

Ronald Cristhian de Lima Curcio
R.A. 002200701074 – 10º Semestre

PONTES RODOVIÁRIAS:
Levantamento das principais patologias estruturais

Itatiba
2008

Ronald Cristhian de Lima Curcio

R.A. 002200701074 – 10º Semestre

PONTES RODOVIÁRIAS:

Levantamento das principais patologias estruturais

Monografia apresentada junto à Universidade São Francisco – USF, como parte dos requisitos para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Msc. Nelson Rossi, como exigência parcial para conclusão do curso de graduação.

Itatiba

2008

Dedico este trabalho a minha família, noiva, amigos e professores que sempre me ajudaram e me apoiaram na realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por proporcionar saúde e condições para conclusão deste sonho.

Ao Professor Mestre Nelson Rossi pela orientação, dedicação, opinião e conselhos dispensados a mim neste trabalho, e aos demais professores, pela dedicação em transmitir todo conhecimento necessário à minha formação acadêmica.

A Renovias Concessionária S/A, pelo fornecimento dos relatórios de inspeção onde ajudaram a compor uma ilustre parte deste trabalho.

A todos da minha família em especial a minha mãe: Eunice, meus irmãos: Jony, Kerlly, Anita, Robson e Sidney. Sou eternamente grato pela suas existências, que com certeza sem vocês jamais este sonho seria totalmente completo.

A minha noiva Mariana pela paciência, compreensão, incentivo e apoio sempre dedicado com singeleza e ternura.

Aos meus amigos mais chegados que irmão Cristiano, Luan, Aila, Cláudia, Jhonatas, Dayana e Gisele, pelo apoio e incentivo na busca desse sonho.

Aos grandes amigos e companheiros de curso que iniciamos juntos, cuja memória jamais apagará Fernando (Tripa), Wendel (Vidlau), Clayton (Azeitona), Gabriel, Cadu, Wilson, Rick, Rafael, Thais, Saulo e todos os outros pelos momentos que sofremos e nos alegamos juntos, meus sinceros agradecimentos.

À Universidade São Francisco, por proporcionar um ambiente propício para a aprendizagem.

*A sabedoria protege como protege o dinheiro;
mas o proveito da sabedoria é que ela
da vida ao seu possuidor.
Eclesiastes 7:12*

CURCIO, Ronald Cristhian de Lima. **Pontes Rodoviárias: Levantamento das principais patologias estruturais**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Civil) – Curso de Engenharia Civil da Unidade Acadêmica da Área de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade São Francisco - Itatiba.

RESUMO

Atualmente as pesquisas envolvendo patologias na engenharia civil vêm alcançando patamares consideráveis às vistas dos profissionais, dessa forma as atualizações curriculares das instituições primam por incluir esta disciplina. Inclusão como esta é necessária, pois vem contra os paradigmas de que antigamente as estruturas de concreto pareciam ter durações indefinidas, mais especificamente as pontes. Para que a estrutura atinja sua vida útil para qual foi projetada, há necessidades básicas que ultrapassam os conceitos projeto, execução e utilização, recebendo o advento de inspeções e manutenções. Sendo assim a pesquisa foca uma ampla revisão bibliográfica abrangendo a execução do projeto de pontes e do levantamento das principais patologias nas estruturas de concreto armado e/ou protendido, visando com a mesma estabelecer conceitos que serão aplicados quando da escolha do método corretivo. Além do embasamento teórico, buscou-se constatar “*in loco*” a manifestação das principais patologias em 16 pontes rodoviárias, identificando as partes das estruturas mais afetadas. Observamos que nenhuma estrutura está livre de patologias, até mesmo aquela com as melhores execuções tecnológicas possíveis. Isto ocorre devido ao meio em que as obras estão inseridas. As obras analisadas neste trabalho fazem parte de uma minoria das obras de todo o país que possuem um programa de inspeção e manutenção, e a maioria delas já foi restaurada e/ou reforçada, mas é possível observar o estado em que elas se encontravam: concreto segregado, armaduras expostas oxidadas, fissuras, infiltrações, carbonatações e concreto deslocados. Conclui-se que a melhor alternativa para evitar os estados patológicos é a prevenção. Prevenção esta, gerada não somente por um projeto ou uma execução dentro dos parâmetros de qualidade, mas principalmente por um programa de manutenção estrutural. Estes programas possuem papel importante em qualquer estrutura, facilitando as verificações dos estados de deterioração estrutural e favorecendo a redução de custos dos tratamentos. Esses procedimentos com certeza evitarão a formação de patologias acentuadas e generalizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias, pontes, manutenção, concreto.

ABSTRACT

Currently, research involving pathologies in civil engineering are reaching considerable levels of the professional views thus updates the curriculum to include primacy of the institutions that discipline. Inclusion as this is necessary because comes from the old paradigms that the concrete structures seemed to have indefinite duration, more specifically the bridges. Every structure to achieve its useful life for which there was projected basic needs that go beyond the concept design, implementation and use, given the advent of inspections and maintenance. So the research focuses on a broad review of the project covering the implementation of bridges and the lifting of the main diseases in the structures of reinforced concrete and / or protendido, aiming to establish the same concepts to be applied when selecting the correct method. Besides the theoretical basis, trying to ascertain "in situ" the manifestation of the major diseases in 16 road bridges, identifying the most affected parts of the structures. We noticed that no structure is free of pathologies, even one with technological best possible executions, this occurs because of the way in which the works are entered. The works analyzed in this study are part of a minority of works from around the country that have a program of inspection and maintenance, the majority of them have already been restored and / or strengthened, but it is possible to see the state where they were, concrete segregated , armor exposed oxidized, cracks, infiltrations, carbonation and concrete loose. It was concluded that the best way to prevent the disease states is prevention. Preventing this, not only generated by a project or an application within the parameters of quality, but mainly by a program of structural maintenance. These programs are important in any structure, facilitating the verification of the states of structural deterioration and encouraging the reduction of costs of treatments. These procedures will certainly prevent the formation of large and widespread pathologies.

Key words: PATHOLOGIES, BRIDGES, MAINTENANCE, CONCRETE.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVO.....	12
3. PONTES.....	13
3.1 Definição.....	13
3.2 Elementos constituintes das pontes.....	13
3.3 Classificação das pontes.....	16
4. ELABORAÇÃO DO PROJETO DE PONTES.....	18
4.1 Elementos de campo.....	18
4.2 Elementos básicos de projeto.....	19
4.2.1 Materiais.....	19
4.2.1.1 Concreto.....	19
4.2.1.2 Aço.....	19
4.2.1.2.1 Aço para armadura não protendida.....	20
4.2.1.2.2 Aço para armadura de protensão.....	20
4.2.1.3 Elastômero.....	20
4.3 Ações atuantes nas pontes.....	20
4.3.1 Ações permanentes.....	20
4.3.2 Ações variáveis.....	21
4.3.3 Ações excepcionais.....	22
4.4 Determinação das solicitações atuantes nas estruturas.....	22
4.4.1 Cálculo das solicitações em vigas.....	22
4.4.2 Cálculo das solicitações em lajes do tabuleiro.....	23
4.4.3 Cálculo das solicitações em pilares, encontro e fundações.....	23
4.5 Métodos construtivos.....	23
4.5.1 Concreto moldado no local.....	23
4.5.2 Construção com elemento pré-moldado e pré-fabricado.....	24
4.5.3 Construção com deslocamentos sucessivos.....	24
5. PATOLOGIAS ESTRUTURAIS.....	25
5.1 Generalidades.....	25

5.2	Durabilidade.....	25
5.3	Fundamento da patologia.....	27
5.4	Pontes de concreto armado e protendido.....	29
5.5	Principais fatores que exercem influência sobre estruturas de concreto.....	29
5.6	Causas das patologias em estruturas de concreto.....	30
5.7	Mecanismos de manifestação e formação das patologias.....	32
5.7.1	Fissuras.....	32
5.7.1.1	Fissuras de tração – esforço de flexão.....	33
5.7.1.2	Fissuras de compressão – esforço de flexão.....	34
5.7.1.3	Fissuras causadas pelo esforço cortante.....	35
5.7.1.4	Fissuras causadas pela torção.....	36
5.7.1.5	Fissuras causadas pela retração plástica.....	36
5.7.1.6	Fissuras causadas pela retração térmica.....	37
5.7.1.7	Fissuras de assentamento plástico.....	38
5.7.1.8	Outras configurações de fissuras.....	38
5.7.2	Deterioração do concreto por reações químicas.....	40
5.7.3	Corrosão da armadura.....	40
5.7.4	Deterioração provocada por colisões de veículos e pelo fogo.....	41
5.7.5	Deterioração do concreto protendido.....	42
5.8	Aparelhos de apoio.....	43
5.9	Pista de rolamento.....	43
5.10	Manutenção e inspeção de pontes.....	44
5.10.1	Programa de manutenção.....	45
5.10.2	Avaliação do risco de ruptura devido a presença de patologias.....	47
6.	ESTUDO PRÁTICO.....	47
6.1	Relatório de vistoria das obras.....	47
6.2	Localização das obras.....	48
6.3	Análise dos dados.....	49
6.4	Resultados e discussões.....	50
7.	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
	ANEXOS.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Exemplo de ponte e viaduto.....	13
Figura 3.2 – Elementos constituintes das pontes, adotada neste trabalho.....	14
Figura 3.3 – Elementos constituintes da seção transversal.....	15
Figura 3.4 – Elementos constituintes da seção longitudinal.....	15
Figura 4.1 – Efeito do empuxo de solo adicional devido à carga móvel.....	21
Figura 5.1 – Alternativa de terapia da estrutura.....	28
Figura 5.2 – Configuração da fissuração por flexão em vigas.....	33
Figura 5.3 – Configuração da fissuração por flexão em lajes.....	34
Figura 5.4 – Configuração da fissuração por momento volvente.....	34
Figura 5.5 – Configuração da fissuração por esmagamento do concreto.....	35
Figura 5.6 – Configuração da fissuração por efeito de cisalhamento.....	35
Figura 5.7 – Fissuras por cortante – esmagamento e tração do concreto simultaneamente.....	36
Figura 5.8 – Configuração da fissuração por efeito de torção.....	36
Figura 5.9 – Configuração de fissuras por retração em vigas e lajes.....	37
Figura 5.10 – Configuração da fissuração por retração térmica.....	37
Figura 5.11 – Configuração da fissuração por assentamento plástico.....	38
Figura 5.12 – Possíveis configurações de fissuras em pontes de concreto.....	39
Figura 5.13 – Possíveis configurações de fissuras em pilares e pontes de concreto.....	39
Figura 5.14 – Tipologia da corrosão do aço. (A) vista superior, (B) vista lateral.....	41
Figura 5.15 – Formas de manutenção estrutural.....	45
Figura 5.16 – Comparativo de custos de manutenção.....	46
Figura 6.1 – Localização das pontes estudadas neste trabalho.....	49
Figura 6.2 – Gráfico de existência de patologias.....	51
Figura 6.3 – Gráfico de existência de patologias.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Elementos e dimensões constituintes das pontes.....	16
Tabela 3.2 – Classificação de pontes rodoviárias pelo seu carregamento.....	18
Tabela 5.1 – Tratamentos usuais das estruturas de concreto armado.....	28
Tabela 5.2 – Causas intrínsecas das patologias nas estruturas de concreto armado e protendido.....	31
Tabela 5.3 – Causas extrínsecas das patologias nas estruturas de concreto armado e protendido.....	32
Tabela 5.4 – Dimensões de aberturas de fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas.....	33
Tabela 5.5 – Coloração, resistência residual e módulo de deformação residual em função da temperatura.....	42
Tabela 6.1 – Relação das pontes rodoviárias estudadas.....	48
Tabela 6.2 – Patologias existentes na superestrutura.....	51
Tabela 6.3 – Patologias existentes na mesoestrutura.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

SÍMBOLOS

- fyk – Resistência de escoamento do aço
- fpyk – Tensão convencional de escoamento

ABREVIATURAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- NBR – Norma Brasileira
- DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
- DER-SP – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo

1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 40 a malha rodoviária começou a ser implantada, e nesta mesma época foram editadas as primeiras Normas Brasileiras que se referem ao cálculo e execução de estruturas de concreto armado.

Mas foi na década de 70 que o Brasil experimentou um desenvolvimento intenso, em um período chamado “milagre econômico”, onde grandes investimentos estrangeiros proporcionaram a realização das grandes obras no país; entre elas as pontes.

Esse crescimento acelerado gerou a necessidade de inovações, dentre elas se destacam as pontes, as quais necessitam de cuidados que vão além de um bom projeto, execução e utilização; mas requerem inspeções e manutenções. Infelizmente é possível constatar que uma grande parte das pontes apresenta estados patológicos comprometedores, oferecendo graves riscos à segurança da sociedade e acumulando prejuízos econômicos devido ao estado de abandono. No Brasil não há tradição de manutenção preventiva. São raras as obras-de-arte especiais que possuem o privilégio de serem devidamente monitoradas. Apesar de ser vergonhoso para nós que pagamos tantos impostos, as Concessões das rodovias ao setor privado tem aumentado as porcentagens dos gerenciamentos das obras-de-arte especiais, pois mantê-las em estado de conservação para elas são obrigações contratuais. A instrumentação técnica dessas obras, é muito importante para verificar se algumas premissas de projeto estão sendo realmente cumpridas. Quando o assunto é patologia em estruturas de concreto há necessidade da mudança de mentalidade em todas as esferas do executivo no que se refere à conservação dos equipamentos públicos, como já se diz um velho ditado “prevenir é melhor do remediar”. Pesquisas revelam que os custos com conservação são mínimos diante dos transtornos e estragos de uma estrutura já comprometida. A melhoria no gerenciamento além de proporcionar segurança aos usuários gera também economia a todo o país.

Este presente trabalho de conclusão do curso apresenta no capítulo 3 uma visão geral dos componentes constituintes das pontes, suas funções e o critério de classificação. No capítulo 4, são abordados os principais assuntos referentes ao projeto de pontes. Para o capítulo 5 estão destinadas às abordagens sobre os mecanismos de formação e manifestação das patologias nas pontes em concreto armado e protendido. E finalmente apresentado à conclusão das principais patologias encontradas nas pontes rodoviárias.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é realizar um levantamento das principais patologias estruturais existentes nas pontes rodoviárias.

3. PONTES

3.1 Definição

Como regra geral, pode-se definir uma ponte como uma construção que possui a finalidade de transpor obstáculos e dar continuidade a uma via, conforme Pfeil (1985). Esta é uma definição bastante generalizada, sendo que na literatura técnica são encontradas algumas classificações das pontes tendo em vista diversos aspectos: traçado da seção transversal, obstáculo transposto, número de vãos, materiais, natureza do tráfego e etc. Quando os obstáculos não são constituídos por água, as pontes são denominadas viadutos.

3.2 Elementos constituintes das pontes

O objetivo desse trabalho de pesquisa é o estudo de pontes de pequeno porte. Estas pontes, segundo Pfeil (1985), podem ser denominadas tradicionalmente de pontilhões por apresentarem pequenos vãos. Mas devido à existência de divergências para delinear o vão limite de pontilhão, no presente trabalho todas as obras analisadas denominaremos de pontes, as que transpõem obstáculos constituídos por água e viadutos aqueles que transpõem obstáculos como outra estrada de acesso, vale e grotá.

Segundo El Debs e Takeya (2003), uma ponte, propriamente dita, seria a estrutura destinada a transpor obstáculo constituído por um curso d'água ou outra superfície líquida. Já o viaduto seria destinado a transpor um vale ou uma via. Independente da classificação, o tratamento estrutural de ambos é idêntico em quase todo o conjunto com diferenças significativas apenas na transposição a ser vencida. Conforme a Fig. 3.1.

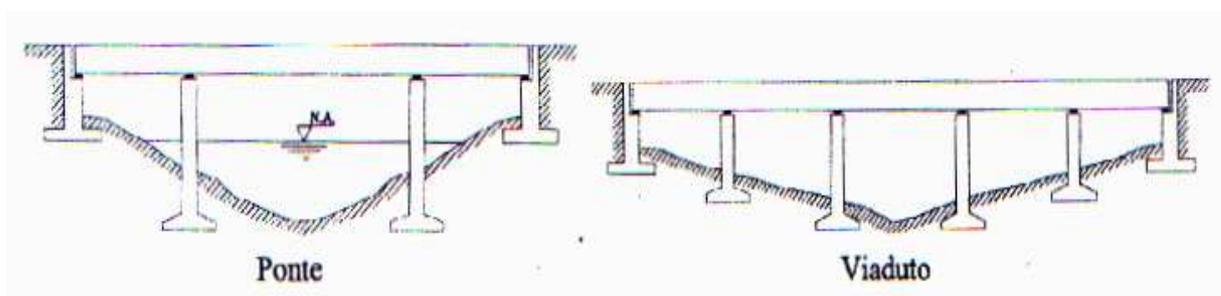


Figura 3.1 – Exemplo de ponte e viaduto

FONTE: El Debs e Takeya (2003, p.2)

A classificação dos elementos constituintes das pontes depende de cada autor. Leonhardt (1979) divide a estrutura da ponte em superestrutura e infra-estrutura. A

superestrutura é contida de tabuleiro, vigas principais e secundárias, sendo que pilares, encontros e apoios fazem parte da infra-estrutura.

A divisão utilizada neste trabalho é a de Mason (1977) e Pfeil (1985), a qual desmembra os elementos em três grupos: superestrutura, mesoestrutura e infra-estrutura como mostra a Fig. 3.2.

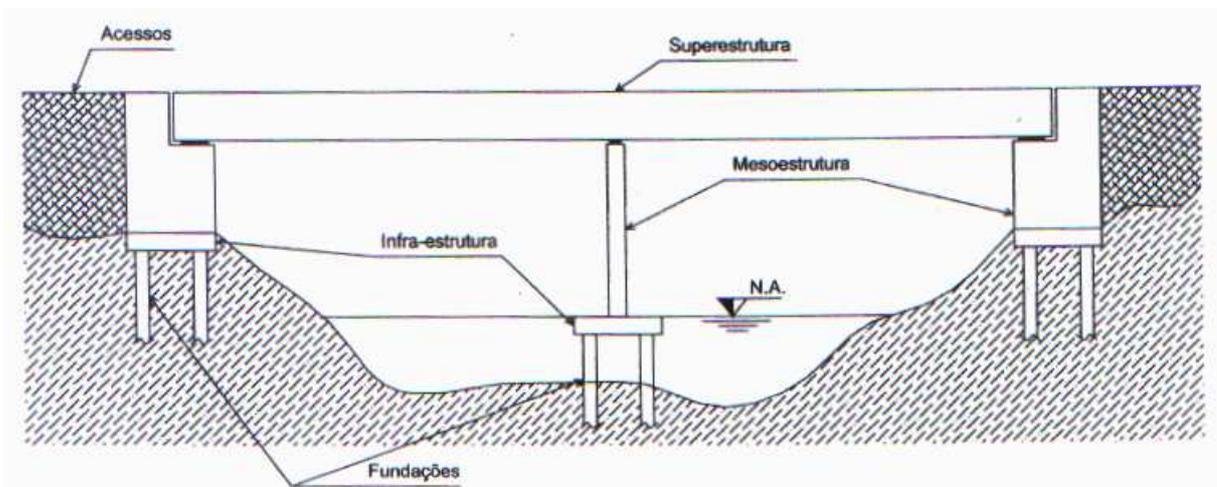


Figura 3.2 – Elementos constituinte das pontes, adotada neste trabalho

FONTE: Adaptado de Mason (1977, p.1)

A superestrutura é dividida em estrutura principal (vigas e longarinas) e secundária (tabuleiro composto por laje, tábuas ou chapas metálicas) que recebe a ação direta das cargas.

A mesoestrutura é composta por pilares e encontros, sua função é suportar as cargas advindas da superestrutura e transmiti-las para a fundação.

A infra-estrutura são os elementos da fundação (blocos, estacas e tubulões), os quais transmitem as cargas para ao solo. Entre a superestrutura e a mesoestrutura encontram-se os aparelhos de apoio, cuja função é permitir os movimentos da superestrutura e transmitir as cargas para os pilares e encontros.

Outros elementos e dimensões, atualmente praticadas das seções transversais e longitudinais são encontrados em Leonhardt (1979) e El Debs e Takeya (2003), sendo apresentados nas Fig. 3.3 e 3.4 e relacionados na Tab. 3.1.

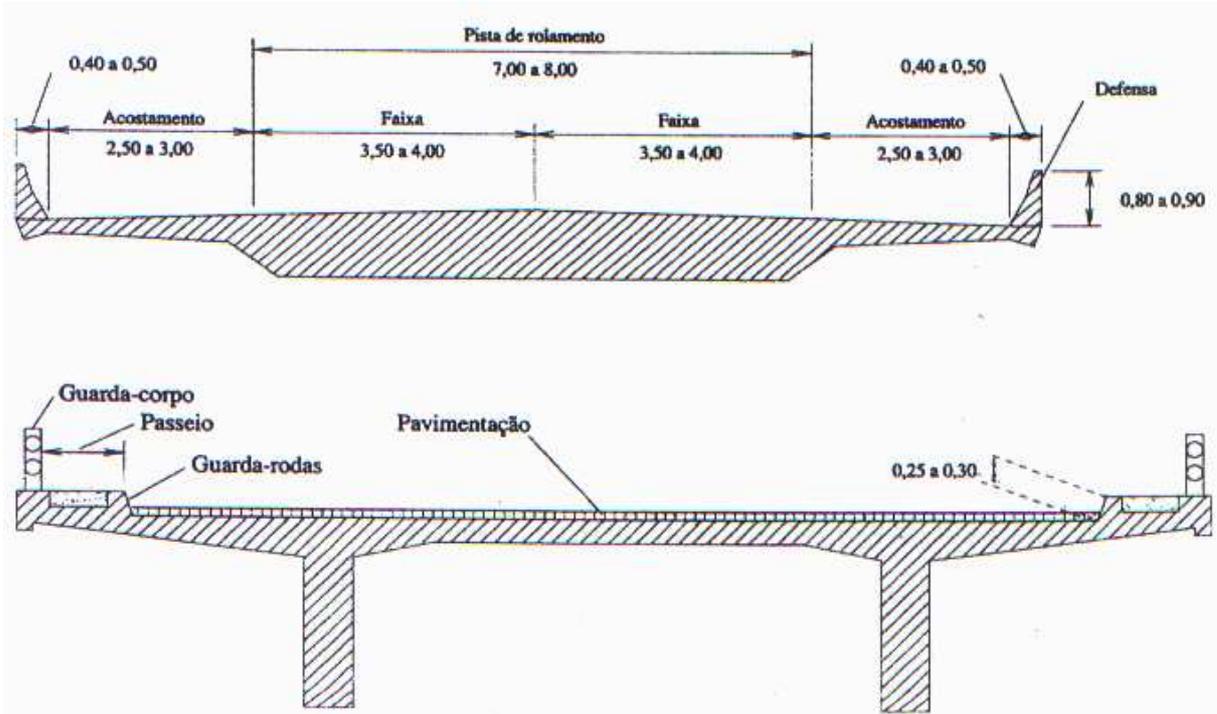


Figura 3.3 – Elementos constituintes da seção transversal

FONTE: El Debs e Takeya (2003, p.6)

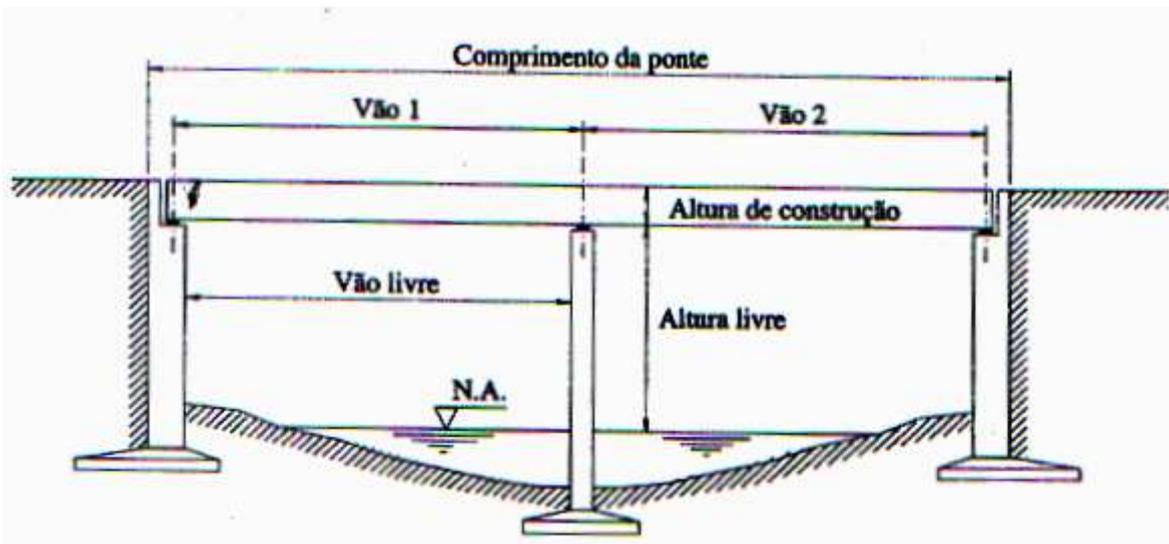


Figura 3.4 – Elementos constituintes da seção longitudinal

FONTE: El Debs e Takeya (2003, p.7)

Tabela 3.1 – Elementos e dimensões constituintes das pontes

Elemento ou dimensão	Descrição
Pista de rolamento	Largura disponível para o tráfego normal de veículos ou pedestres que pode ser subdividido em faixas.
Acostamento	Largura adicional à pista de rolamento utilizada em casos de emergência pelos veículos.
Defensa	Elemento de proteção aos veículos, paralelo ao acostamento.
Passeio	Largura adicional destinada exclusivamente ao tráfego de pedestres.
Guarda-roda	Elemento destinado a impedir a invasão dos veículos no passeio.
Guarda-corpo	Elemento de proteção aos pedestres.
Viga principal ou Longarina	Elemento destinado a vencer o obstáculo.
Viga secundária	Elemento transversal às vigas principais, destinado a evitar efeitos secundários das vigas principais e redistribuir os esforços.
Tabuleiro	Elemento de placa destinado a receber as ações diretas dos veículos e pedestres.
Comprimento da ponte ou vão total	Distância medida horizontalmente segundo o eixo longitudinal, entre as seções extremas da ponte.
Vão, vão teórico ou tramo	Distância medida horizontalmente entre os eixos de dois suportes consecutivos.
Vão livre	Distância entre faces de dois suportes consecutivos.
Altura da construção	Distância entre o ponto mais baixo e o mais alto da superestrutura.
Altura livre	Distância entre o ponto mais baixo da superestrutura e o ponto mais alto do obstáculo. Pode variar conforme os dados hidrológicos no caso do obstáculo ser um rio ou canal.

FONTE: Adaptado de El Debs e Takeya (2003)

3.3 Classificação das pontes

Pode seguir vários critérios conforme apontado por diversos autores como Pfeil (1985), Leonhardt (1979) e El Debs e Takeya (2003). Dentre elas podemos destacar: natureza do tráfego, material da superestrutura, planimetria, altimetria, comprimento, esquema estrutural da superestrutura, posição do tabuleiro, seção transversal, processo construtivo, período de utilização e conforme as cargas móveis.

. Quanto à natureza do tráfego as pontes se classificam em pontes rodoviárias, ferroviárias, passarelas, aeroviárias, canais e mistas. São mistas quando comportam dois tipos de tráfego. No presente trabalho estudou-se as pontes rodoviárias.

. Quanto ao material da superestrutura, deve-se considerar que cada tipo de material apresentará concepções estruturais particulares, segundo os autores citados acima os mais utilizados são: alvenaria de tijolos; alvenaria de pedra; aço; concreto simples; concreto armado; concreto protendido; mistas (aço/concreto e madeira/concreto); madeira. Nas pontes estudadas, destacam-se a utilização do concreto armado e concreto protendido.

. Quanto a planimetria é em função do traçado da via e das condições de interferência no local da obra. Podem ser classificadas em retas: possuem eixo reto e se subdividem em ortogonais e esconsas; e curvas: possuem o eixo curvo.

. Quanto a altimetria podem ser retas (horizontais ou em rampa) e curvas (tabuleiro convexo ou côncavo).

. Quando ao comprimento somente são importantes para apresentar as denominações que as pontes recebem em função de seu porte, embora não exista consenso entre os autores. Galerias (bueiros) – 2,00 a 3,00m; Pontilhões – de 3,00 a 10,00m; Pontes e viadutos – acima de 10,00m de vão.

Como já comentado anteriormente as obras estudadas neste trabalho serão classificadas em pontes e viadutos.

Segundo Pinho e Bellei (2007), o esquema estrutural da superestrutura são os seguintes: ponte em viga; ponte em treliça comumente empregada em aço e madeira; ponte em pórtico sistema em que as vigas do tabuleiro são contínuas com os pilares, esta solução é utilizada para diminuir os vãos da viga reta; ponte em arco; pontes suspensas por cabos (estaiadas e penseis) estas estruturas superam facilmente vãos maiores que 1000m conforme apresentado em exemplos de Pfeil (1985). Um bom exemplo desta classificação é a ponte Otavio Frias de Oliveira na cidade de São Paulo inaugurada em 2008.

. Quanto à posição do tabuleiro, tem-se: ponte com tabuleiro superior; ponte com tabuleiro intermediário e ponte com tabuleiro inferior.

. Quanto à seção transversal a mais comum são as de laje (maciça ou vazada) e de viga (seção T ou I; seção celular; treliçada).

Dentre os vários processos construtivos destacam-se: construção com concreto moldado “in loco”; construção com concreto pré-moldado; construção com balanços sucessivos; construção com deslocamentos sucessivos.

. Quanto ao seu período de utilização as pontes podem ser classificadas em provisórias e permanentes. As pontes provisórias são geralmente empregadas em casos emergências a fim de, provisoriamente restabelecer acessos, tráfegos ou passagens importantes.

. E por fim as pontes podem ser classificadas segundo o tipo de carregamento, conforme descreve a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR-7188/84), conforme a Tab. 3.2

Tabela 3.2 – Classificação de pontes rodoviárias pelo seu carregamento

Cargas dos veículos								
Classe da ponte	Veículo			Cargas uniformemente distribuídas				Disposição da carga
	Tipo	Peso total		p		p'		
		kN	tf	kN/m ²	Kgf/m ²	kN/m ²	Kgf/m ²	
12	12	120	12	4	400	3	300	Carga p em toda a pista Carga p' nos passeios
30	30	300	30	5	500	3	300	
45	45	450	45	5	500	3	300	

FONTE: Adaptado da ABNT (NBR 7188: 1984, p.2).

4. ELABORAÇÃO DO PROJETO DE PONTES

Para execução de uma ponte, é necessário o conhecimento de inúmeros dados, que o manual de projeto de obras-de-arte especiais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER (1996) classifica em dois grupos: Elementos de campo e elementos básicos de projeto.

4.1 Elementos de campo

Segundo o manual de projeto de obras-de-arte especiais – DNER (1996), segue abaixo resumidamente os principais elementos de campo necessário para a execução de um projeto de obra-de-arte especial:

- . Uma planta de situação mostrando o traçado do trecho da rodovia onde será implantada a obra bem como os obstáculos a serem transpostos;
- . Uma seção longitudinal do terreno ao longo do eixo da ponte a ser projetada, juntamente com o perfil da rodovia e os gabaritos ou seções de vazão a serem atendidos;
- . As características geotécnicas e geológicas do solo de fundação;
- . As condições dos locais de acesso para transporte de equipamentos, materiais e elementos estruturais;

- . A disponibilidade de água, energia elétrica e mão-de-obra especializada;
- . As características locais principais, como níveis mínimos e máximos das águas, ocorrências de inundações ou secas, e amplitude de variação brusca de temperaturas;
- . A topografia geral da área, se a região é plana, ondulada ou montanhosa, as características da vegetação, a proximidade ou não de regiões urbanas;
- . As condições de agressividade do meio ambiente, visando estudos de durabilidade.

4.2 Elementos básicos de projeto

São elementos tais como normas, especificações, manuais, detalhe padrão e princípios básicos que devem ser seguidos na elaboração do projeto. Abaixo as principais normas brasileiras em vigor:

4.2.1 Materiais

Os materiais deverão satisfazer as Normas do DNER e da ABNT. Qualquer outro tipo de materiais que forem utilizados e não possuírem normalização deverão ser levados para apreciação do DNER, durante a fase do ante-projeto.

4.2.1.1 Concreto

O concreto utilizado deverá ser dosado e controlado, conforme a NBR-6118/03 e especificações do Manual de Construção de Obras-de-arte especiais, do DNER. No projeto deverá ser especificada a resistência característica mínima para atender a todas as fases de solicitações, como também a idade prevista para sua ocorrência. Quando necessário deverá prescrever a dimensão do agregado e a relação água/cimento.

4.2.1.2 Aço

As armaduras das peças de concreto armado ou protendido podem ser constituídas de fios, de barras e cordoalhas de aço.

4.2.1.2.1 Aços para armadura não protendidas

Deverá conter o valor característico da resistência à tração, f_{yk} , a resistência característica de escoamento da categoria do aço utilizado, como também todas as especificações na NBR-7480/96.

4.2.1.2.2 Aços para armadura de protensão

Segundo Manual de Construção do DNER, adota-se, para valor característico da resistência à tração, f_{pyk} , no caso de barras e fios, o valor mínimo da tensão 1% de alongamento da categoria do aço utilizado e, no caso de cordoalhas o valor nominal que corresponde ao quociente da carga mínima a 1% de alongamento pela área nominal da seção, segundo a categoria do aço.

4.2.1.3 Elastômero

Deverão ser especificadas as durezas, o módulo de deformação transversal e os valores máximos da tensão de compressão, da rotação e da distorção, previstos para os aparelhos de apoio.

4.3 Ações atuantes nas pontes rodoviárias

As considerações das ações e segurança devem seguir as disposições da ABNT (NBR-8681/03), onde a classificação é feita em ações permanentes, variáveis e excepcionais.

4.3.1 Ações permanentes

Consideradas como ações constantes ao longo da vida útil da obra. Também são consideradas permanentes as que crescem no tempo, tendendo a um valor limite constante. Compreendem entre outras:

- . as cargas provenientes do peso próprio dos elementos estruturais;
- . as cargas provenientes do peso da pavimentação, dos revestimentos, das barreiras, dos guarda rodas, dos guarda corpos e de dispositivos de sinalização;
- . os empuxos de solo e de líquidos;
- . as forças de protensão;
- . as deformações impostas, isto é, provocadas por fluência e retração do concreto, por variações de temperatura e por deslocamentos de apoios.

4.3.2 Ações variáveis

Consideradas como ações inconstantes. Tais como:

- . Cargas móveis: em pontes rodoviárias, objeto desse trabalho, é a principal ação a ser considerada, definida na ABNT (NBR-7188/84 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestres). Estas cargas são provenientes dos impactos dos veículos transmitidos à obra. De acordo com Marchetti (2008), as demais ações variáveis não são consideradas necessariamente em qualquer tipo de ponte. Sendo assim, serão comentadas brevemente.
- . Força centrífuga: Todo corpo (carga móvel) de massa m em movimento estará sujeito a uma força centrífuga quando percorrer uma trajetória curva de raio R em uma velocidade v . Deve ser considerada em pontes rodoviárias em curva.
- . Efeito da frenação e da aceleração: Segundo Marchetti (2008), devem ser tomadas no centro de cisalhamento da seção transversal para não haver torção nos pilares.
- . Cargas de construção: Provenientes de equipamentos e estruturas auxiliares de montagem e de lançamento de elementos estruturais e seus efeitos em cada etapa executiva da obra.
- . Carga de vento: Segundo a Norma NBR-2:1961, utilizadas por alguns autores (Takeya e El Debs (2003) e Marchetti (2008)), ela é considerada uma força horizontal agindo normalmente ao eixo da estrutura e uniformemente distribuído ao longo desse eixo. Comentam ainda que o efeito do vento na estrutura carregada provoca um momento torçor na seção transversal da ponte, o que deve ser considerada a não ser que a ponte seja em laje ou em abóbadas com largura nas nascenças superior a $1/10$ do vão, ou de ponte com arcos paralelos e tabuleiro superior, desde que tenha contraventamento contínuo e que a distância entre eixos dos arcos externos seja superior a $1/9$ do vão.
- . Empuxo do solo provocado por cargas móveis: As pressões em encontros e cortinas devido a ação de cargas móveis devem ser somadas com os empuxos dos solos permanentes. A Fig. 4.1 ilustra esta condição.

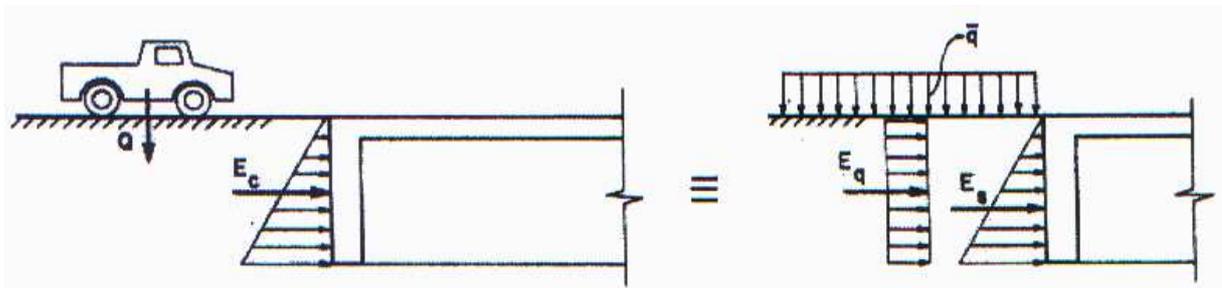


Figura 4.1 – Efeito do empuxo de solo adicional devido à carga móvel

FONTES: El Debs e Takeya (2003, p.26)

A NBR-7187/03, indica que os critérios para empuxos permanentes devem ser utilizados nesta situação, transformando as cargas móveis no terrapleno em altura de solo equivalente.

. Pressão da água em movimento: A determinação da velocidade da água é influenciada pelas forças de atrito com o material do leito com o ar. Desta forma a velocidade da água em cada ponto da seção transversal varia da superfície até o fundo. A maneira mais comum de se determinar a velocidade de um rio é por meio de flutuadores.

. Variação da temperatura: Devem ser consideradas como indicado na NBR-6118/03.

. Atrito nos apoios: Marchetti (2008), apresenta a importância dos esforços devido ao atrito nos apoios quando do dimensionamento dos aparelhos de apoio, pilares e encontros. Esse efeito ocorre basicamente na meso e infra-estrutura da ponte.

4.3.3 Ações excepcionais

Ocorridas devidas às circunstâncias anormais. Dentre elas os choques de objetos móveis, as explosões, os fenômenos naturais pouco freqüentes, como ventos ou enchentes e sismos, entre outros. Os pilares sujeitos a choques de veículos rodoviários, devem ter sua segurança verificada. Dispensa-se esta verificação quando os mesmos possuem elementos de segurança para os protegerem.

4.4 Determinação das solicitações atuantes na estrutura

A determinação dos esforços em estruturas de pontes não é fácil e exige experiência e destreza do engenheiro. Os conhecimentos de estática das estruturas conjugados com combinações das ações possibilitam ao projetista determinar a distribuição das solicitações.

Os avanços tecnológicos da informática incorporado aos cálculos estruturais, tornaram o projeto de pontes mais realista e facilitaram numerosos e trabalhosos cálculos.

Os cálculos de dimensionamento, segundo Pfeil (1985) envolvem a verificação do equilíbrio do conjunto ou de parte dela, verificação da resistência de cada seção, verificações das condições de serviço e de efeitos de 2ª ordem.

O presente trabalho tem o objetivo de apenas mencionar e indicar alguns métodos de análise estrutural.

4.4.1 Cálculo das solicitações em vigas

O método mais difundido na literatura técnica é o das linhas de influência. Para a determinação da solicitação através da linha de influência é utilizado o carregamento denominado de trem-tipo.

4.4.2 Cálculo das solicitações em lajes do tabuleiro

A maior parte das lajes das pontes é de concreto armado ou protendido, apresentam armaduras diferentes e nas direções ortogonais são consideradas isotrópicas. As solicitações das lajes isotrópicas são obtidas com a teoria elástica das lajes. Mason (1977) comenta os métodos de determinação dos esforços das lajes tais como processo das superfícies de influência e o método de Rüsck que apresenta tabelas práticas baseadas no método das superfícies de influência.

4.4.3 Cálculo das solicitações em pilares, encontros e fundações

Os esforços atuantes na meso e infra-estrutura são obtidos pelas reações que a superestrutura oferece como: reações da carga permanente, reações da carga móvel, reações verticais nos pilares provocados pelo efeito de tombamento de vento, reações horizontais de temperatura, aceleração e frenação entre outras dependendo da peculiaridade da obra, de acordo com Pfeil (1983).

Para o dimensionamento dos encontros, os esforços mais importantes são os empuxos do solo, e para a fundação deve seguir os critérios estabelecidos na literatura técnica.

4.5 Métodos construtivos

Há necessidade de estudo cuidadoso para a construção e montagem das pontes. O método construtivo é um fator importante na escolha da solução estrutural. Há vários métodos construtivos para a superestrutura dos quais destacam-se a construção com concreto moldado no local, elementos pré-moldados e pré-fabricados e deslocamentos sucessivos.

4.5.1 Concreto moldado no local

Há diversos processos de acordo com Leonhardt (1979). Entre eles destacam-se:

. Fôrmas sobre escoramentos fixos: este é o processo mais antigo utilizado para pontes de concreto, no qual o escoramento apóia-se sobre o terreno e sustenta as fôrmas que por sua vez darão o molde da peça. O descuido no dimensionamento de tais escoramentos gera acidentes catastróficos.

. Fôrmas sobre escoramento deslizantes: neste processo as formas deslizam de um vão para o outro sendo prático para pontes onde o terreno é plano, solo resistente e mais de três vãos.

. Balanços sucessivos com concreto moldado *in situ*: neste processo, a partir de um conjunto de fôrmas executadas em balanço, concretiza-se a cada 3 dias aproximadamente um tramo de 3 a 5m de extensão. Antes do escoramento ser deslocado para frente os cabos de protensão superior são mobilizados para resistir as cargas. Vãos vizinhos são executados para que haja um contrabalanceamento, sendo que a estabilidade do processo é garantida mediante um engastamento perfeito. Este método pode utilizar também as chamadas treliças de lançamento.

4.5.2 Construção com elementos pré-moldados e pré-fabricados

Consiste na pré-fabricação dos elementos estruturais das pontes. Métodos que se encontram em destaque, quando há disponibilidade de espaço adjacente à obra tanto para execução quanto para transporte e içamento.

4.5.3 Construção com deslocamentos sucessivos

O método de construção por deslocamentos sucessivos segue os seguintes passos apresentados por Pinho e Bellei (2007).

. Pré-montagem das longarinas em uma das cabeceiras da ponte.

. Normalmente é necessário um bico de lançamento que é usado como prolongamento provisório em conjunto com um contrapeso para evitar o tombamento das vigas. Em geral o bico de lançamento tem um comprimento em torno de 60% do maior vão a ser vencido.

. O deslizamento das vigas da ponte é geralmente executado sobre lagartas colocadas em ponte pré-fixados que permitem o deslizamento de maneira suave.

5 PATOLOGIAS ESTRUTURAIS

5.1 Generalidades

Atualmente, devido a ocorrências de diversos fatores na construção civil, o estudo de problemas patológicos vem alcançando patamares bastante notáveis. Isto se deve ao fato que até pouco tempo atrás se pensava que as estruturas de concreto durariam eternamente. Atualmente vemos que isto é uma utopia. Temos ciência que para a estrutura atingir sua vida útil satisfatoriamente há necessidade de acompanhamento periódico e manutenção. Anos atrás as estruturas eram executadas com dimensionamento muito elevado, ocasionando assim obras resistentes a certos graus de patologias consideráveis sem colocar em risco sua integridade. Hoje através do advento de tecnologias possibilitando melhorias tanto nos cálculos quanto no conhecimento dos materiais, obras são construídas com maior esbeltez, de maneira mais precisa, exigindo, portanto mais cuidados. Sendo assim, houve a necessidade do surgimento de um novo campo de pesquisa na engenharia de estruturas, denominado de patologia das estruturas.

Segundo Souza e Ripper (1998), designa-se por patologias das estruturas o campo da engenharia das construções que promove o estudo das origens, formas de manifestação, conseqüências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de deterioração das estruturas. Também segundo Helene (1992), a área da engenharia que cuida das patologias é compreendida com a parte da engenharia que estuda os sistemas, mecanismos, causas e origens dos defeitos das obras civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. Portanto nota-se que é de comum acordo o significado de patologia das estruturas entre estes pesquisadores.

As patologias estruturais encontradas nas pontes variam em intensidade e incidência, muitas vezes gerando elevado custo para a sua restauração, como comentado por Helene (1992). Sob este aspecto poderá haver comprometimento da estética e às vezes redução da capacidade resistente, e algumas podem gerar a melhor solução como a demolição parcial ou total da estrutura.

Diante desta realidade, a Engenharia Civil, tem realizado diversos estudos no sentido de interpretar os mecanismos inerentes à patologia, tais como: origens, formas de manifestação, resultados e métodos de restauração.

5.2 Durabilidade

Devido ao aumento contínuo dos problemas patológicos estruturais, a patologia das estruturas tem buscado não somente a sistematização das patologias como também promover novos conceitos no meio técnico. Os novos conceitos, introduzidos por termos não

muito difundidos até certo tempo, de acordo com Souza e Ripper (1998), indicam que começa a existir uma percepção de que as estruturas estão entrando em um período de terceira idade, exigindo tratamento diferenciado àquele que até agora vinha sendo dispensado a elas.

Termos como desempenho, durabilidade, meio ambiente, conformidade, vida útil e manutenção são cada vez mais freqüentes no meio técnico, podendo-se dizer que não sairão mais dele.

Portanto, conclui-se por vida útil de um material como sendo o período durante o qual as suas propriedades físicas e químicas permanecem acima dos limites mínimos especificados para atenderem a sua função. A vida útil pode ser ampliada de maneira significativa quando se utiliza um correto programa de manutenção estrutural.

A ABNT (NBR 6118/03), no item 6.2.1, afirma que por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo no qual se mantém a característica da estrutura de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção estabelecidos pelo projetista e pelo construtor, bem como das disposições de execução dos reparos necessários ao longo do tempo, decorrentes de danos acidentais.

Conclui-se então que um material atingiu o fim da sua vida útil quando as propriedades, sob dadas condições de uso, deterioram a um tal ponto que a continuação de uso desse material é considerado como insegura ou antieconômica.

Em relação a desempenho deve-se deixar claro que, segundo Souza e Ripper (1998) é o comportamento em serviço de cada estrutura ao longo da sua vida útil e a sua medida relativa, revelará sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção.

Sendo conhecidas e estimadas as características de deterioração dos materiais e dos sistemas estruturais é possível dizer que durabilidade é a capacidade da estrutura resistir a estas características, sem deteriorar-se, apresentando um desempenho satisfatório, o qual determinará a vida útil.

Conhecido o conceito de durabilidade da estrutura, o qual é a capacidade de resistência à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração imposta a ela, é imprescindível que se encontre estas características em todas as estruturas.

Sales *et al* (2005), comenta que a vida útil das estruturas varia conforme a finalidade do projeto sendo que usinas hidrelétricas são concebidas para durarem, no mínimo 100 anos, e outras construções como pontes pelo menos 50 anos, salvo algum inconveniente como sismos.

Os descuidos, erros de projeto, mão de obra desqualificada, erros de execução e a inexistência de manutenção tem gerado estruturas com pouca durabilidade, apresentando

problemas patológicos antes de atingirem uma idade onde isto poderia ser previsto. Estes problemas acarretam elevados custos e trabalhos exaustivos.

Segundo Ripper (1996), quaisquer enganos, erros ou imperfeições no projeto e na execução das diversas partes da construção, exigirão, como conseqüência, adaptações não previstas no orçamento, como consertos e reformas com custos complementares e até mesmo a necessidade de reconstrução completa, muito dispendiosas e, em muitos casos, poderão aparecer outros prejuízos no decorrer o tempo.

Abordando ainda a questão de custo, é interessante o conceito de manutenção apresentado como sendo os procedimentos necessários para a garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, as inspeções e manutenções têm como objetivo proporcionar à estrutura maior tempo de vida útil. Infelizmente na maioria das estruturas em concreto, a manutenção é deixada de lado com justificativas incertas de possuir custos elevados.

5.3 Fundamento da patologia

Como já visto anteriormente, o estudo das patologias estruturais engloba a análise detalhada do problema descrevendo as causas, as formas de manifestação, os mecanismos de ocorrência, a profilaxia e a manutenção estrutural.

Desde que toda está análise permeie no principal e grande fundamento da patologia das construções que “está em avaliar uma estrutura que num dado período de sua vida apresente desempenho inadequado, uma vez que o quadro apresentado pela mesma não caracterize necessariamente a condenação”, conforme Soriano (2004, p.2).

Com o diagnóstico correto do caso, é possível o profissional determinar uma das quatro medidas terapêuticas usuais. Segundo Helene (1992), cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos. É de comum acordo que, para a correta escolha e aplicação da terapia, há a importância de um estudo detalhado que apresente o verdadeiro diagnóstico da origem da patologia. Na Tab. 5.1, são apresentadas as terapias, que devem ser adotadas conforme o caso.

A escolha de uma ou outra terapia quase sempre esta relacionada a fatores econômicos, ou a fatores técnicos, quando uma terapia não pode ser utilizada em determinado ambiente ou é de difícil execução.

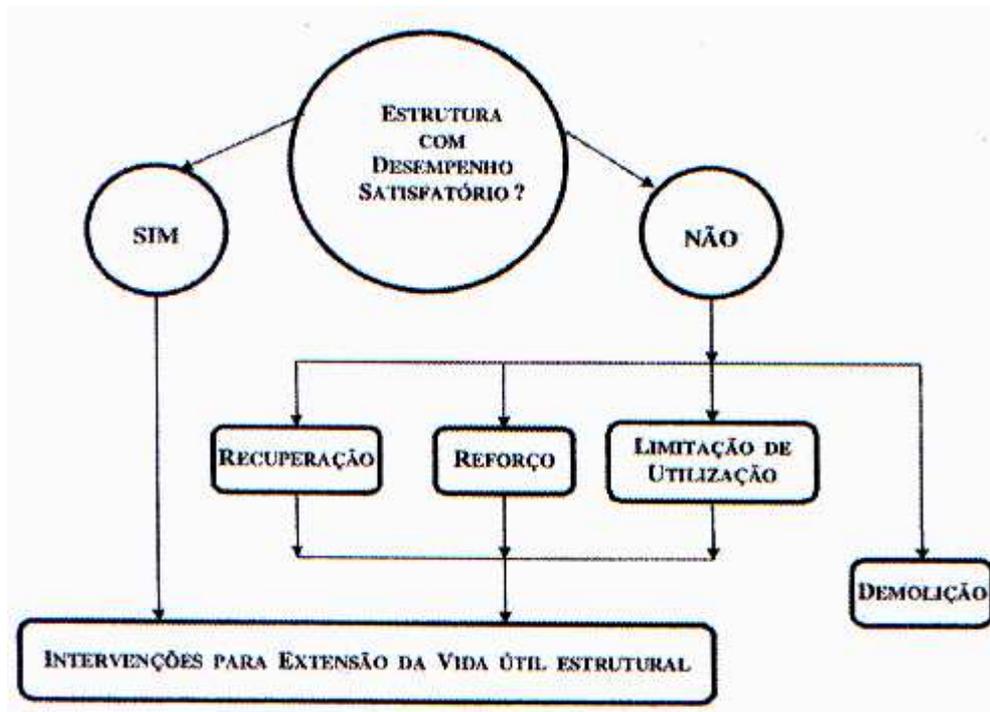
Quando a estrutura não apresenta um quadro patológico deve ser executado um programa de intervenções para extensão da vida útil estrutural. Em outras palavras, é um programa de manutenção periódico.

Tabela 5.1 – Tratamentos usuais das estruturas de concreto armado

Tratamento	Características
Recuperação	Como recuperação, entendem-se os procedimentos, necessários para a restauração da capacidade resistente ou portante de uma estrutura. A recuperação, ainda pode ser entendida como uma intervenção que recondiciona a estrutura aos aspectos estéticos e de capacidade portante originais.
Restauração	Intervenção que restabelece somente as condições estéticas da estrutura.
Reforço	São as atividades promovidas para o aumento da resistência, ou capacidade portante da estrutura.
Limitação de utilização	Esta é a opção que deve ser escolhida quando a terapia de recuperação não se mostrar economicamente favorável. Também pode ser adotado no caso de não se optar por um reforço estrutural, limitando, portanto, a estrutura a determinadas condições que poderiam ser extrapoladas quando da utilização de um reforço.
Demolição	É a terapia extrema, que pode variar desde uma demolição parcial até completa da estrutura. É optada quando nenhuma das alternativas terapêuticas anteriores mostra-se viável.

FONTE: Adaptado de Souza e Ripper (1998)

A seguir, é apresentada a Fig. 5.1 onde são representadas as alternativas de terapia das estruturas com base no fundamento da patologia das estruturas.

**Figura 5.1 – Alternativa de terapia da estrutura**

FONTE: Souza e Ripper (1998, p.21)

5.4 Pontes de concreto armado e protendido

O concreto possui natureza instável ao passar do tempo, tendo suas características físicas e químicas alteradas devido às propriedades de seus componentes e das respostas destes às imposições efetuadas pelo meio ambiente onde a estrutura desempenha suas funções.

Em geral, há muitas vezes, preocupação apenas com relação a sua resistência mecânica, suprimindo-se um dos fatores fundamentais que é a durabilidade, como comentado por Silva (1995).

Souza e Ripper (1998) abordam que a maioria das normas técnicas referentes ao concreto, nas mais variadas regiões do mundo, apenas preocupam-se com a questão da resistência mecânica sem dar atenção devida às ações do meio ambiente, as quais influenciam diretamente sobre a durabilidade, bem como outros fatores tais como, a resistência mínima do concreto e a máxima relação água/cimento (a/c).

No Brasil, a penúltima versão da NBR-6118/03, que vigorou de 1980 ao início de 2003, não evidenciava a questão da agressividade ambiental, do consumo mínimo de cimento, da máxima relação água/cimento (a/c) além de ser condescendente com cobrimentos pequenos. Estes itens estão diretamente ligados à durabilidade das estruturas de concreto armado e protendido.

5.5 Principais fatores que exercem influência sobre as estruturas de concreto armado e protendido

Segue abaixo alguns dos principais fatores que exercem influência no comportamento final do concreto armado:

. **Qualidade dos materiais:** A qualidade do material deve ser definida, utilizando-se os parâmetros técnicos estabelecidos em normas para uma correta mensuração dos dados. Ou seja, a qualidade em engenharia, deve ser objetiva e não subjetiva. A qualidade de determinado produto é verificada com a adequação às normas referentes.

. **Relação água/cimento (a/c):** Conforme Souza e Ripper (1998), em termos de durabilidade das estruturas de concreto, e para as questões ligadas à resistência mecânica, a palavra-chave relacionada ao material concreto, que é considerado um pseudo-sólido, é a água. A quantidade de água empregada para promover as reações de hidratação dos compostos do cimento e dar trabalhabilidade à massa é que rege características como densidade,

compacidade, permeabilidade, capilaridade e a própria fissuração, sem levar em conta a resistência mecânica.

O uso exagerado de água provoca vazios e capilaridades no concreto, facilitando assim o transporte de fluidos nocivos do ambiente até o interior da peça, provocando a carbonatação do concreto e a corrosão das armaduras.

. **Meio ambiente:** É um dos principais agente causador de danos às estruturas. Um ambiente agressivo pode acelerar, ou mesmo, desencadear um processo patológico, introduzindo pela porosidade e pela rede de capilaridades, gases e líquidos que contem agentes químicos agressivos. Este é um problema encontrado nas cidades litorâneas e nos grandes centros urbanos. Em decorrência da industrialização, a agressividade atmosférica aumentou muito, impondo um regime de mudanças no comportamento e variações dos materiais, resultando, assim, nos efeitos de corrosão precoce e a carbonatação acelerada, conforme cita Silva (1995).

. **Ações:** para Thomaz (1989), muitas fissuras são causadas pela sobrecarga entre outros fatores. Tais sobrecargas podem ter sido consideradas no projeto estrutural, neste caso a falha decorre quando da execução da peça ou do uso da mesma.

. **Qualidade no processo da construção civil:** Segundo Souza e Ripper (1998), o processo da construção pode ser dividido em três partes. A concepção ou planejamento, execução e manutenção. Estas três fases devem conter as atividades de desempenho, durabilidade, conformidade e reabilitação da estrutura.

5.6 Causas das patologias em estruturas de concreto

É indispensável à importância de se conhecer as causas patológicas, pois além de um correto tratamento, é necessário que se garanta a não patologia pós-recuperação. As causas de deterioração das estruturas podem ser divididas em dois grandes grupos, como descrevem Souza e Ripper (1998). São as chamadas causas intrínsecas e extrínsecas.

As causas intrínsecas são as causas de deterioração inerentes à própria estrutura, como ilustra a Tab. 5.2. Possuem origem nos materiais e componentes da estrutura. Estas causas são geradas por falhas humanas na fase de execução ou utilização e por agentes naturais externos como ataques químicos e até acidentes.

Já as causas extrínsecas, são as que independem da estrutura em si, bem como da sua composição ou falhas decorrentes da execução. Podem ser entendidas como fatores

que atacam estruturas “de fora para dentro” ao longo do processo da concepção, execução ou da vida útil da mesma, como apresentado na Tab. 5.3.

Tabela 5.2 – Causas intrínsecas das patologias nas estruturas de concreto armado e protendido

CAUSAS INTRÍNSECAS	
FALHAS HUMANAS DURANTE A CONSTRUÇÃO	
DEFICIÊNCIAS DE CONCRETAGEM	Transporte Lançamento Juntas de concretagem Adensamento Cura
INADEQUAÇÃO DE ESCORAMENTOS E FÔRMAS	
DEFICIÊNCIAS NAS ARMADURAS	Má interpretação dos projetos Insuficiência de armaduras Mau posicionamento das armaduras Cobrimento de concreto insuficiente Dobramento inadequado das barras Deficiências nas ancoragens Deficiências nas emendas Má utilização de anticorrosivos
UTILIZAÇÃO INCORRETA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	fck inferior ao especificado Aço diferente do especificado Solo com características diferentes Utilização de agregado reativo Utilização inadequada de aditivos Dosagem inadequada do concreto
INEXISTÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE	
FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO (ausência de manutenção)	
CAUSAS NATURAIS	
CAUSAS PRÓPRIAS À ESTRUTURA POROSA DO CONCRETO	
CAUSAS QUÍMICAS	Reações internas ao concreto Expansibilidade de certos constituintes do cimento Presença de cloretos Presença de ácidos e sais Presença de anidro carbônico Presença de água Elevação da temperatura interna do concreto
CAUSAS FÍSICAS	Variação da temperatura Insolação Vento Água
CAUSAS BIOLÓGICAS	

FONTE: Adaptado Souza e Ripper (1998, p.29)

Tabela 5.3 – Causas extrínsecas das patologias nas estruturas de concreto armado e protendido

CAUSAS EXTRÍNSECAS	
FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO	Modelagem inadequada da estrutura Má avaliação das cargas Detalhamento errado ou insuficiente Inadequação ao ambiente Incorreção na interação solo-estrutura Incorreção na consideração de juntas de dilatação
FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	Alteração estrutural Sobrecargas exageradas Alteração das condições do terreno de fundação
AÇÕES MECÂNICAS	Choques de veículos Recalque de fundações Acidentes (Ações imprevisíveis)
AÇÕES FÍSICAS	Variação de temperatura Insolação Atuação da água
AÇÕES QUÍMICAS	
AÇÕES BIOLÓGICAS	

FONTE: Adaptado Souza e Ripper (1998, p.41)

5.7 Mecanismos de manifestação e formação das patologias

5.7.1 Fissuras

São pequenas fendas que aparecem nas estruturas, é inevitável e inerente à própria técnica de dimensionamento preconizada pelas normas e regulamentos. Passam a constituir um problema patológico quando apresentam abertura superior aos valores admissíveis ou quando não são originárias do funcionamento estrutural normal da peça, podem surgir antes ou após o endurecimento do concreto. As fissuras podem ter a sua origem devido a diversos fatores, neste trabalho citaremos as mais comuns.

Devido à baixa resistência do concreto a tração, cerca de 10% da resistência a compressão, as fissuras a tração são comuns, já as fissuras que ocorrem por motivo da compressão são mais críticas, pois o concreto entra no estágio de esmagamento e ruptura frágil. Segue a seguir, conforme Tab. 5.4, as diversas dimensões, denominações e classificações que as aberturas podem ser classificadas.

Tabela 5.4 – Dimensões de aberturas de fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas

Tipos de aberturas	Dimensões
Fissura capilar	Menos de 0,2mm
Fissura	0,2mm a 0,5mm
Trinca	0,5mm a 1,5mm
Rachadura	1,5mm a 5,0mm
Fenda	5,0mm a 10,0mm
Brecha	mais de 10,0mm

FONTE: Thomaz (1998)

A importância desta classificação é a quantificação da dimensão da abertura, porém, as causas e mecanismos formadores são idênticos uns aos outros, segundo Thomas (1998).

5.7.1.1 Fissuras de tração – esforço de flexão

Quando a rigidez da peça ou a área de aço são insuficientes, ou ainda se o carregamento for elevado, a peça sofrerá uma deformação excessiva gerando fissuras que, de acordo com Thomaz (1989) e Souza e Ripper (1998), estendem-se da borda mais tracionada, elevando-se e ramificando-se até a altura da linha neutra para as vigas como mostra a fig. 5.2.

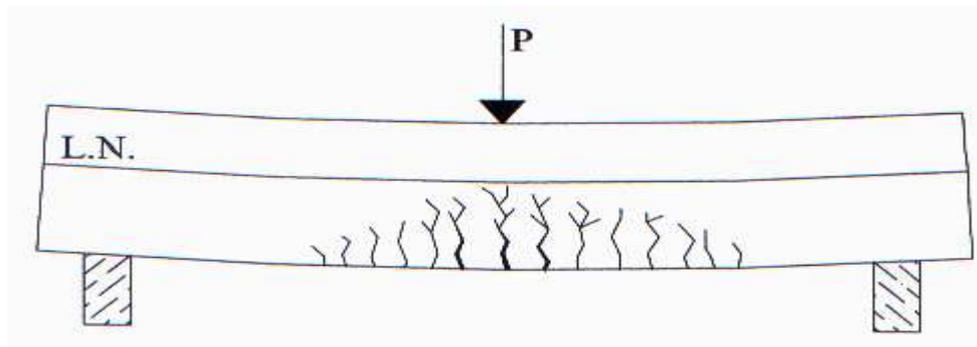


Figura 5.2 – Configuração da fissuração por flexão em vigas

FONTE: Thomaz (1989) e Souza e Ripper (1998)

Já para as fissuras provocadas por flexão nas lajes, Helene (1992), apresenta a seguinte configuração conforme Fig. 5.3.

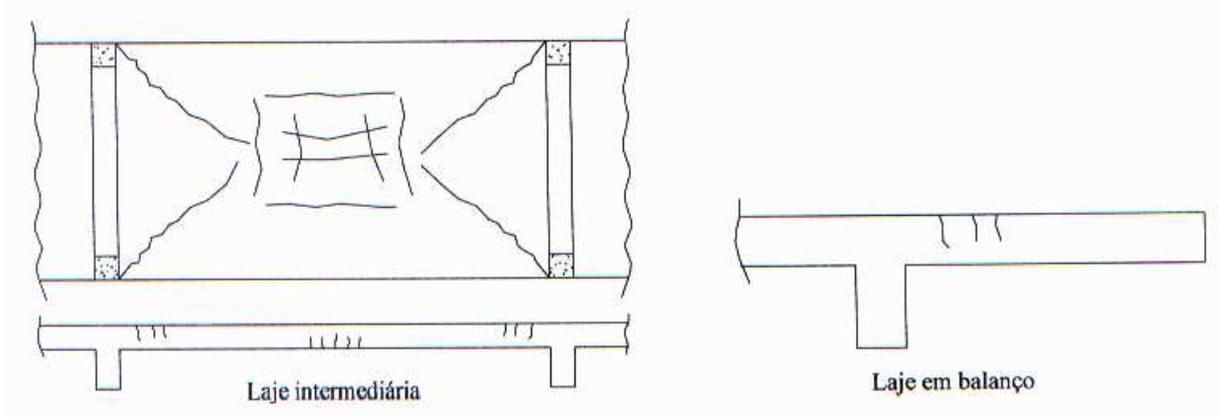


Figura 5.3 – Configuração da fissuração por flexão em lajes

FONTE: Helene (1992)

Outro efeito que ocorre em lajes é a fissuração devido aos momentos volventes, ou de canto, como mostra a Fig. 5.4.

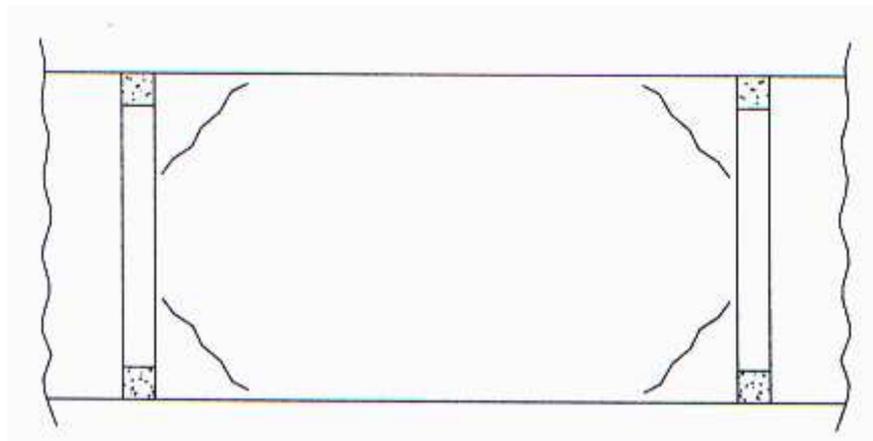


Figura 5.4 – Configuração da fissuração por momento volvente

FONTE: Helene (1992)

5.7.1.2 Fissuras de compressão – esforço de flexão

Quando a estrutura fletida ultrapassa o limite de resistência da compressão do concreto, a estrutura entra em ruína por esmagamento no local comprimido. Esta característica decorre do fato da armadura principal estar sendo pouco utilizada. Para Helene (1992), este efeito pode ser causado pela resistência inadequada do concreto ou por sobrecargas não previstas sendo que excessos na força de protensão podem contribuir grandemente para este estado. Em muitos casos, o problema é um grave erro de projeto onde não foi dimensionada a armadura de compressão, conhecida também como armadura dupla. Esses tipos de fissura sempre aparecem nas regiões comprimidas da peça. Esquemáticamente, podem ser apresentadas como mostra a Fig. 5.5. Estas fissuras são perigosas, pois pode levar a estrutura à ruína brusca.



Figura 5.5 – Configuração da fissuração por esmagamento do concreto

FONTE: Adaptado Cânovas (1998, p. 231)

5.7.1.3 Fissuras causadas pelo esforço cortante

A treliça idealizada por Morsch e ampliada por Leonhardt em sua treliça generalizada, vale-se do conceito de bielas de compressão, formadas pelo concreto e montantes tracionadas, que são os estribos.

As tensões de compressão nas bielas geram tensões de tração perpendicular a elas. Esta tensão de tração, em parte deve ser absorvida pelos estribos ou barras dobradas, dispostos para combate deste efeito evitando a fissuração, ficando a outra parcela sendo absorvida pelo embricamento e engrenamento dos agregados. Quanto esta armadura não é suficiente, ou por erro de projeto ou por erro de execução, ocorrem fissuras, que formam ângulos de aproximadamente 35° à 45° com a horizontal, próximo aos apoios, como ilustra a Fig. 5.6.

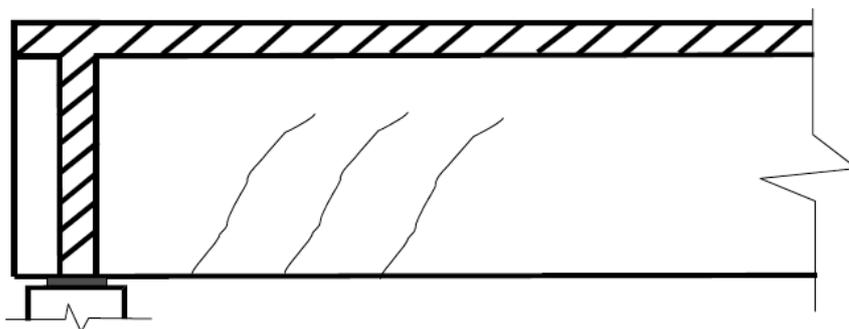


Figura 5.6 – Configuração da fissuração por efeito de cisalhamento

FONTE: DNER – Manual de Inspeção de obras-de-arte especiais (1994, p.12)

Podem ainda surgir fissuras por esmagamento do concreto das bielas, como apresentado por Helene (1992). Estas fissuras são causadas pelo excesso de tensão de compressão na biela acima do limite de resistência do concreto, e podem vir acompanhadas de fissuras por tração, conforme Fig. 5.7.

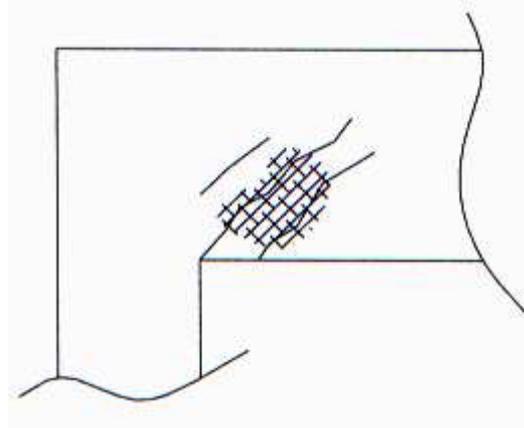


Figura 5.7 – Fissuras por cortante – esmagamento e tração do concreto simultaneamente

FONTE: Adaptado Helene (1992, p.60)

5.7.1.4 Fissuras causadas pela torção

Segundo Leonhardt (1977), são semelhantes às cortantes, porém com direções contrárias formando uma configuração como a rosca de um parafuso. Conforme mostra a Fig. 5.8.

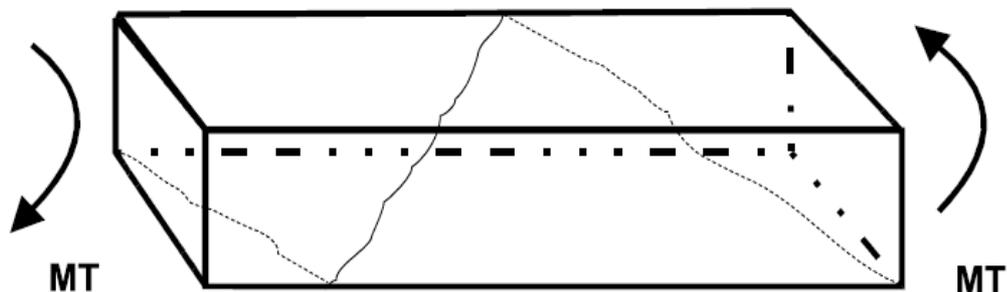


Figura 5.8 – Configuração da fissuração por efeito de torção

FONTE: DNER – Manual de Inspeção de obras-de-arte especiais (1994, p.12)

5.7.1.5 Fissuras causadas pela retração plástica

Decorrentes das reações de hidratação, conhecidas também como retração plástica ou química. A retração plástica do concreto acontece antes da pega do concreto, devido à evaporação muito rápida da água. Não tem relação com o comportamento reológico do concreto. Este fissuramento é mais comum nas faces externas da estruturas, como as lajes nas quais as fissuras fazem um ângulo de aproximadamente 45° junto aos cantos. Sua profundidade não é muita, mas em função da esbelteza da peça, estas fissuras podem até seccioná-la.

Já a retração química é combatida pelas armaduras e vinculações da peça. Portanto quanto maior a concentração de armaduras numa peça menor será este efeito.

Nas lajes, estas fissuras geralmente são aleatórias, com exceção para a retração por contração plástica, porém nas vigas, todas as retrações geram fissuras que se apresentam paralelas às sessões, conforme mostra a Fig. 5.9.

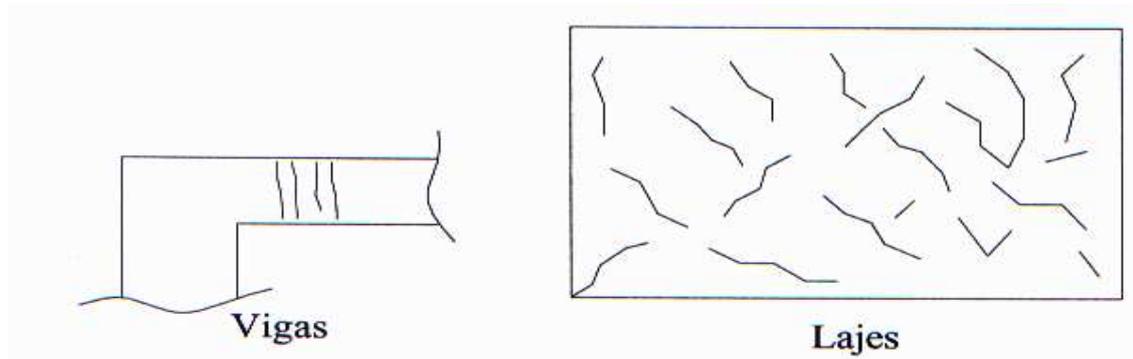


Figura 5.9 – Configuração de fissuras por retração em vigas e lajes

FONTE: Adaptado Souza e Ripper (1998, p.64)

5.7.1.6 Fissuras causadas pela retração térmica

Podem ter origem interna ou externa.

Interna: Conhecida também como ações térmicas autógenas, está associada à liberação de calor das reações de hidratação do cimento que são exotérmicas. Podem ocorrer entre um dia e três semanas após a concretagem, durante o processo de resfriamento. O resfriamento provoca a contração da peça, que quando impedida leva a fissuração. Ocorre devido ao elevado calor de hidratação, o emprego de fôrmas muito isolantes e a concretagem por camadas de grande altura.

Externa: A constante variação de temperatura ambiente provoca a movimentação de contração e dilatação nas peças das estruturas, que quando impedidos geram fissuras. Ocorre em grandes segmentos de concreto que não possui juntas de dilatação, conforme Fig. 5.10.

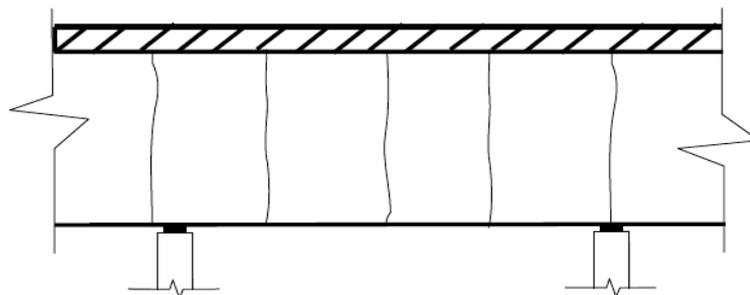


Figura 5.10 – Configuração da fissuração por retração térmica

FONTE: DNER – Manual de Inspeção de obras-de-arte especiais (1994, p.9)

5.7.1.7 Fissuras de assentamento plástico

Sua ocorrência se dá quando a presença de armadura ou da fôrma impede o assentamento do concreto, se desenvolvem ao longo do comprimento das barras da armadura, comprometendo assim gravemente a proteção das mesmas. Conforme Fig. 5.11.

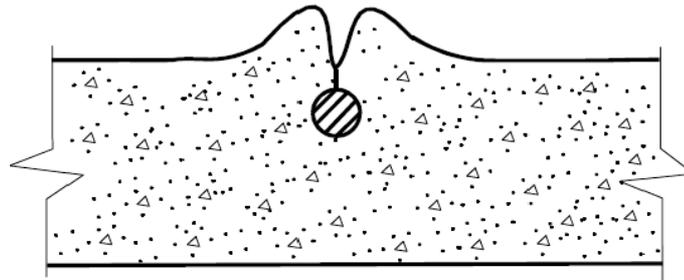


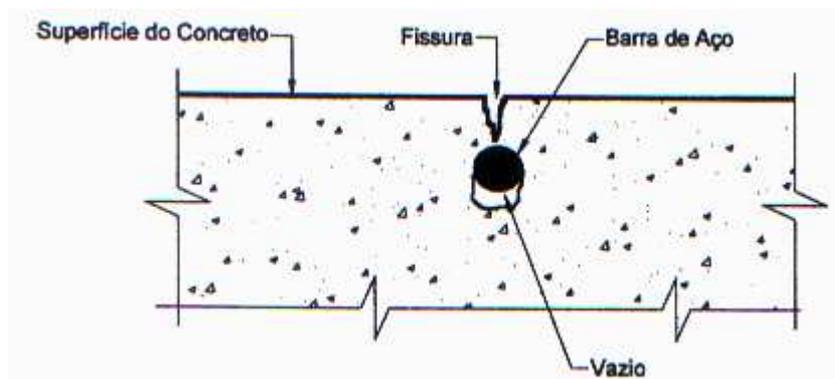
Figura 5.11 – Configuração da fissuração por assentamento plástico

FONTE: DNER – Manual de Inspeção de obras-de-arte especiais (1994, p.7)

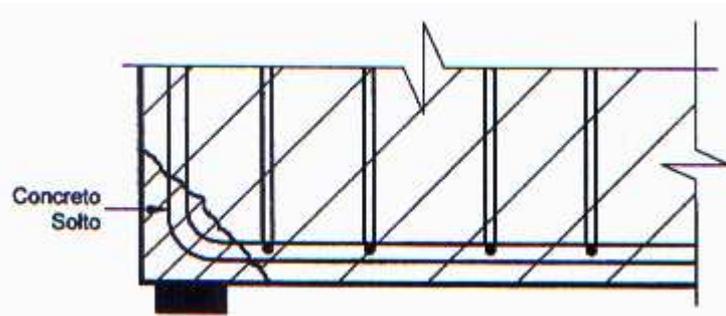
5.7.1.8 Outras configurações de fissuras

Conforme as Fig. 5.12 e Fig. 5.13, mostram outras possíveis fissuras em pontes de concreto armado.

Fissuras por formação de espaços vazios ou poros sob barras horizontais



Trincas de ruptura frágil em apoios extremos mal posicionados



Fissuras e/ou trincas em dentes de articulação: Dependendo da gravidade, há riscos de ruptura frágil.

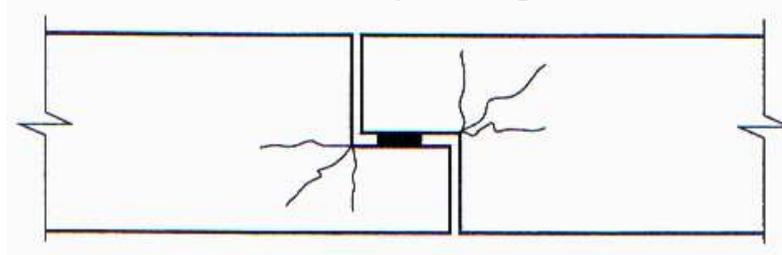


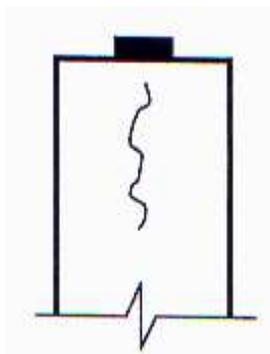
Figura 5.12 – Possíveis configurações de fissuras em pontes de concreto

FONTE: Manual do DNIT (2004, p. 58)

Pilares Isolados e Parcialmente Carregados

Seção longitudinal

Fissuras por deficiência de armadura fretagem



Seção transversal

Quebra de cantos por falta de folgas entre extremidades de placas e pilares



Pilares parede e parcialmente carregados

Fissuras por insuficiência ou ausência de armadura de fretagem e de tração no topo do pilar.

Fissuras de defasagens de concretagem: o concreto mais antigo do bloco restringe a retração do pilar.

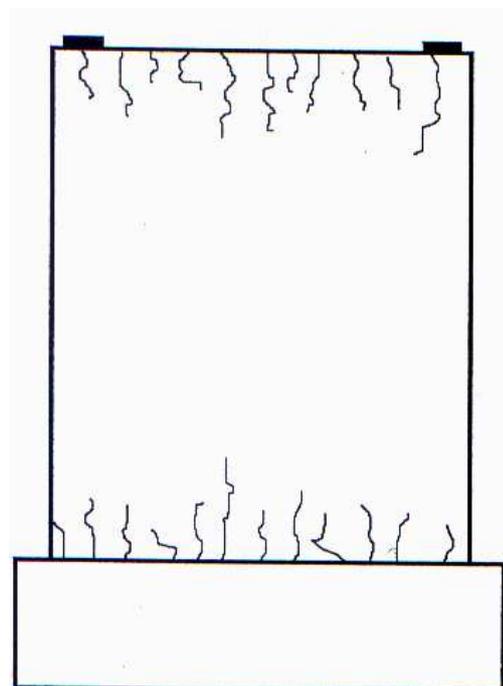


Figura 5.13– Possíveis configurações de fissuras em pilares e pontes de concreto

FONTE: Manual do DNIT (2004, p. 59)

5.7.2 Deterioração do concreto por reações químicas

As reações químicas podem resultar de interações entre agentes agressivos presentes no meio ambiente externo e na pasta de cimento ou podem resultar de reações internas, tipo reação álcali-agregado, ou da reação da hidratação retardada CaO e MgO cristalinos, se presentes em quantidade excessivas no cimento Portland, ou ainda, da corrosão eletroquímica da armadura do concreto, conforme Manual do DNIT (090-2006-ES), salientando ainda que este tipo de deterioração é manifesta através de deficiências físicas do concreto, como porosidade, permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e lascamento.

Podendo ocorrer de três formas:

- . **Lixiviação:** é a dissolução e o arrasto do hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , e outros compostos e hidratados, com a formação de estalactites e estalagmites na superfície do concreto atacado.
- . **Reação iônica:** em virtude da reação de alguns íons com substâncias químicas existentes no cimento. Os principais íons reagentes são de magnésio, amônio, cloro e de nitrato.
- . **Por expansão:** ocorrem reações dos sulfatos com os compostos do cimento. Os sulfatos mais reagentes são o amoníaco, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$, o cálcio, Ca SO_4 , o de magnésio, MgSO_4 , e o sódio, Na_2SO_4 .

5.7.3 Corrosão da armadura

Nas estruturas de concreto pode ser constatada a corrosão da armadura quando instaladas em ambiente agressivo, quando no concreto existe alta porosidade, alta capilaridade, cobrimento deficiente das armaduras, materiais de construção condenados e fissuração acentuada.

Segundo Perdrix (1992), para que os metais encontrados na natureza possam ser utilizados com adequada resistência e funcionalidades necessitam passar por um processo denominado de redução química, na qual os óxidos são expulsos resultando no metal puro. O processo inverso à redução é denominado de oxidação, onde o metal tende a associar-se novamente com óxidos, entrando em um estado natural ou de baixa energia.

Segundo a sua forma de manifestação a corrosão da armadura pode ser classificada como na Fig. 5.14.

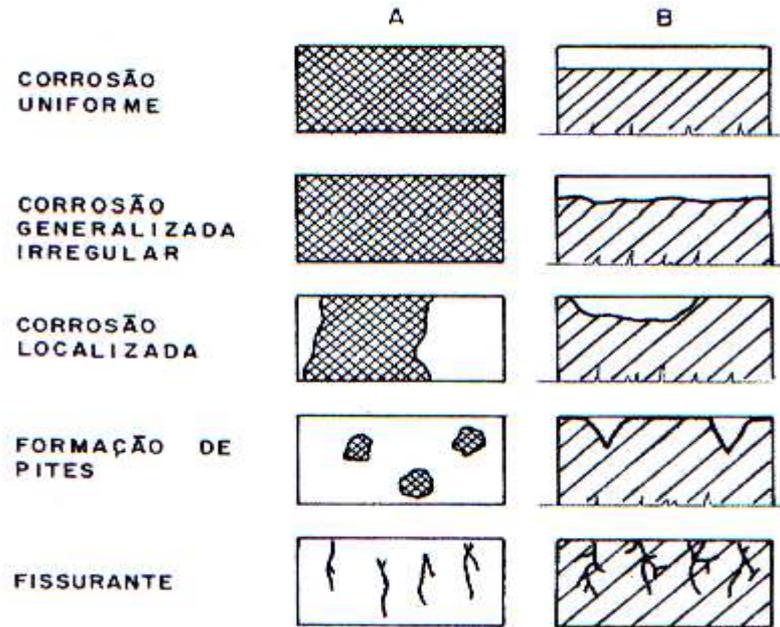


Figura 5.14– Tipologia da corrosão do aço. (A) vista superior, (B) vista lateral

FONTE: Perdrix (1992, p. 19)

Souza e Ripper (1998) destacam que a corrosão fissurante ocorre basicamente em peças sob altas tensões, principalmente iniciais, na armadura caso das estruturas protendidas. Porém Helene (2008), apresenta exemplos de corrosão sob tensão em peças de concreto armado, onde tal corrosão é perigosa, pois pode levar a estrutura à ruína de forma abrupta.

A corrosão da armadura pode ser acelerada por agentes agressivos presentes no concreto como os sulfetos, cloretos, dióxido de carbono, nitritos, gás sulfídrico, cátion amônio, os óxidos de enxofre e a fuligem.

A relação a/c que determina a porosidade específica do concreto, e a espessura do recobrimento podem ter sua influência na velocidade da carbonatação.

O aço corroído resulta na diminuição da área do aço, podendo, em elevado estado de corrosão levar a estrutura à ruína. A maneira melhor de combate a corrosão é o cuidado que deve ser tomado quando na fabricação do concreto e no respeito aos cobrimentos adequados.

5.7.4 Deterioração provocada por colisões de veículos e pelo fogo

Devido aos descuidos de alguns motoristas e até mesmo a falta de placas indicativas, os choques de veículos contra as pontes são de difícil caracterização de dimensionamento, a ocorrência acarreta deformações consideráveis e danos como o descobrimento e exposição de armaduras.

O concreto é altamente afetado nas suas propriedades químicas e físicas quando exposto a incêndios. O aquecimento da peça faz com que haja um aumento de volume gerando fortes tensões internas causando a deformação, fissuração e desagregação do concreto. Este último efeito, decorrente das diferentes propriedades térmicas dos componentes do concreto, é denominado de calcinação que, conforme Cânovas (1998), acarreta a redução tanto na resistência quanto no módulo de deformação do concreto. A Tab. 5.5, classifica o grau de calcinação segundo a coloração apresentada pelo concreto.

Tabela 5.5 – Coloração, resistência residual e módulo de deformação residual em função da temperatura.

Temperatura C	Cor do concreto	Resistência residual em % da resistência inicial	Módulo de deformação residual em % do módulo de deformação inicial
20	Cinza	100	100
200	Cinza	95	70
300	Rosa	95	50
400	Rosa	88	38
500	Rosa	75	35
600	Vermelho	55	20
900	Cinza avermelhado	10	0

FONTE: Cânovas (1998, p. 182)

Quando o concreto atinge a temperatura crítica de 720° C, facilmente alcançada em um incêndio com valores entre 1250° C e 1300° C, o aço sofre uma destruição da estrutura cristalina interna entrando no estado de plastificação. Deste modo, não está mais apto a absorver as tensões solicitantes, podendo levar a estrutura à ruína caso a temperatura não seja rapidamente reduzida.

5.7.5 Deterioração do concreto protendido

Os elementos de concreto protendido podem ainda sofrer a ação deletéria de alguns fatores bastantes conhecidos e quantificados, apresentados por Cauduro (2003):

- . Perda de aderência entre o aço tencionado e o concreto;
- . Relaxação do aço de protensão;
- . Retração do concreto;
- . Fluência do concreto;
- . Corrosão sob tensão do aço de protensão;
- . Deficiência de armadura passiva nas ancoragens.

5.8 Aparelhos de apoio

As patologias nos aparelhos de apoio prejudicam os movimentos das vigas sob efeito de variações de temperatura, frenagem e aceleração, podendo dar origem a elevadas tensões na estrutura.

Conforme o Manual do DNIT (2004) os aparelhos de apoio devem estar corretamente alinhados, livres de detritos e em correto contato. Devem ainda estar firmemente fixados, sem folgas. As possíveis patologias encontradas nos apoios podem ser:

- . Incapacidade do aparelho de apoio movimentar-se livremente por variações de temperatura;
- . Movimentação indesejada;
- . Eventuais existências de fraturas, fissuras ou deformações nos elementos do aparelho de apoio;
- . Eventuais fissuras nos berços de apoio dos aparelhos bem como na infra e superestruturas;
- . Falhas na ancoragem dos aparelhos de apoio;
- . Deficiência na proteção anticorrosiva;
- . Falta de estanqueidade das juntas da superestrutura sobre aparelhos de apoio, quando estas existirem.

5.9 Pista de rolamento

As patologias da pista de rolamento trazem interferências no tráfego e a segurança também ficam comprometidas. Destacam-se as principais patologias encontradas no Manual de Normas do DNIT (2004):

- . falta de caimento para escoamento de águas pluviais;
- . irregularidades ou rupturas da camada de revestimento ou pavimentação;
- . falhas nas juntas do tabuleiro;
- . desnível na transição do tabuleiro para o terraplano;
- . efeitos da erosão sobre o aterro.

Estas patologias, como ressaltos, depressões, desníveis de juntas, etc., produzem importantes efeitos dinâmicos, conforme Pfeil (1985). Estes efeitos são denominados de *impacto* e aumentam as solicitações das cargas móveis.

Deve-se tomar especial cuidado nos recapeamentos executados sobre as pontes, isto traz acréscimo não previsto de carga fixa sobre as mesmas, ao menos que seja retirado a capa existente.

5.10 Manutenção e inspeção de pontes

Devido à minimização de prejuízos obtidos com a inspeção e manutenção das pontes, os órgãos públicos e privados têm dado certa atenção para esta área. Segundo o Manual de Inspeção de pontes Rodoviária – DNIT (2004) são apresentadas cinco tipos de inspeções executadas nas pontes:

. **Inspeção cadastral:** realizada logo após a construção da ponte, devem-se levantar os dados de projeto e execução com fotos e identificação. Denomina-se também de cadastral a inspeção efetuada quando se executa alguma alteração na obra como um alargamento, reforço, acréscimo de comprimento e mudança no sistema estrutural.

. **Inspeção rotineira:** realizada no intervalo de um a dois anos, esta inspeção é destinada a observar qualquer anomalia no comportamento estrutural ou alterações a inspeção cadastral ou a rotineira anterior. São basicamente visuais e não necessitam de equipamento muito complexo.

. **Inspeção especial:** deve ser realizada em intervalos máximos de cinco anos, em pontes de grande porte e nas de comportamento problemático. Pode ser solicitada por uma inspeção rotineira. Nesta inspeção, o inspetor deve ser altamente minucioso e adquirir um amplo acervo fotográfico.

. **Inspeção extraordinária:** esta é uma inspeção não programada, pois deve ser realizada quando há danos repentinos a estrutura, provocado pelo homem ou meio ambiente.

. **Inspeção intermediária:** é uma inspeção realizada para verificar algum efeito do qual se tenha suspeita, como um recalque de fundação, uma erosão incipiente, um encontro parcialmente descalçado ou o estado de um determinado elemento estrutural.

5.10.1 Programas de Manutenções

Em análises obtidas por estas inspeções podem ser estabelecidos programas de manutenção estrutural, como indicado por Pfeil (1985). O trabalho de conservação das pontes envolve tarefas como: correção de pequenas falhas, limpeza e drenagem de pista, juntas, apoios, correções nos aparelhos de apoio, reparos em guarda-corpos e reparos na pista de rolamento sem acréscimo de espessura. Para a correção de reparo e reforço estrutural será necessária a elaboração de projetos.

A manutenção estrutural e a prevenção de patologias estão intimamente relacionadas. O desgaste de uma estrutura é contínuo por estar sujeita a agentes degradantes e desgastes naturais da sua própria utilização. Com base neste ponto, podem-se adotar dois procedimentos para manutenção da estrutura como mostra a Fig. 5.15.

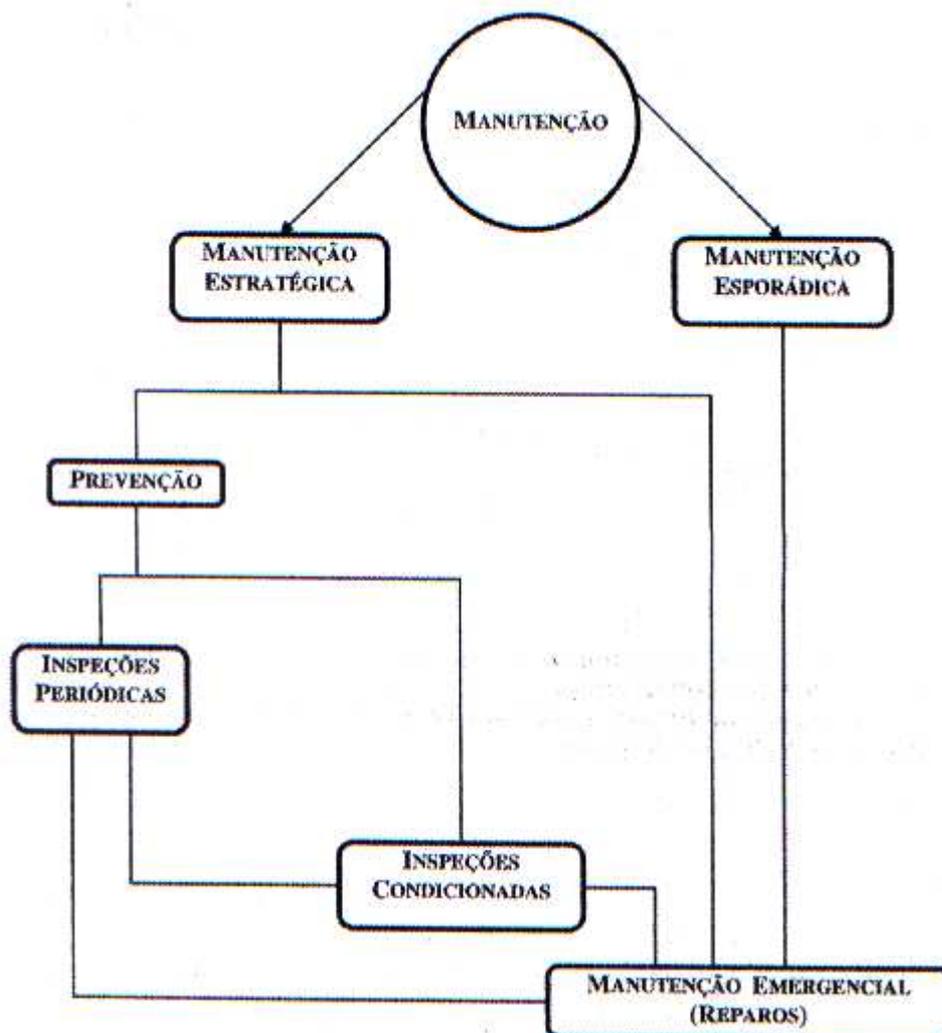


Figura 5.15– Formas de manutenção estrutural

FONTE: Souza e Ripper (1998, p. 231)

Na manutenção estratégica existe um controle contínuo e planejado de inspeções, limpezas e pequenos procedimentos de reparo para que um estado patológico mais grave não seja estabelecido. Estas inspeções terão como guia um cronograma definido, sendo que eventualmente poderá ser realizada alguma inspeção de cunho condicional e mais aprofundada que as rotineiras. Já a manutenção esporádica é caracterizada pela ausência de um programa de manutenção e prevenção patológica. Sua ocorrência geralmente é fruto de denúncias e reclamações.

Com a ciência de que os custos variam de acordo com a localização em que a obra está inserida, segue abaixo conforme a Fig. 5.16, um comparativo, de maneira geral, de custos da manutenção preventiva com os custos da manutenção corretiva.

É claramente perceptível que os trabalhos de manutenção não possuem o mesmo privilégio que os de projeto ou de construção original e, talvez por isso, recebem ainda certas resistências dos responsáveis. Observa-se então na Fig. 5.16 a vantagem de adotar-se um programa de manutenção preventiva ao analisar o custo oriundo de tratamento corretivo.

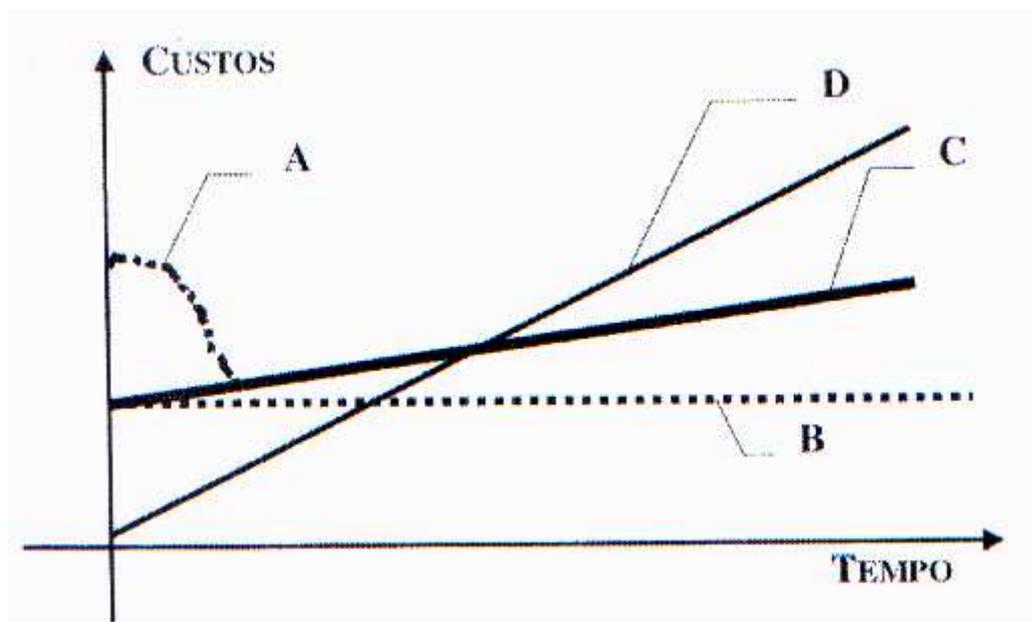


Figura 5.16 – Comparativo de custos de manutenção

FONTE: Souza e Ripper (1998, p. 232)

- A – Custo de reparação de defeitos originais, de projetos ou construção.**
- B – Custo fixo de um sistema de inspeções programadas.**
- C – Custo de um sistema de manutenção estratégica, com base no resultado das inspeções programadas.**

D – Custo de manutenção esporádica, sem inspeções.

5.10.2 Avaliação do risco de ruptura devido à presença de patologias

Segundo cada tipo de estrutura, há diversos riscos de ruptura das estruturas em função do grau de patologia que elas se encontram. Segundo Pfeil (1985) segue abaixo algumas ocorrências graves em estruturas de concreto armado ou protendido que podem resultar em colapso.

- . Corrosão avançada das armaduras;
- . Fissuras de cisalhamento nas proximidades dos apoios;
- . Má posição ou insuficiência dos apoios;
- . Fissuras em pilares;
- . Vigas Geber fissuradas e esmagadas nos dentes.

6. ESTUDOS PRÁTICOS

O diagnóstico preciso das patologias revelará não somente a causa do problema, mas também os responsáveis para que tal problema tenha ocorrido. Helene (1992) afirma que a identificação dos responsáveis valerá para fins judiciais. Todo e qualquer diagnóstico patológico deve ser embasado em análises cuidadosas e adequada dos mecanismos de formação e manifestação das mesmas. Neste trabalho de conclusão de curso, realizamos uma pesquisa prática em campo para analisarmos como estão as pontes rodoviárias existentes nas rodovias estaduais do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER-SP sob concessão. Estas rodovias estão concedidas à Empresa Renovias Concessionária S/A, onde obtivemos os dados de inspeção especial das patologias existentes nas obras. No total foram analisadas 16 obras nas diversas rodovias administradas pela Concessionária.

6.1 Relatório de vistoria das obras

Denominam-se relatórios os resumos fotográficos idealizados das principais patologias constatadas nas obras, os dados desses resumos foram obtidos através de relatórios de inspeção especial concedidos pela Empresa Concessionária Renovias S/A. Esses relatórios foram executados por empresa técnica especializada denominada Tecpont Engenharia de Projetos S/A Ltda. A especificação das obras, as fotos e as demais informações se encontram no final do trabalho conforme anexo.

6.2 Localização das obras

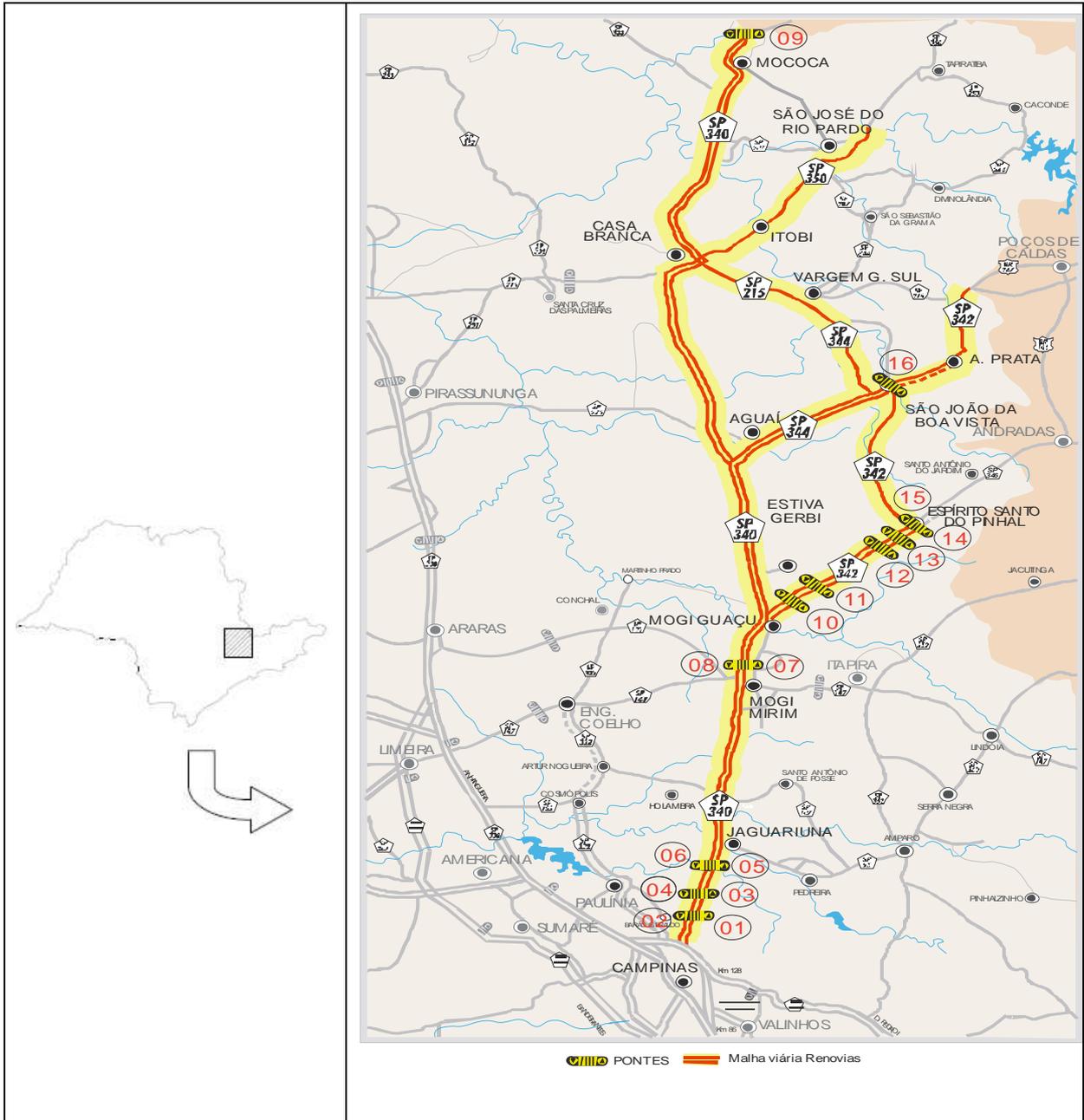
As obras utilizadas neste trabalho de pesquisa foram as disponibilizadas pela concessionária, conforme Tab. 6.1 segue abaixo detalhadamente os dados dos locais das pontes rodoviárias com o nome da rodovia, o quilometro, a pista, a cidade e o tipo de transposição que ela está submetida.

Tabela 6.1 – Relação das pontes rodoviárias estuda

	Rodovia	km	Pista	Cidade	Transposição
01	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	116+500	Norte	Campinas	Via secundária
02	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	116+500	Sul	Campinas	Via secundária
03	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	118+500	Norte	Campinas	Via secundária
04	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	118+500	Sul	Campinas	Via secundária
05	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	127+300	Norte	Jaguariúna	Rio Atibaia
06	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	127+300	Sul	Jaguariúna	Rio Atibaia
07	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	159+000	Norte	Mogi Mirim	Via secundária
08	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	159+000	Sul	Mogi Mirim	Via secundária
09	SP 340–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	281+770	Norte e Sul	Mococa	Rio Canoas
10	SP 342–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	172+950	Leste	Mogi Guaçu	Via secundária
11	SP 342–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	178+100	Leste	Mogi Guaçu	Córrego Pantanal
12	SP 342–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	196+030	Leste	Espírito Santo do Pinhal	Ribeirão dos Porcos
13	SP 342–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	194+950	Leste	Espírito Santo do Pinhal	Ribeirão da Mota
14	SP 342–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	200+400	Leste	Espírito Santo do Pinhal	Via secundária
15	SP 342–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	200+400	Oeste	Espírito Santo do Pinhal	Via secundária
16	SP 342–Gov. Dr. Adhemar P. de Barros	226+300	Leste e Oeste	São João da Boa Vista	Via secundária

FONTE: Adaptado da Renovias Concessionária S/A

Conforme Fig. 6.1 segue abaixo a localização das pontes rodoviárias dentro do estado de São Paulo, observa-se que na SP 342 (Gov. Doutor Adhemar P. de Barros), que faz ligação viária entre o município de Mogi Guaçu e Espírito Santo do Pinhal é o local onde se encontra a maioria das obras, isto se dá pelo fato de que esta rodovia foi recentemente incorporada no lote de concessão e estão sendo executadas as devidas restaurações nas obras-de-arte especiais.



FONTE: Renovias Concessionária S/A - Adaptado

Figura 6.1 – Localização das pontes estudadas neste trabalho

6.3 Análise dos dados

Com os relatórios fotográficos e as descrições técnicas das patologias estruturais destacadas sobre elas, foram agrupados os dados conforme suas patologias correspondentes e identificando as patologias principais em todas as obras. Com esses dados pode-se observar qual parte da estrutura é mais agredida por patologias, conforme pode ser vista nas tabelas a seguir.

6.4 Resultados e discussões

Sob cuidadosa análise dos 16 relatórios de inspeção especial obtido da concessionária, verificou que todas as pontes rodoviárias apresentam patologias estruturais, algumas consideradas críticas, outras moderadas e outras leves. Porém toda e qualquer patologia, independente de seu estágio deve receber a correspondente terapia a fim de que seja sanado o mais rápido possível, evitando assim surpresas desagradáveis a seus usuários.

Para melhor interpretação das patologias, dividiremos as estruturas em partes como já visto no início deste trabalho, tais como:

- . **Superestrutura:** Compreenderá: vigas (longarinas e transversinas) e tabuleiros;
- . **Mesoestrutura:** Pilares e encontros (alas e cortinas);
- . **Infra-estrutura:** Blocos, estacas e tubulões (que não é objeto de nosso estudo).

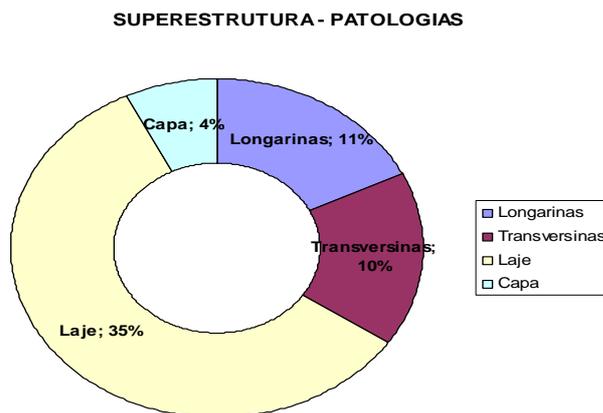
Entre a superestrutura e a mesoestrutura encontram-se os aparelhos de apoio, cuja função é permitir os movimentos da superestrutura e transmitir as cargas para os pilares e encontros. Em todas as obras vistoriadas neste trabalho os aparelhos de apoio segundo os relatórios, se encontram em bom estado de utilização.

Analisando a superestrutura observa-se que o local mais patológico é a estrutura da laje e em seguida as vigas. Apesar da elevada espessura da capa se encontrar em pequena porcentagem, é obtido um alto índice individualmente acarretando assim sérios danos em toda a estrutura. Foi escolhida dez das principais patologias ocorridas, e na coluna (qtd) colocada às quantidades de obras afetadas. Na resultante temos o total de obras afetadas divididas por cento e sessenta (160) para obtermos a porcentagem total da peça. Conforme Tab. 6.2 e Fig. 6.2.

Tabela 6.2 – Patologias existentes na superestrutura

SUPERESTRUTURA								
Patologias	Vigas				Tabuleiro			
	Longarinas (Qtd)	(%)	Transversinas (Qtd)	(%)	Laje (Qtd)	(%)	Capa (Qtd)	(%)
Concreto desagregado		0%		0%	8	50%		0%
Armadura exposta	6	38%	2	13%	10	63%		0%
Infiltração de água		0%		0%	10	63%		0%
Carbonatação	1	6%		0%	6	38%		0%
Concreto segregado	1	6%	6	38%	4	25%		0%
Água empoçada		0%		0%	2	13%		0%
Região com umidade	1	6%		0%	2	13%		0%
Formação de estalactite		0%		0%	4	25%		0%
Espessura elevada		0%		0%		0%	7	44%
Fissuras	8	50%	8	50%	10	63%		0%
TOTAL	17	11%	16	10%	56	35%	7	4%

FONTE: Adaptado Renovias Concessionária S/A

**Figura 6.2 – Gráfico de existência de patologias**

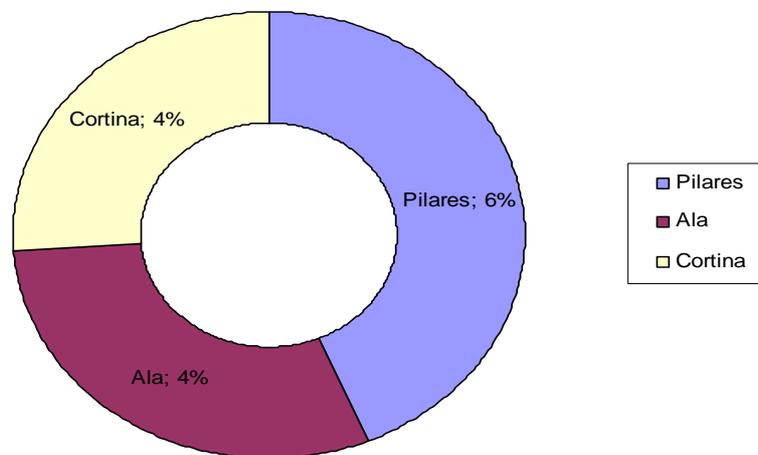
FONTE: Adaptado Renovias Concessionária S/A

Analisando a mesoestrutura observa-se conforme Tab. 6.3 e Fig. 6.3 que tanto os pilares, as alas e as cortinas, são bastante equilibrados, isto observando a porcentagem total em relação a todas as obras inspecionadas. Quando analisamos a porcentagem individual vemos que nos pilares há ocorrência de infiltração de água em maior destaque e a existência de fissuras. Nas alas existe armadura exposta e concreto segregado conseqüentemente. Nas cortinas se destaca armadura exposta e logo em seguida a existência de fissuras. Foi escolhida dez das principais patologias ocorridas, e na coluna (qtd) colocada às quantidades de obras afetadas. Na resultante temos o total de obras afetadas divididas por cento e sessenta (160) para obtermos a porcentagem total da peça. Conforme Tab. 6.3 e Fig. 6.3.

Tabela 6.3 – Patologias existentes na mesoestrutura

MESOESTRUTURA						
Patologias	Pilares (Qtd)	(%)	Encontros			
			Ala (Qtd)	(%)	Cortina (Qtd)	(%)
Concreto desagregado	1	6%	2	13%		0%
Armadura exposta oxidada	1	6%	3	19%	3	19%
Infiltração de água	4	25%		0%		0%
Carbonatação		0%		0%		0%
Concreto segregado	1	6%	1	6%	1	6%
Água empoçada		0%		0%		0%
Região com umidade		0%		0%		0%
Desgaste do concreto por abrasão	1	6%		0%		0%
Formação de estalactite		0%		0%		0%
Fissuras	2	13%	1	6%	2	13%
TOTAL	10	6%	7	4%	6	4%

FONTE: Adaptado Renovias Concessionária S/A

MESOESTRUTURA - PATOLOGIAS**Figura 6.3 – Gráfico de existência de patologias**

FONTE: Adaptado Renovias Concessionária S/A

CONCLUSÃO

A importância de um projeto elaborado em princípios sólidos, envolvendo uma equipe técnica em diversas áreas para que os pontos de interferência sejam todos avaliados, resulta na execução de projeto funcional, econômico, estético e ambiental. A segurança estrutural definida em projeto, bem como um programa de inspeção e manutenção durante a vida útil da obra, são fatores importantíssimos para que os quadros patológicos das pontes rodoviárias possam ser modificados.

No tocante à durabilidade, observa-se que as patologias estudadas afetam as estruturas drasticamente, e quando não se dispõem de um programa de inspeção e manutenção, o pequeno problema pode-se tornar um grande problema, isto se deve ao fato de que devido ao surgimento de patologias em um determinado local, se não aplicado à terapia, este tipo de problema acarretará o surgimento de outras patologias que reduzirão ainda mais a vida útil da estrutura. Portanto, é de fundamental importância que as etapas nas quais uma ponte rodoviária estará envolvida, desde o projeto até a sua utilização, sejam cumpridas corretamente de forma a garantirem ineficiências, reduzindo assim ao máximo futuras intervenções.

No aspecto prático do presente trabalho, observamos que nenhuma estrutura está livre de surgir patologia, até mesmo naquelas em que houve controle tecnológico, isto ocorre devido ao meio em que as obras estão inseridas. As obras analisadas neste trabalho fazem parte de uma minoria das obras de todo o país que possuem um programa de inspeção e manutenção. A maioria delas já foi restaurada e/ou reforçadas, mas é possível observar o estado em que elas se encontravam, concreto segregado, armaduras expostas oxidadas, fissuras, infiltrações, carbonatações e concreto deslocados.

Conclui-se que a melhor alternativa para evitar os estados patológicos é a prevenção. Prevenção esta, gerada não somente por um projeto ou uma execução dentro dos parâmetros de qualidade, mas principalmente por um programa de manutenção estrutural. Estes programas possuem papel importante em qualquer estrutura, facilitando as verificações dos estados de deterioração estrutural e favorecendo a redução de custos dos tratamentos. Esses procedimentos com certeza evitarão a formação de patologias acentuadas e generalizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 7187. Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 7188. Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Rio de Janeiro, 1982.

_____. NBR 6123. Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. NBR 7480. Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 8681. Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. Manual de projeto de obras-de-arte especiais. Rio de Janeiro, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.

PFEIL, Walter. Pontes em concreto armado v.1 e v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1985.

CÂNOVAS, M.F. Patologia e terapia do concreto armado, São Paulo: PINI, 1988.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1988.

EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. Pontes de Concreto. São Carlos, USP – Universidade São Paulo, 2003. Notas de aula.

HELENE, Paulo R. L. Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. 2ªed. São Paulo: Pini, 1992.

LEONHARDT, F. Construções de Concreto v. 6. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

MARCHETTI, O. Pontes de Concreto Armado. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

MASON, J. Pontes em Concreto Armado e Protendido. Rio de Janeiro: LTC, 1977.

PERDRIX, C.A. Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras. Trad. Carmona, Antonio; Helene, Paulo R. São Paulo: Pini, 1992.

PINHO, F.O.;BELLEI, I. H. Pontes e Viadutos em Vigas Mistas. Rio de Janeiro: CBCA, 2007.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M., Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

SORIANO, J. Patologias das Construções. Itatiba, USF – Universidade São Francisco, agosto 2004. Notas de aula.

THOMAZ, E. Trincas em Edifícios. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1989.

SILVA, P. F. A. Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente em Atmosfera Urbana. São Paulo: Pini, 1995.

ANEXOS – RELATÓRIOS FOTOGRÁFICOS DAS PONTES

PONTE – 01 – SP 340 km 116+500 – PISTA NORTE

INSPEÇÃO ESPECIAL **OAE:** Viaduto de retorno no km 116+500 – Cond. Alphaville – Pista norte

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 29/10/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP-340	Sentido: Norte
Obra: Viaduto de retorno – Condomínio Alphaville	Km: 116+500

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 vão	Comprimento total: 8,58 m
Pilares: Apoio em muros de arrimo c/ fundação direta	Vigas: não possui
Largura do Tabuleiro: 14,00 m	Juntas de Dilatação: -
Tabuleiro tipo: Laje maciça	Vão tipo: Isostático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: articulação fixa
Obs.: Gabarito vertical mínimo: 4,76 m junto ao canteiro central	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): Dezembro de 2005

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com braço articulado e cesto aéreo.

Descrição das anomalias: Fissuras, trechos de concreto segregado e armadura exposta na laje. Fissuras e infiltração no muro sul. Trincas e concreto quebrado no topo da ala localizados junto ao suporte dos dutos do lado norte. Trincas e concreto rompido na barreira do lado leste no encontro do lado de Campinas.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: A4	Funcional: A4	Durabilidade: A4
FONTE: Renovias Concessionária S/A		

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Detalhe da articulação do muro sul com manchas de infiltração próximo da articulação



FOTO 2 – Detalhe de concreto segregado e armadura exposta na laje junto à articulação no muro sul



FOTO 3 – Vista inferior da laje do lado leste. Intenso grau de fissuração, entretanto, todas com aberturas menores que 0,3 mm.



FOTO 4 – Vista inferior da laje no trecho central. O número de fissuras é maior do lado esquerdo (lado leste).

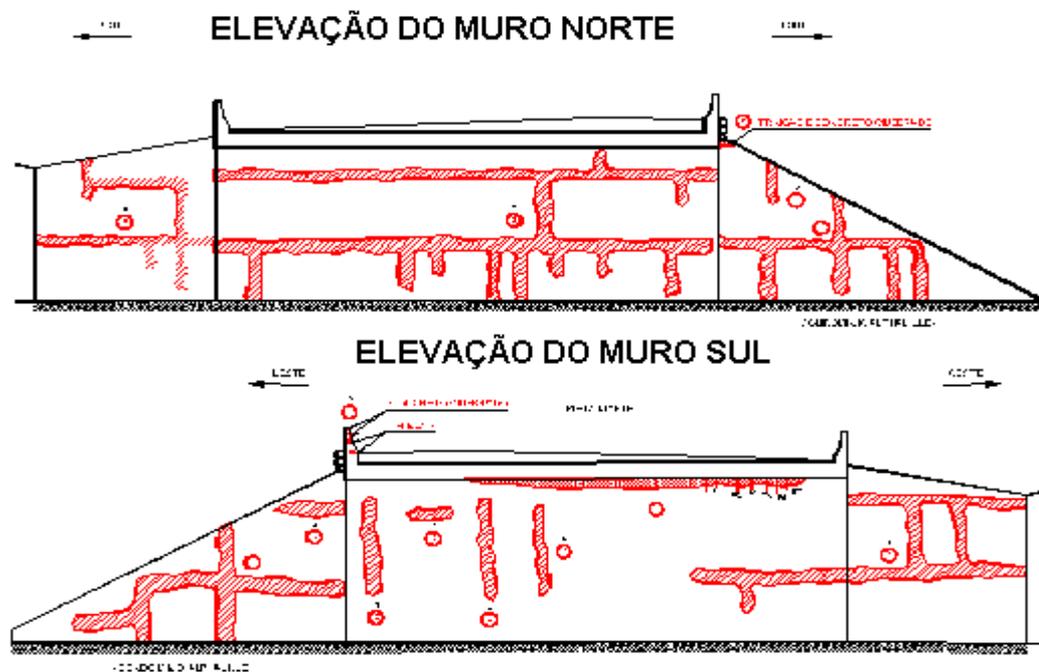


Fig. 5 – Locais das anomalias existentes na obra. Reparos e infiltração de água

PONTE – 02– SP 340 km 116+500 – PISTA SUL

INSPEÇÃO ESPECIAL **OAE:** Viaduto de retorno no km 116+500 – Cond. Alphaville – Pista sul

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 29/10/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP-340	Sentido: Sul
Obra: Viaduto de retorno – Condomínio Alphaville	Km: 116+500

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 vão	Comprimento total: 8,58 m
Pilares: Apoio em muros de arrimo c/ fundação direta	Vigas: não possui
Largura do Tabuleiro: 14,00 m	Juntas de Dilatação: -
Tabuleiro tipo: Laje maciça	Vão tipo: Isostático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: articulação fixa
Obs.: Gabarito vertical mínimo: 4,75 m junto ao canteiro central	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): Dezembro de 2005

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com braço articulado e cesto aéreo.

Descrição das anomalias: Fissuras, trechos de concreto segregado, armadura exposta e infiltração na laje.

Fissuras no muro sul junto a articulação. Reparos e três trechos com deslocamentos.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: A4	Funcional: A4	Durabilidade: A4
----------------	---------------	------------------

FONTE: Renovias Concessionária S/A

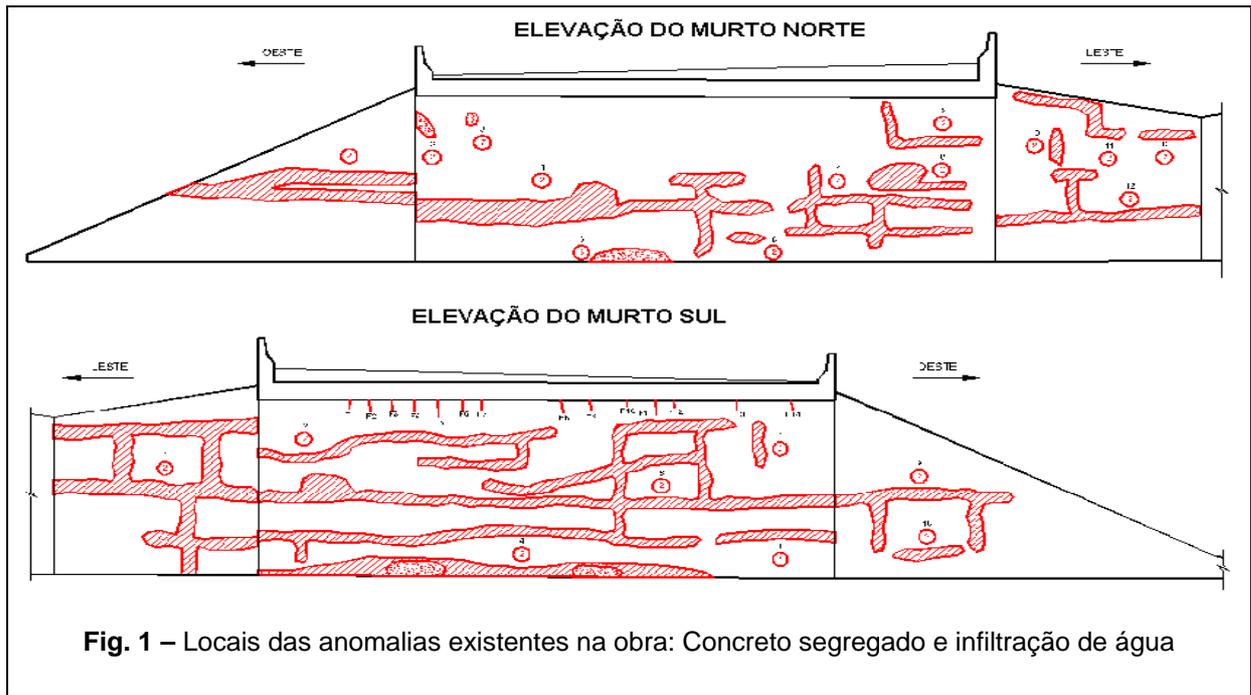
RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Vista da laje no lado leste. Junto ao bordo o grau de fissuração é menor.



FOTO 2 – Vista da laje no trecho central, lado leste. Notar o grande número de fissuras com aberturas menores que 0,3 mm



PONTE – 03 – SP 340 km 118+500 – PISTA NORTE

INSPEÇÃO ESPECIAL OAE: Viaduto de retorno no km 118+500 – P.A. Tecnologia – Pista norte

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 04/12/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP-340	Sentido: Norte
Obra: Viaduto de retorno – Pólo Alta Tecnologia	Km: 118+500

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 vão	Comprimento total: 8,58 m
Pilares: Apoio em muros de arrimo c/ fundação direta	Vigas: não possui
Largura do Tabuleiro: variável de 13,96 a 14,03 m	Juntas de Dilatação: -
Tabuleiro tipo: Laje maciça	Vão tipo: Isostático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: articulação fixa
Obs.: Gabarito vertical mínimo: 4,87 m junto ao canteiro central	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): Dezembro de 2005

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com braço articulado e cesto aéreo.

Descrição das anomalias: A laje tem tratamento superficial que dificulta a visualização de possíveis fissuras. Existe um trecho com marca de infiltração na articulação, fissura com infiltração e abertura de 0,3 mm, trecho com armadura exposta na lateral oeste e pequenas fissuras de retração. Trecho com concreto segregado no muro norte. Trincas e concreto quebrado no topo da ala localizados junto ao suporte dos dutos do lado norte. Trecho com concreto segregado e armadura exposta na junta do muro com a ala do canteiro central no lado sul. A obra não possui pingadeiras o que provoca mancha d'água nos bordos inferiores.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: A4	Funcional: A4	Durabilidade: A4
----------------	---------------	------------------

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

FOTO 1 – Vista da laje. Nota-se as marcas de escorrimento d'água devido à ausência de pingadeira.



FOTO 2 – Detalhe de concreto segregado e armaduras expostas na junta do muro com a ala do canteiro.



FOTO 3 – Marca de infiltração na articulação



FOTO 4 – Fissura na laje com abertura de 0,3 mm com infiltração.



FOTO 5 – Pequenas fissuras de retração no bordo da laje e manchas d'água.

PONTE – 04 – SP 340 km 118+500 – PISTA SUL

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: Viaduto de retorno no km 118+500 – P.A. Tecnologia – Pista sul

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 04/12/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP-340	Sentido: Sul
Obra: Viaduto de retorno – Pólo Alta Tecnologia	Km: 118+500

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 vão	Comprimento total: 8,37 m
Pilares: Apoio em muros de arrimo c/ fundação direta	Vigas: não possui
Largura do Tabuleiro: 14,03 m	Juntas de Dilatação: -
Tabuleiro tipo: Laje maciça	Vão tipo: Isostático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: articulação fixa
Obs.: Gabarito vertical mínimo: 4,82 m junto ao canteiro central	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): Dezembro de 2005

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com braço articulado e cesto aéreo.

Descrição das anomalias: A laje tem tratamento superficial que dificulta a visualização de fissuras. Na laje foram encontradas fissuras com abertura de 0,1 mm. Manchas d'água devido à ausência de pingadeira nos bordos da laje. Fissura de abertura 0,1 mm no muro norte perto da junta com a ala.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: A4	Funcional: A4	Durabilidade: A4
----------------	---------------	------------------

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Vista da laje. Nota-se as marcas de escorrimento d'água devido à ausência de pingadeira.



FOTO 2 – Fissura com abertura de 0,1 mm na laje. A anomalia só foi identificada após remoção manual do revestimento.



FOTO 3 – Trincas transversais com sinais de carbonatação do concreto e formação de estalactite em pontos isolados ao longo do passeio.



FOTO 4 – Face inferior da laje do passeio, do lado do acostamento, onde as áreas ao redor dos buzinetes dos drenos apresentam deterioração do concreto e armadura exposta devido a ausência de tubos extensores nestes drenos.



FOTO 5 – Vista lateral externa da Viga V1, apresentando trincas e fissuras ($w = 0,2 \text{ mm} / 0,5 \text{ mm}$).



FOTO 6 – Área de concreto desagregado, com armadura exposta em estado avançado de corrosão.



FOTO 7 – Áreas com a superfície da viga lixiviadas devido ao escoamento das águas pelos buzinetes



FOTO 8 – Vista da travessa do apoio AP3 apresentando desalinhamento do eixo das vigas em relação ao eixo dos pilares.

PONTE – 06 – SP 340 km 127+300 – PISTA SUL

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: Ponte sobre o rio Atibaia - Pista Sul

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 10/08/2004

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 - Localização

Rodovia: SP-340	Sentido: Pista Sul
Obra: Ponte sobre o rio Atibaia	Km: 127+300

2 – Descrição da obra

Vãos: 2 vãos de 20 m, 1 vão de 25 m e 2 bal. de 5 m	Comprimento total: 75,00 m
Pilares: 2 pilares circulares por apoio em pórtico	Vigas: 2 vigas de CA moldadas no local
Largura do Tabuleiro: 13,05 m	Juntas de Dilatação: -
Tabuleiro tipo: Seção π	Vãos tipo: hiperestático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio :tipo articulação Freyssinet

Observações: Fundação em tubulões. As transversinas não são interligadas com a laje.

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Rotineira): 10/11/2003

Recursos de Aproximação empregados: Guindaste Hiab 500, com cesto metálico p/ duas pessoas.

Descrição das anomalias: Excentricidade no alinhamento das vigas com o topo dos pilares, trincas transversais nos balanços laterais, refletindo no passeio, permitindo a infiltração de água, fissuras transversais com carbonatação na laje, áreas de concreto desagregado com armadura exposta e oxidada na laje do passeio, trincas e fissuras nas vigas, chegando a 0,9mm no meio do vão central, áreas de concreto segregado em pontos isolados e áreas de movimentação de forma na época da concretagem. Erosão e solapamento dos aterros dos encontros em pontos localizados.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: C2 Funcional: C2 Durabilidade: B3

FONTA: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Detalhe da camada de pavimento de concreto asfáltico com aproximadamente 4 cm sobre o passeio junto ao refúgio ao longo da obra, somando cerca de 19 cm de espessura de concreto asfáltico.



FOTO 2 – Trincas transversais com sinais de carbonatação do concreto e formação de estalactite em pontos isolados ao longo do passeio



FOTO 3 – Detalhe da área de concreto desagregado, com armadura exposta em processo de corrosão



FOTO 4 – Áreas com a superfície da viga lixiviadas devido ao escoamento das águas pelos buzinetes.



FOTO 5 – Vista lateral externa da Viga V2, na região da transversina T4, apresentando trincas e fissuras de até 0,8 e com 0,9 mm no eixo da viga.



FOTO 6 – Vista da travessa do apoio AP2 apresentando desalinhamento do eixo das vigas em relação ao eixo dos pilares.

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Detalhe do degrau do pavimento existente com 17cm de espessura, no lado esquerdos, sentidos Campinas.



FOTO 2 – Detalhe das fissuras atingindo a face inferior da viga V2.



FOTO 3 – Detalhe da face interna da viga V1, com trincas e fissuras entre as transversinas T4 e T5.



FOTO 4 - Vista externa da viga V2 sobre o apoio AP2, com trincas, carbonatação e armadura exposta em processo de oxidação.



FOTO 5 – Detalhe de concreto segregado e armadura exposta em processo de oxidação, na cortina C1.



FOTO 6 – Detalhe de fissuras na cortina C2.

PONTE – 09 – SP 340 km 281+770

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: Ponte sobre o Rio Canoas

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 21/07/2004

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP 340	Sentido: Pista Norte/Sul
Obra: Ponte sobre o Rio Canoas	Km: 281+770

2 – Descrição da obra

Pilares: 4 x2 tubulões de 1,20 m de diâmetro	Vigas: 6 vigas de C.A. contínuas moldadas no local
Largura do Tabuleiro: 14,00 m	Juntas de Dilatação: -
Tabuleiro tipo: Seção caixa de células múltiplas	Vãos tipo: Hiperestáticos
Classe: Veículo de 36 tf	
Aparelho de Apoio: Neoprene fretado	
Observações: Projeto de 1970	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Rotineira): dezembro/2003

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com lança telescópica articulada e andaimes

Descrição das anomalias: Plataforma com pavimento de concreto danificado e pavimento asfáltico no encontro

lado MG danificado. Fissuras de 0,05 mm nas vigas e fissuras de até 0,4 mm com infiltração nas lajes de fundo do caixaão, alguns drenos obstruídos, concreto segregado, armaduras expostas e ausência de barreiras rígidas.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: B3	Funcional: C2	Durabilidade: B3
----------------	---------------	------------------

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Foto 1 – Pavimento de concreto simples danificado sobre o tabuleiro já preenchido com massa asfáltica anteriormente.



Foto 2 – Mancha devido à infiltração pelo dreno degradando o concreto da viga Vista lateral esquerda, sentido MG/SP.



Foto 3 – Área de infiltração escorrendo pela face da viga na laje em balanço, degradando o concreto



Foto 4 – Armadura exposta e oxidada na laje em balanço do 3º vão, lado direito. Mancha provocada por infiltração.



Foto 5 – Fissuras de ordem 0,05 mm na viga, região do apoio 3, lado direito. O aparelho de apoio de neoprene fretado se encontra em bom estado.



Foto 6 - Armadura exposta e oxidada na laje em balanço, vão 1 lado esquerdo



Foto 7 – Laje superior onde se encontram áreas com armadura exposta e concreto desagregado devido a insuficiência de cobrimento. (Dentro do caixão perdido inteiro c/ armadura exposta)



Foto 8 – Vista da janela de acesso ao interior da célula, onde se verifica que a trinca com abertura de 0,4 mm atravessa a laje de fundo.



Foto 9 - Trincas de 0,4 mm com infiltração na laje de fundo.



Foto 10 - Detalhe do aparelho de neoprene fretado posicionado normal ao eixo da travessa do apoio 2, diferindo do projeto.



Foto 11 – Armadura exposta e concreto destacado na cortina e ala de contenção no encontro de SP, lado esquerdo



Foto 12 – Vista do apoio 4 com os sacos instalados para contenção do aterro de encontro, lado MG.

PONTE – 10 – SP 342 km 172+950 – PISTA LESTE

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: Viaduto no km 172+950 Leste

CONCESSIONÁRIA

DATA DE INSPEÇÃO: 17/07/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 - Localização

Rodovia: SP 342	Sentido: Leste/Oeste
Obra: Viaduto de Acesso a Mogi-Guaçu – Pista leste	Km: 172+950

2 – Descrição da obra

Vãos: Dois balanços e um vão	Comprimento total: 40,00 m
Apoios: 2 cada um com 2 tubulões e travessa	Vigas: 2 em seção T com talão
Largura do Tabuleiro: 14,00 m	Juntas de Dilatação: não possui
Tabuleiro tipo: Seção π em concreto armado	Vão tipo: isostático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: neoprene
Observações:	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): dezembro de 2005

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com braço articulado e cesto aéreo

Descrição das anomalias: Fissuração, ninhos de pedra, armaduras expostas e infiltração. Ausência de escada de drenagem e problemas na funcionais na plataforma.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: C2	Funcional: A4	Durabilidade: B3
----------------	---------------	------------------

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Vista V2 e laje do balanço, sentido Mogi-Guaçu



FOTO 2 – Vista do apoio AP2, V2 externa e cortina C2, lado Pinhal, face sul.



PONTE – 11 – SP 342 km 178+100 – PISTA LESTE

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: Ponte sobre o Córrego Pantanal

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 09/12/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 - Localização

Rodovia: SP-342

Sentido: Pista Leste

Obra: Ponte sobre o Córrego Pantanal

km: 178+100

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 Vão de 6,70 m + 2 Balanços de 1,66 m

Comprimento total: 10,02 m

Pilares: - 2 por apoio - circulares

Vigas:

Largura do Tabuleiro: 9,00 m

Juntas de Dilatação: não possui

Tabuleiro tipo: laje

Vãos tipo: Isostático

Classe: Veículo de 24 tf

Aparelhos de apoio: placas de chumbo

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Rotineira): 17/11/2006

Descrição das anomalias: Não foram encontradas anomalias que pudessem por a obra em risco, porém existem diversas áreas com armaduras expostas que podem comprometer a vida útil da obra. A obra não possui acostamento. As canaletas de drenagem necessitam de reformulação

4 – Classificação da OAE

Estrutural: B3

Funcional: C2

Durabilidade: C2

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Foto 1 – Vista inferior da laje com áreas de concreto desagregado e armadura exposta



Foto 2 – Detalhe de vista inferior da laje em área de concreto desagregado junto a ponto de drenagem sem pingadeira



Foto 3 – Detalhe de armadura exposta e concreto deslocado na face inferior da laje do lado direito, próximo ao apoio 2



Foto 4 – Área de armadura exposta e concreto segregado na face inferior da cortina C2 do lado Pinhal

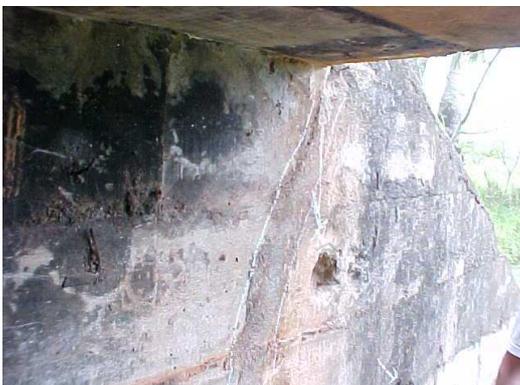


Foto 5 – Detalhe da trinca existente na Cortina C2 e pontos de armadura exposta e concreto deslocado na face inferior da ala do lado esquerdo



Foto 6 – Detalhe de armadura exposta e concreto deslocado na face inferior da Ala do lado direito, lado Pinhal



Foto 7 – Detalhe de armadura exposta na parte inferior da cortina do lado Mogi Guaçu



Foto 8 – Detalhe do pé do pilar junto ao nível d'água com desgaste



Foto 9 – Detalhe da abertura existente entre o pilar e o muro de contenção, lado de Pinhal, lado direito



Foto 10 – Detalhe do pilar lado Pinhal, lado esquerdo

PONTE – 12 – SP 342 km 194+950 – PISTA LESTE

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: Ponte s/o Ribeirão da Mota – Km 194 + 950

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 09/12/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 - Localização

Rodovia: SP-342

Sentido: Pista Leste

Obra: Ponte sobre Ribeirão da Mota

Km: 194 + 950

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 Vão de 10,00 m e 2 balanços de 3,00 m

Comprimento total: 16,00 m

Pilares: - 2 pilares por apoio – retangulares, em pórtico

Vigas: - 3 vigas em concreto armado

Largura do Tabuleiro: 10,40 m

Juntas de Dilatação: - não possui

Tabuleiro tipo: grelha

Vãos tipo: Isostático – tabuleiro único

Classe: Veículo de 24 tf

Aparelhos de apoio: tipo Freyssinet

Dimensões 20x40x5,3

Observações: Barreiras rígidas implantadas nas laterais da obra sobre o passeio existente com espelho de altura superior ao recomendado pela Norma e pavimento asfáltico no leito carroçável.

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Rotineira): 17/11/2006

Recurso de Aproximação empregado: Guindaste modelo Palfinger da Locaguind com cesto metálico p/ duas pessoas.

Descrição das anomalias: Fissuras de até 0,3 mm nas transversinas, áreas de carbonatação na junção misulaxlaje, concreto segregado na laje, concreto desagregado junto aos drenos com armaduras expostas, armaduras expostas nas faces inferiores das vigas laterais com deslocamento e trincas na face inferior das vigas laterais devido à expansão por corrosão das armaduras.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: B3

Funcional: C2

Durabilidade: C2

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Foto 1 – Detalhe da medida do pavimento apresentando aproximadamente 18 centímetros de espessura



Foto 2 – Armadura exposta em área de concreto desagregado, na face inferior da viga lateral direita, junto ao apoio 2



Foto 3 – Vista inferior do tabuleiro, junto ao Apoio 2, e talude do encontro do lado de Pinhal



Foto 4 – Detalhe da trinca provocada pela expansão das armaduras em processo de oxidação na face inferior da viga lateral direita, junto ao apoio 2



Foto 5– Área de concreto segregado e armaduras expostas em processo avançado de oxidação e infiltrações com manchas de carbonatação na face da viga



Foto 6 – Áreas com deslocamento do revestimento e armaduras expostas e oxidadas na face inferior da viga lateral do lado esquerdo.



Foto 7 – Área com manchas de carbonatação do concreto e umidades, junto a mísula da viga esquerda entre as transversinas centrais.



Foto 8– Área de concreto segregado na face inferior da laje em balanço sob o passeio causado por falta de extensores no tubo de drenagem.



Foto 9 – Fissura na transversina de apoio lado Mogi Guaçu, junto a viga secundária central com abertura de 0,2 mm.

PONTE – 13 – SP 342 km 196+030 – PISTA LESTE

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: Ponte sobre Ribeirão dos Porcos I - Pista Leste

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 09/12/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 - Localização

Rodovia: SP-342

Sentido: Pista Leste

Obra: Ponte sobre Ribeirão dos Porcos I - Pista Leste

Km: 196 + 030

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 Vão de 10,00 m + 2 Vãos de 3,00 m

Comprimento total: 16,00 m

Pilares: - 2 por apoio - circulares

Vigas: 3 vigas de concreto armado

Largura do Tabuleiro: 12,00 m

Juntas de Dilatação: não possui juntas

Tabuleiro tipo: grelha com transversinas

Vãos tipo: Isostático

Classe: Veículo de 24 tf

Aparelhos de apoio: tipo Freyssinet

Observações: Barreira rígida implantada nas duas laterais sobre parte do passeio existente e pavimento asfáltico no leito carroçável.

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Rotineira): 17/11/2006

Descrição das anomalias: Não foram encontradas anomalias que pudessem por a obra em risco, porém existem anomalias que podem comprometer a vida útil da obra como: trincas, fissuras e armaduras expostas. A obra não possui acostamento. Os pilares apresentam desgastes da superfície do concreto na região do nível d'água.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: B3

Funcional: C2

Durabilidade: C2

FONTES: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Foto 1 – Vista inferior do vão central



Foto 2 – Vista do apoio lado Mogi Guaçu



Foto 3 – Detalhe da extremidade da viga lado esquerdo, junto a cortina C2, apresentando armadura exposta e concreto desagregado



Foto 4 – Área de concreto desagregado e armadura exposta em processo avançado de corrosão. Anomalia típica ao longo da face inferior da viga lateral esquerda



Foto 5 – Detalhe da parte inferior da viga esquerda, junto à transversina T2 com armaduras expostas em áreas de concreto desagregado



Foto 6 – Área de concreto desagregado na ala lateral direita da cortina C1

PONTE – 14 – SP 342 km 200+400 – PISTA LESTE

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: VDT no trevo de E.S. do Pinhal no km 200+400 – Pista leste

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 01/09/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP-342	Sentido: Leste
Obra: Viaduto no trevo de E.S. do Pinhal	Km: 200+400

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 vão	Comprimento total: 19,45 m
Pilares: 2 pilares parede e muros de ala	Vigas: Seção retangular
Largura do Tabuleiro: 13,28 m	Juntas de Dilatação: Sem berço e selo de vedação
Tabuleiro tipo: 5 vigas múltiplas em grelha	Vão tipo: Isostático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: Elastômero fretado
Obs.:	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): Dezembro de 2005

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com braço articulado e cesto aéreo.

Descrição das anomalias: Fissuras, concreto segregado e armaduras expostas nas vigas, fissuras nas transversinas. Infiltração, estalactites, reparos, ninhos de pedra e concreto segregado nos painéis de laje e nos balanços. Infiltração e trechos rompidos nos pilares parede e acúmulo de terra e pavimento sobre as travessas de apoio. Trincas e reparos no pavimento, nas juntas, empoçamento de água no passeio.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: B2	Funcional: B4	Durabilidade: B2
----------------	---------------	------------------

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Vista da plataforma do lado da divisa de Minas Gerais.



FOTO 2 – Vista do passeio do lado da divisa de Minas. Nota-se o acúmulo de água sobre a obra (acima) e junto a ala do encontro.



FOTO 3 – Vista da ala do encontro do lado de Mogi-Guaçu. Não há drenagem na cabeceira. Existem trechos com o revestimento deslocado e a presença de vegetação na junta da ala.



FOTO 4 – Vista superior da junta da ala com a presença de vegetação.



FOTO 5 – Detalhe do deslocamento do revestimento.



FOTO 6 – Deslocamento do revestimento, fissura e concreto segregado com armadura exposta na viga 5 do lado da divisa de Minas.



FOTO 7 – Detalhe inferior da foto anterior. Nota-se que o deslocamento avança.



FOTO 8 – Fissura longitudinal na transversina de apoio do lado da divisa de Minas



FOTO 9 – Concreto segregado e armaduras expostas no viga 1.



FOTO 10 – Rompimento e infiltração no pilar parede sob a viga 4 do lado de Mogi-Guaçu.



FOTO 11 – Montagem do estado de fissuração da viga 3 do lado oeste com fissuras de até 0,5 mm.



FOTO 12 – Infiltração e estalactite no balanço entre as obras.



FOTO 13 – Armadura exposta e concreto segregado no balanço entre as obras.



FOTO 14 – Trecho com infiltração, formação de estalactites, concreto segregado e armadura exposta na face interna da viga 5.

PONTE – 15 – SP 342 km 200+400 – PISTA OESTE

INSPEÇÃO ESPECIAL **OAE:** Viaduto no trevo de E.S. do Pinhal no km 200+400 – Pista oeste

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 01/09/2006

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP-342	Sentido: Oeste
Obra: Viaduto no trevo de E.S. do pinhal	Km: 200+400

2 – Descrição da obra

Vãos: 1 vão	Comprimento total: 19,45 m
Pilares: 2 pilares parede	Vigas: Seção retangular
Largura do Tabuleiro: 13,28 m	Juntas de Dilatação: sem berço e selo de vedação
Tabuleiro tipo: 5 vigas, transversinas, laje e balanços	Vão tipo: isostático
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: Elastômero fretado
Obs.:	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): Dezembro de 2005

Recursos de Aproximação empregados: Caminhão com braço articulado e cesto aéreo.

Descrição das anomalias: Fissuras, concreto segregado e armaduras expostas nas vigas e transversinas. Infiltração, reparos, concreto segregado e armaduras expostas nos painéis de laje e nos balanços. Infiltração, trinca e trechos com presença de musgo nos pilares parede e acúmulo de terra e pavimento sobre as travessas de apoio. Trincas, rompimento e reparos no pavimento nas juntas, empoçamento de água no passeio.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: B2 Funcional: B4 Durabilidade: B2

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Detalhe do encontro e do vão entre as obras das pistas leste e oeste.



FOTO 2 – Vista do passeio junto a ala do encontro do lado da divisa de Minas onde há empoçamento.



FOTO 3 – Vista lateral da face oeste da obra. Nesta foto vemos a ausência de barreiras nos encontros



FOTO 4 – Deslocamento do revestimento e concreto segregado no balanço



FOTO 5 – Fissuras na transversina de apoio entre as vigas 3 e 4 do lado da divisa de Minas e infiltração no painel de laje.



FOTO 6 – Concreto segregado e armaduras expostas na viga 1 junto ao apoio do lado da divisa de Minas.



FOTO 7 – Concreto segregado e armaduras expostas na viga 1 face leste.



FOTO 8 – Montagem do estado de fissuração da viga 3 do lado oeste com fissuras de até 0,4 mm.

PONTE – 16 – SP 342 km 226+300

INSPEÇÃO ESPECIAL

OAE: VIADUTO CYRO GALVANI

CONCESSIONÁRIA: Renovias

DATA DE INSPEÇÃO: 05/10/2005

SÍNTESE DO RELATÓRIO I – PATOLOGIA

1 – Localização

Rodovia: SP-342	Sentido: Transversal
Obra: Viaduto Cyro Galvani	km: 226+300

2 – Descrição da obra

Vãos: 01	Comprimento total: 14,12 m
Pilares: 2 pilares parede sobre sapatas rasas	Vigas: -
Largura do Tabuleiro: 14,00 m	Juntas de Dilatação: -
Tabuleiro tipo: Laje esconsa	Vão tipo: -
Classe: Veículo de 36 tf	Aparelhos de apoio: Freyssinet
Obs.:	

3 – Vistoria

Data da Última Vistoria (Inicial ou Rotineira): Março de 2003

Recursos de Aproximação empregados: Guindaste articulado modelo Palfinger com cesto aéreo.

Descrição das anomalias: Regiões de concreto segregado e armadura exposta em processo de oxidação ocorrem nos pilares parede, nas alas e na superestrutura, que apresenta ainda regiões de infiltração e pavimento desgastado.

4 – Classificação da OAE

Estrutural: B4	Funcional: B3	Durabilidade: B4
----------------	---------------	------------------

FONTE: Renovias Concessionária S/A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



FOTO 1 – Vista superior da obra, face do lado de Águas da Prata, mostrando as três faixas de rolamento e os passeios laterais protegidos por defensas rígidas do lado interno e por gradil do lado externo



FOTO 2 – Montagem fotográfica de uma vista inferior da obra, mostrando as anomalias cadastradas no pilar parede do encontro E1.



FOTO 3 – Montagem fotográfica de uma vista inferior da obra, mostrando as anomalias cadastradas no pilar parede do encontro E2



FOTO 4 – Montagem mostrando os detalhes das anomalias cadastradas na ala do encontro E1, lado de Águas da Prata



FOTO 5 – Montagem fotográfica mostrando os detalhes das anomalias cadastradas na ala do encontro E2, lado de Águas da Prata.



FOTO 6 – Montagem fotográfica mostrando os detalhes das anomalias cadastradas na ala do encontro E2, lado de Espírito Santo do Pinhal