais observadas deverão ser objeto de estudos minuciosos para avaliar a compatibilidade delas com a estrutura existente, as intervenções relativas a reforço e reabilitação devem ser objeto de Projeto Executivo de Engenharia Específico. (IS – 223, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários-DNER/1999).

Pingadeira Inexistente

Dentre os defeitos funcionais relatados na ficha de dados cadastrais, observa-se a inexistência de pingadeiras no balanço das lajes; estes são elementos de drenagem essenciais a manutenção das obras de artes especiais e ao aumento de sua durabilidade; elas devem ser projetadas de forma a impedir o livre escoamento das águas pluviais para aparte inferior do tabuleiro.

Serviço Indicado

Sugere-se a alternativa da figura abaixo, constituída de placas pré-moldadas em argamassa armada, coladas na laje em balanço com adesivo estrutural, a parte inferior da placa deve ficar 5,0 cm saliente da estrutura. A colocação deve ser cuidadosa, com a perfeita vedação entre a estrutura e as placas.

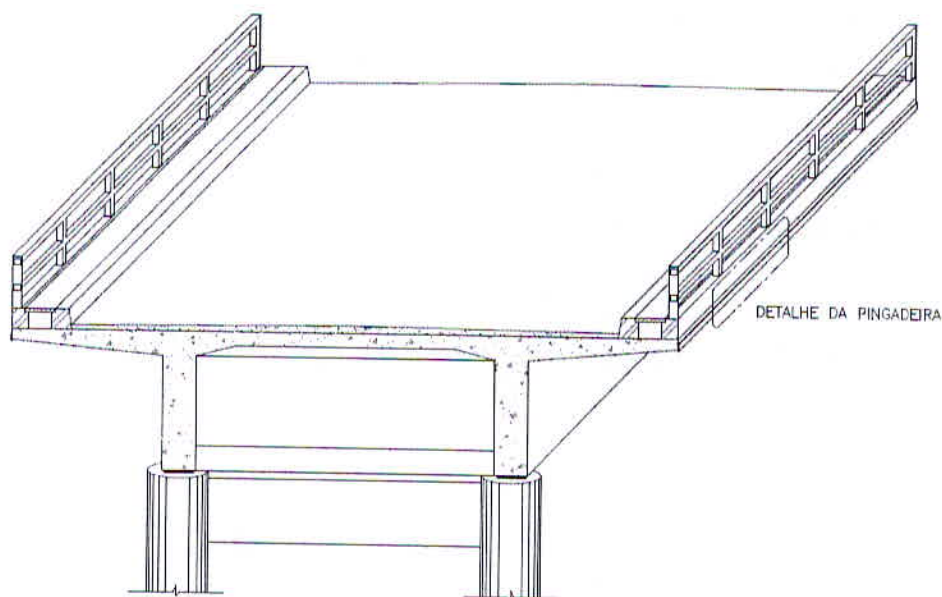
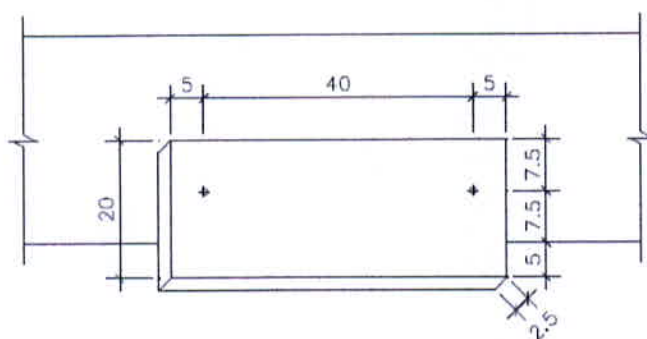


Figura 47 – Exemplo Pingadeira- Coordenação de Estruturas/DPP/DNIT

DETALHE DA PINGADEIRA

S/ ESCALA (cm)



Parafuso $\varnothing 6.3\text{mm}$ (1/4")

Furo $\varnothing 8\text{mm}$

Figura 48 – Detalhe Pingadeira - Coordenação de Estruturas/DPP/DNIT

Aparelho de Apoio de Concreto

Os aparelhos de apoio são dispositivos que tem por finalidade transferir cargas, acomodar deformações, diminuir vibrações. O grande fator de relevância dos aparelhos de apoio de concreto é que são construídos junto com a própria estrutura, utilizando os mesmos materiais, entretanto vale salientar que este tipo de estrutura está em desuso por causa de sua fragilidade.



Figura 49 – Foto 15 Vista Inferior – Aparelho de Apoio



Figura 50 – Foto 16 Vista Inferior – Aparelho de Apoio

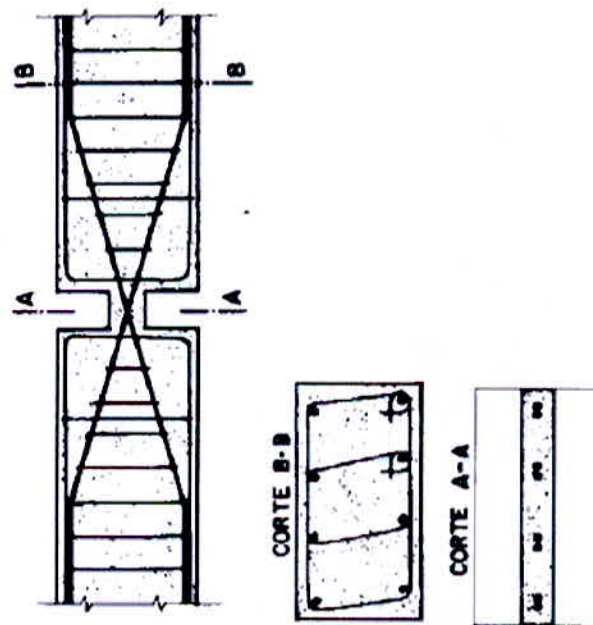


Figura 51 – Articulação de Mesnager – Fonte (El Debs e Takeya – 2009)

Serviço

Segundo a Norma DNIT 091/2006-ES, a recuperação de uma Articulação Mesnager passa por uma limpeza e retirada de detritos que possam impedir as rotações e, se necessário, tratamento de eventuais quebras trincas e fissuras.

5.82 Danos nos Elementos

A seguir serão apresentadas as principais patologias identificadas através das fichas fotográficas, o seu objetivo é sanar os defeitos toleráveis e outros que possam afetar, em parte, o desempenho da obra, considerados de acordo com a Norma DNIT 010/2004-PRO e adotar outras providências simples para aumentar a vida útil da estrutura.

Junta de Dilatação



Figura 52 – Foto 22 Vista Superior – Junta danificada ou Inexistente

A junta de dilatação é uma separação física entre duas partes de uma estrutura, para que estas partes possam se movimentar sem transmissão de esforços entre elas. A presença de material rígido ou de preenchimento que tenha perdido a sua elasticidade produz tensões indesejáveis na estrutura, podendo ocasionar fissuras nas lajes adjacentes as juntas, com a possibilidade de se propagar às vigas e pilares próximos.

Os sistemas de vedação enchimento da junta devem acomodar a amplitude do movimento da mesma. O material de vedação deve garantir a estanqueidade do tabuleiro, impedindo que a água atinja a parte inferior da estrutura.

Serviço/Intervenção

- Limpeza e desobstrução
- Limpeza com jateamento de água com alta pressão, deixando a junta e o aparelho de apoio livres de qualquer tipo de detritos.
- Na inexistência ou mau estado de conservação, deve ser procedida a sua colocação ou substituição.
- Se necessário deve ser feita a recuperação dos berços com argamassa polimérica de alta resistência, deve ser observado o tempo necessário de cura com tráfego interrompido.

Cortina de Concreto Armado



Figura 53 – Foto 17 Vista Inferior – Cortina de Concreto Armado – Região com Concreto Rompido



Figura 54 – Foto 21 Vista Inferior – Cortina de Concreto Armado – Região com Concreto Rompido



Figura 55 – Foto 26 Vista Inferior – Cortina de Concreto Armado – Região com Concreto Rompido

Foi observado que o 1º e 2º encontro cortina de concreto armado encontra-se rompido.

Serviço/Intervenção

Os esforços atuantes nos encontros leves serão decorrentes dos carregamentos indicados na NBR-7187/2003: carga permanente, carga móvel, empuxo de solo, empuxo devido a carga permanente, empuxo devido a carga móvel, vento transversal, impacto lateral ou força centrífuga, frenagem ou aceleração, retração, variação de temperatura e fluência.

Para contenção lateral do terreno, considerar coeficientes de recalque elástico horizontal do solo, estimado com base na sondagem.

Como todas as cortinas encontram-se com concreto rompido, recomenda-se uma avaliação detalhada por um especialista dos elementos citados como problemáticos, para que seja determinado as medidas corretivas à serem feitas, e assim a curto prazo, providenciar a contratação de serviços para a recuperação dessas estruturas.

Nicho de Concretagem em Viga de Concreto Armado



Figura 56 – Foto 23 Vista Inferior – Viga de Concreto Armado – Deslocamento de Concreto com Armadura Exposta (Nicho de Concretagem)

Deficiência na concretagem da peça, com exposição de agregados, devido a um ou mais dos fatores: dosagem inadequada, diâmetro máximo do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e /ou adensamento inadequados e taxas excessivas e espaçamento inadequado de armaduras.

Serviço/Intervenção

Limpeza das superfícies através de jateamento de água com alta pressão, eliminando todo material solto. Recomposição do revestimento com argamassa estrutural em pequenas áreas e concreto projetado em grandes áreas.

Patologias nas Lajes de Concreto Armado

As fotos indicam que foram causadas ou agravadas pela falta de pingadeiras, pois permitem o livre escoamento de águas pluviais para parte inferior do tabuleiro.

Serviço/Intervenção

- Instalação de pingadeiras,
- Limpeza de toda estrutura de concreto com jateamento de água com alta pressão,
- Limpeza de armadura exposta e aplicação de pintura inibidora de corrosão,
- Reconstituição das armaduras se houver redução de mais de 10% no diâmetro,
- Recomposição do revestimento das armaduras.

Lixiviação, Manchas de Carbonatação



Figura 57 – Foto 12 Vista Inferior Laje de Concreto Armado - Lixiviação e Mancha de Carbonatação / Infiltração no Concreto



Figura 58 – Foto 14 Vista Inferior Laje de Concreto Armado – Lixiviação e Mancha de Carbonatação / Infiltração no Concreto



Figura 59 – Foto 19 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado- Lixiviação e Mancha de Carbonatação / Infiltração no Concreto



Figura 60 – Foto 20 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado- Lixiviação e Mancha de Carbonatação / Infiltração no Concreto / Dreno Danificado

Ocorrência de manchas escuras no concreto, devido à contaminação por fungos, mofo, principalmente nas superfícies expostas. Causam a redução de pH, desagregação superficial e corrosão das armaduras.

A lixiviação expõe constituintes cimentícios à decomposição química e a perda significativa da resistência da pasta de cimento. Este fenômeno causa o aumento da porosidade do concreto e em pouco espaço de tempo pode levar o elemento estrutural à ruína.

Serviço/Intervenção

Limpeza das superfícies de toda a estrutura de concreto com jateamento de água com alta pressão, pode ser necessária a utilização de escova de aço para remoção completa das eflorescências e manchas. Pode ser necessária a recomposição do revestimento das armaduras.

Desplacamento de Concreto com Armadura Exposta

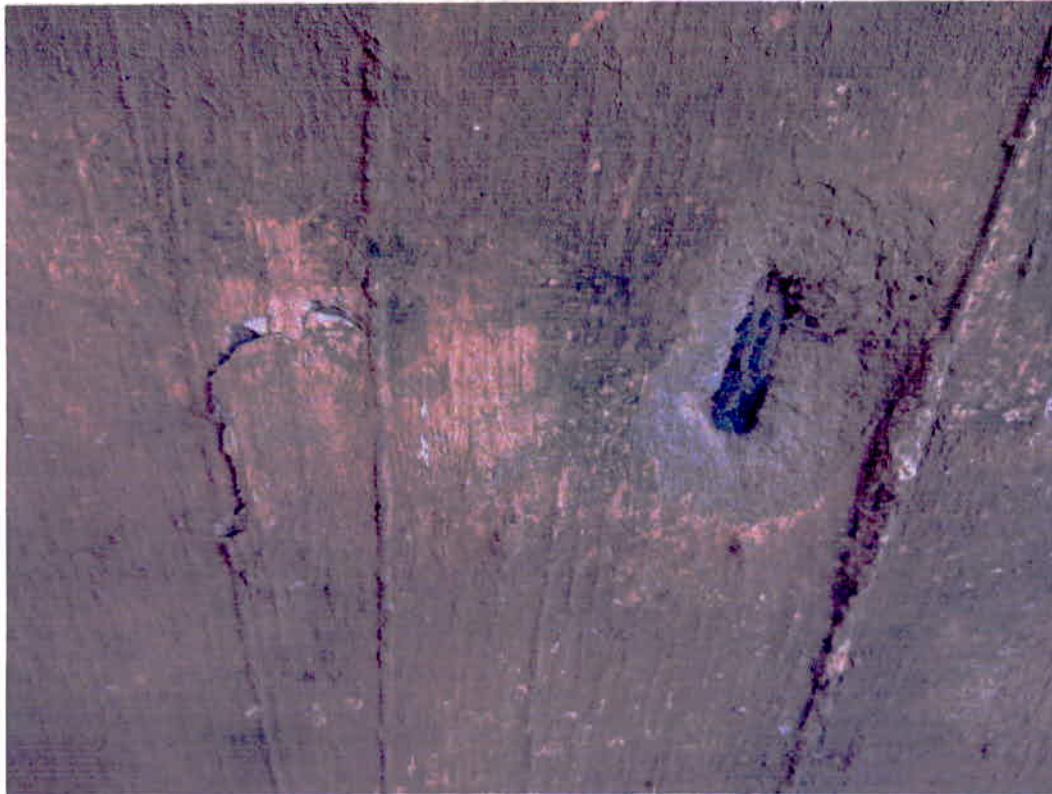


Figura 61 – Foto 13 Vista Inferior Laje de Concreto Armado – Desplacamento de Concreto com Armadura Exposta

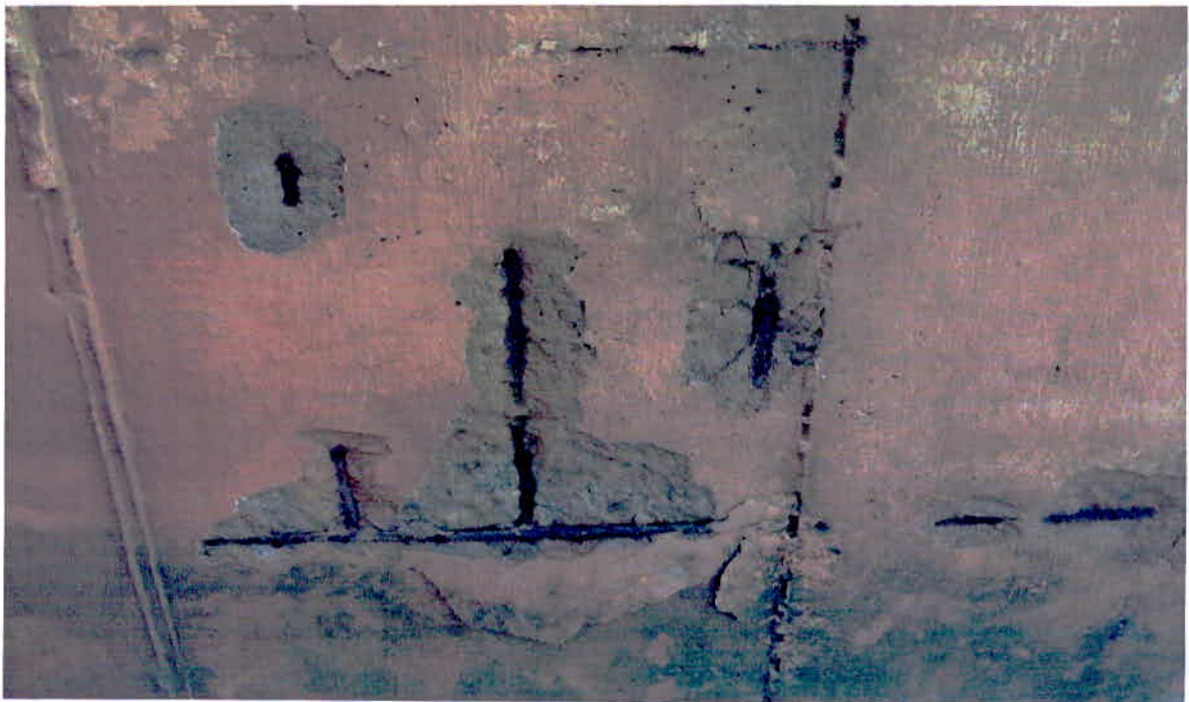


Figura 62 – Foto 27 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado - Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Lixiviação e Mancha de Carbonatação

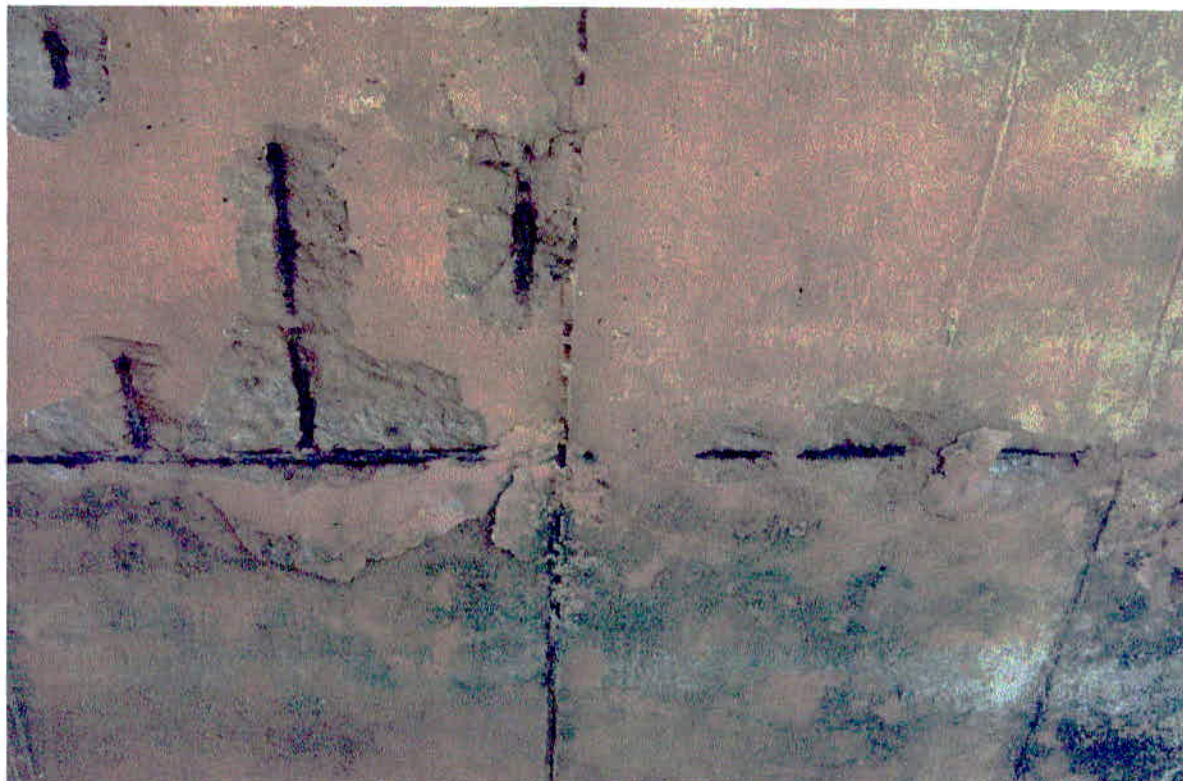


Figura 63 – Foto 28 Vista Inferior – Laje de Concreto Armado - Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Infiltração no Concreto



Figura 64 – Foto 24 Vista Inferior – Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Infiltração no Concreto



Figura 65 – Foto 25 Vista Inferior – Concreto Desagregado com Armadura Exposta Oxidada / Lixiviação e Mancha de Carbonatação

A corrosão é um processo físico-químico gerador de óxidos e hidróxidos de ferro, produtos que ocupam um volume superior ao volume corroído das armaduras, sujeitando o concreto a elevadas tensões de tração. Essas tensões ocasionam a fissuração e o posterior lascamento do cobrimento do concreto. No início, a corrosão se manifesta com o aparecimento de manchas na superfície do elemento estrutural, podendo chegar até a perda total da seção da armadura.

Serviço/Intervenção

Remover todo concreto deteriorado e limpar os produtos de corrosão das armaduras, com jateamento água/areia de alta pressão.

Aplicar pintura inibidora de corrosão nas armaduras, depois da limpeza.

Reconstituir a armadura original se houver redução maior que 10% no diâmetro das barras.

Recompôr o cobrimento com utilização de argamassa estrutural em pequenas áreas e concreto projetado em grandes áreas.

6. CONCLUSÃO

Baseado na literatura revisada neste trabalho, conclui-se que vários são os mecanismos ou processos, de diferentes causas, que podem degradar o concreto armado em pontes e viadutos. Alguns cuidados tomados nas etapas de concepção dos projetos e execução de obra podem aumentar consideravelmente a durabilidade da peça estrutural, tais como a adoção de baixo fator água/cimento, adensamento adequado, dentre outros muitos exemplos.

É de suma importância o conhecimento das características de cada insumo do concreto antes de confeccionar o próprio concreto a fim de prever reações indesejadas dos compostos cimentícios.

Uma estrutura de concreto deteriorada pode ser tratada, conforme mostrado em estudo de caso, todavia, a lógica que norteia a saúde humana também é válida para saúde da edificação: prevenir é sempre melhor que remediar. Várias medidas simples podem ser tomadas para prevenir ou minimizar os efeitos das deteriorações.

O conhecimento acerca das causas, mecanismos e sintomas da degradação do concreto, bem como das medidas preventivas e técnicas de recuperação e reforço das estruturas, é de vital importância para boa formação acadêmica e atuação profissional de um engenheiro civil, independente da sub-área em que ele venha atuar.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

Projeto de Estruturas de Concreto-Procedimento **NBR 6118-2003**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto-Procedimento **NBR 9452-86**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

Projeto de Pontes de Concreto Armado e Concreto Protendido-Procedimento **NBR 7187-2003**

MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS

DNIT Publicação IPR-774 – 2010

MANUAL DE INSPEÇÃO DE PONTES RODOVIÁRIAS

DNIT Publicação IPR-709 – 2004

INSPEÇÕES EM PONTES E VIADUTOS DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO

Norma **DNIT** 010/2004 - PRO

PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

DNIT Coordenação de Estruturas

MANUAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

DNIT/2005

MANUAL DE PROJETOS DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS

DNER/1994

TRATAMENTO DE APARELHOS DE APOIO: CONCRETO, NEOPRENE E METÁLICOS-ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO

Norma **DNIT** 091/2006 – ES

JUNTAS DE DILATAÇÃO-ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO

Norma **DNIT** 092/2006 - ES