

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

KARLA FADINI FIOROT

**PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL PARA GESTÃO DE USO
E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM
INSTITUIÇÕES PÚBLICAS.**

**Vitória
2006**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

KARLA FADINI FIOROT

**PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL PARA GESTÃO DE USO
E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM
INSTITUIÇÕES PÚBLICAS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Ing. João Luiz Calmon Nogueira da Gama.

Vitória
2006

KARLA FADINI FIOROT

**PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL PARA GESTÃO DE USO
E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM
INSTITUIÇÕES PÚBLICAS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em 14 de Junho de 2006.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ing. João Luiz Calmon Nogueira da Gama
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Ing. Marcel Olivier Ferreira de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador Interno

Prof. Dr. Gibson Rocha Meira
Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba
Examinador Externo

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

F521p Fiorot, Karla Fadini, 1979-
Proposta de um modelo conceitual para gestão de uso e manutenção
de estruturas de concreto em instituições públicas / Karla Fadini Fiorot. –
2006.
337 f. : il.

Orientador: João Luiz Calmon Nogueira da Gama.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro Tecnológico.

1. Concreto. 2. Durabilidade (Engenharia). 3. Diagnóstico. 4.
Edifícios Públicos – Manutenção 5. Edifícios Públicos – Administração. I.
Gama, João Luiz Calmon Nogueira da. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 624

Aos meus pais Zelinda e Carlos Alberto.

Às minhas irmãs Kamila e Rafaela.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela força nos momentos de fraqueza.

Ao Professor João Luiz Calmon, pela paciência, atenção, dedicação e principalmente pelo incentivo e carinho constantes nesta jornada. As palavras de força foram essenciais.

Aos Professores Fernando Lordêllo dos Santos Souza e Gibson Rocha Meira, pelo apoio, atenção e orientação desempenhados nos momentos importantes.

À amiga Fabíola Lyra Nunes Pereira, pelo exemplo, incentivo, atenção e apoio constantes.

Aos amigos Mirko e Markus, que sempre foram atenciosos e presentes nas empreitadas dos projetos desenvolvidos.

Aos amigos, e companheiros de trabalho, que foram, com certeza, muito importantes: Fábio Uliana, pelo exemplo, incentivo, amizade e carinho; Denize Izoton Lorenzoni, pelo incentivo e exemplo constantes; Milton Paulino da Costa Junior, pela atenção e apoio nos trabalhos; Gilberto D'Ángelo Carneiro e Idílio Carlos Bonadiman, muito mais que chefes, pela amizade e compreensão; Janete Therezinha Cerutti, pela amizade, carinho, e incentivo constantes; e Hugo Antonio dos Santos Carlos, pelo exemplo de dedicação.

Aos amigos que compreenderam as minhas faltas.

A toda a minha família, que tanto amo, pela presença constante, apoio, incentivo e amor.

Ao meu namorado, Gustavo Luiz Bussular, pela paciência, compreensão, apoio e amor constantes.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Ao Fundo de Apoio a Ciência e Tecnologia (FACITEC) do município de Vitória, pelo projeto e responsabilidade.

RESUMO

Retrata a problemática da durabilidade de estruturas de concreto, que nas últimas décadas vem aumentando a incidência de manifestações patológicas, sendo agravada, em geral, nas obras públicas, que muitas vezes, as instituições públicas tratam o problema com descaso ou até mesmo desconhecimento técnico. Realiza embasamento teórico sobre durabilidade de estruturas de concreto e metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto, comparando-as, e levantando seus pontos principais. Realiza diagnóstico do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto em instituições públicas do Estado do Espírito Santo, por meio de entrevistas com os envolvidos no processo. Os resultados do diagnóstico demonstram que as instituições pesquisadas estão desestruturadas sobre a questão de uso e manutenção de estruturas de concreto, não estando sistematizada nelas, a forma de abordagem do problema, nem mesmo estabelecida a forma de levantamento do mesmo. Explicita que os engenheiros das instituições têm sido “engenheiros bombeiros”, uma vez que não há uma programação das ações, ou um planejamento em longo prazo sobre as questões de inspeção e manutenção das estruturas. A fim de minimizar a problemática encontrada nas instituições públicas, utiliza o preconizado na teoria de sistemas para a elaboração do modelo conceitual de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto, como forma de estudar o problema, estabelecer uma estrutura organizacional adequada à sua realidade, e detalhar as atividades principais, atribuições e responsabilidades do setor de uso e manutenção de estruturas de concreto.

Palavras-chaves: estruturas de concreto; durabilidade; instituições públicas, gestão; uso e manutenção; diagnóstico.

ABSTRACT

Describes the problem of durability of concrete structures, which has increased the incidence of pathological manifestations in the past decades. This is generally worse in public constructions, which are often treated negligently or with little technique by the institutions. Uses theoretical bases of durability of concrete structures and inspection and diagnosis methodologies, comparing them and analyzing their main points. Diagnoses the process of use and maintenance management of concrete structures in public institutions in Espírito Santo through interviews with people involved in this process. Diagnosis results show that the investigated institutions are disorganized in terms of use and maintenance of concrete structures, and that they have not mastered a proper system to detect and approach the problem. Shows that the engineers of these institutions have been working as “firefighters”, since there is no programming of the actions, or long-term planning for the maintenance and inspection of the structures. In order to minimize the problems found in public institutions, this research uses what the theories of systems advocate to elaborate the conceptual model of use and maintenance management of concrete structures for studying the problem, establishing an organizational structure that is adequate to their reality, and detailing the main activities, attributions and responsibilities of the sector of use and maintenance of concrete structures.

Key words: concrete structures; durability; public institutions; management; use and maintenance; diagnosis.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE QUADROS	17
LISTA DE TABELAS	20
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	21

Capítulo 1

INTRODUÇÃO	23
1.1 PROBLEMÁTICA E MOTIVAÇÃO.....	23
1.2 QUESTIONAMENTOS	27
1.3 HIPÓTESES.....	27
1.4 OBJETIVOS.....	28
1.4.1 <i>Objetivos gerais</i>	28
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	28
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	29

Capítulo 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS	31
2.1 INTRODUÇÃO	31
2.2 METODOLOGIAS	31

Capítulo 3

DURABILIDADE DE ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	39
3.1 INTRODUÇÃO	39
3.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES	39
3.3 VIDA ÚTIL DE ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	42
3.4 MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DO CONCRETO.....	43
3.4.1 <i>Aspectos físicos</i>	48
3.4.2 <i>Aspectos mecânicos</i>	50
3.4.3 <i>Aspectos químicos</i>	50
3.4.4 <i>Aspectos biológicos</i>	50
3.5 CORROSÃO DAS ARMADURAS.....	51
3.5.1 <i>Despassivação por carbonatação</i>	56
3.5.2 <i>Despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto)</i>	61
3.5.3 <i>Modelo de Tuutti</i>	69
3.5.3.1 Período de iniciação	70
3.5.3.2 Período de propagação.....	71

3.6	RECOMENDAÇÕES DE NORMAS PARA AUMENTAR A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS	73
3.7	MANUTENÇÃO.....	76
3.7.1	<i>Manutenção preventiva</i>	79
3.7.2	<i>Manutenção corretiva</i>	79

Capítulo 4

	METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	82
4.1	INTRODUÇÃO	82
4.2	METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	83
4.2.1	<i>Metodologia proposta pelo manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura dentro do projeto de inovação CONTECVET-IN 30902I</i>	<i>84</i>
4.2.1.1	Avaliação simplificada.....	85
4.2.1.1.1	Fase de inspeção (Etapa 1)	86
4.2.1.1.2	Fase de avaliação da estrutura ou diagnóstico (Etapa 2)	104
4.2.1.1.3	Urgência de intervenção – prognóstico (Etapa 3)	108
4.2.1.1.4	Relatório da avaliação	109
4.2.1.2	Avaliação detalhada.....	109
4.2.1.2.1	Avaliação estrutural	111
4.2.1.2.2	Fase de diagnóstico	114
4.2.1.2.3	Fase de prognóstico	117
4.2.1.2.4	Resultados da avaliação detalhada.....	120
4.2.1.2.5	Relatório da avaliação	121
4.2.2	<i>Comparação das outras metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com a metodologia do Manual do Torroja.....</i>	<i>121</i>
4.2.2.1	Manual do Torroja versus Manual de inspeccion, evaluación y diagnóstico em estructuras de hormigón armado.....	121
4.2.2.2	Manual do Torroja versus Manual de diagnóstico e intervención en estructuras de hormigón armado	126
4.2.2.3	Manual do Torroja versus Guia para la inspeccion preliminar de estructuras de hormigón em edificios existentes	128
4.2.2.4	Manual do Torroja versus Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation	130
4.2.2.5	Manual do Torroja versus Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras	133
4.2.2.6	Manual do Torroja versus metodologia adotada na tese de livre docência: Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.....	137
4.2.2.7	Manual do Torroja versus metodologia apresentada na dissertação de mestrado: Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre.....	140
4.2.2.8	Conclusões das comparações das metodologias de diagnóstico	144
4.3	OUTRAS METODOLOGIAS.....	147

Capítulo 5

DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE GESTÃO USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

		162
5.1	INTRODUÇÃO	162
5.2	ESTUDOS DE CASO	162
5.2.1	<i>Estudo de caso na instituição A</i>	162
5.2.1.1	Perfil do entrevistado A	162
5.2.1.2	Caracterização da instituição A	162
5.2.1.3	Aspectos técnicos	163
5.2.1.4	Aspectos gerenciais e financeiros	166
5.2.2	<i>Estudo de caso na instituição B</i>	167
5.2.2.1	Perfil do entrevistado B	167
5.2.2.2	Caracterização da instituição B	168
5.2.2.3	Aspectos técnicos	168
5.2.2.4	Aspectos gerenciais e financeiros	171
5.2.3	<i>Estudo de caso na instituição C</i>	172
5.2.3.1	Perfil do entrevistado C	172
5.2.3.2	Caracterização da instituição C	172
5.2.3.3	Aspectos técnicos	173
5.2.3.4	Aspectos gerenciais e financeiros	175
5.2.4	<i>Estudo de caso na instituição D, setor D.1</i>	176
5.2.4.1	Perfil do entrevistado D.1	176
5.2.4.2	Caracterização da instituição, setor D.1	176
5.2.4.3	Aspectos técnicos	177
5.2.4.4	Aspectos gerenciais e financeiros	179
5.2.5	<i>Estudo de caso na instituição D, setor D.2</i>	181
5.2.5.1	Perfil do entrevistado D.2	181
5.2.5.2	Caracterização da instituição, setor D.2	181
5.2.5.3	Aspectos técnicos	182
5.2.5.4	Aspectos gerenciais e financeiros	185
5.2.6	<i>Estudo de caso na instituição E</i>	187
5.2.6.1	Perfil do entrevistado E	187
5.2.6.2	Caracterização da instituição E	188
5.2.6.3	Aspectos técnicos	188
5.2.6.4	Aspectos gerenciais e financeiros	190
5.2.7	<i>Análise da sistemática adotada nas instituições pesquisadas</i>	191
5.2.7.1	Comentários das definições e conceitos abordados nas entrevistas	194
5.2.7.2	Considerações dos resultados obtidos	195

Capítulo 6

PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL PARA GESTÃO DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

		199
6.1	INTRODUÇÃO	199
6.2	ALGUNS CONCEITOS REFERENTES À TEORIA DE SISTEMAS	199
6.3	ALGUNS CONCEITOS REFERENTES AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	202

6.4	MODELO CONCEITUAL PARA GESTÃO DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS	206
-----	--	-----

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	218
----------------------------------	------------

7.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS HIPÓTESES	218
7.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS COMPARAÇÕES DAS METODOLOGIAS DE DIAGNÓSTICO	219
7.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE GESTÃO DA DURABILIDADE DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NAS INSTITUIÇÕES DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.....	220
7.3.1	<i>Quanto aos aspectos técnicos</i>	<i>220</i>
7.3.2	<i>Quanto aos aspectos gerenciais e financeiros.....</i>	<i>220</i>
7.3.3	<i>Quanto aos aspectos gerais.....</i>	<i>221</i>
7.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO CONCEITUAL DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PROPOSTO.....	222
7.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	223
7.6	SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	224

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	226
---	------------

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	240
--------------------------------------	------------

ANEXO A: TABELAS DO MANUAL DO TORROJA	A1
APÊNDICE A: ROTEIRO DE ENTREVISTA	B1
APÊNDICE B: ENTREVISTAS	C1

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1.1 Representação da Lei de Evolução dos Custos de Sitter em função da fase da vida da estrutura em que a intervenção é feita 25

Capítulo 3

- Figura 3.1 Fatores que interferem na durabilidade 42
- Figura 3.2 Vida útil de serviço 43
- Figura 3.3 Origem das manifestações patológicas com relação às etapas de produção e uso das obras civis 44
- Figura 3.4 Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto aparente 45
- Figura 3.5 Causas físicas de deterioração do concreto 49
- Figura 3.6 Formação de pilha de corrosão em concreto armado 52
- Figura 3.7 Pilha de corrosão em concreto armado com anodo e cátodo em barras distintas 53
- Figura 3.8 Esquema simplificado do processo de carbonatação 58
- Figura 3.9 Tipos de poros em relação à conexão entre eles 60
- Figura 3.10 Esquema conceitual para adoção do teor crítico de cloretos em função da qualidade do concreto e da umidade do ambiente 67
- Figura 3.11 Modelo de vida útil de Tuutti 69
- Figura 3.12 Vida útil tendo por base o fenômeno da corrosão das armaduras em estruturas de concreto 70
- Figura 3.13 Valores de espessura de cobrimento de armaduras conforme as seguintes normas: a)EH-88: Espanha, b) Código Modelo: CEB, c) Eurocódigo nº2: Comunidade Econômica Européia, d) pr EM 206-CEN, e) BS 8810: Inglaterra, f) BAEL: França, g) DIN: Alemanha Federal, h) ACI:USA e i) JASS: Japão 75

Figura 3.14	Classificação dos tipos de manutenção de edifícios	78
Capítulo 4		
Figura 4.1	Componentes da gestão da durabilidade de estruturas	83
Figura 4.2	Diagrama de Avaliação Simplificada	86
Figura 4.3	Equipamento de esclerometria: Concrete Test Hammer ORIGINAL SCHMIDT	92
Figura 4.4	Equipamento de Ultrasom: TICO Ultrasonic Instrument	92
Figura 4.5	Pacômetro: Equipamento Profometer 5.0	93
Figura 4.6	Esquema para medida de potencial de corrosão	94
Figura 4.7	Equipamento CANIN Corrosion Analysing Instrument para medidas de potencial de corrosão	95
Figura 4.8	Esquema do método das quatro pontas	96
Figura 4.9	Esquema do método do disco	97
Figura 4.10	Equipamento de medida de resistividade: Resistivity Meter RESI	98
Figura 4.11	Tipos de medidas realizadas no ultrasom	100
Figura 4.12	Equipamento Gecor	104
Figura 4.13	Esquema para obtenção do IDE	105
Figura 4.14	Diagrama de Avaliação Detalhada	110
Figura 4.15	Deterioração de uma estrutura no tempo	112
Figura 4.16	Avaliação do período de corrosão mediante extrapolação	116
Figura 4.17	Seção residual das armaduras	117
Figura 4.18	Medida da profundidade de carbonatação (ou penetração de cloretos)	119
Figura 4.19	Diagrama de fluxo de prognóstico	120
Figura 4.20	Diagrama de Avaliação Simplificada do Manual do Torroja.	122
Figura 4.21	Passos para a inspeção em obra, segundo a o Manual do CYTED	123

Figura 4.22	Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus primeira parte da Inspeção Preliminar do Manual do CYTED	124
Figura 4.23	Correspondência: Etapas 2 e 3 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus segunda parte da Inspeção Preliminar do Manual do CYTED	125
Figura 4.24	Fluxograma de diagnóstico, segundo o Manual de Barcelona	127
Figura 4.25	Correspondência: Parte da Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Pré-diagnóstico do Manual de Barcelona	128
Figura 4.26	Fluxograma de Inspeção Preliminar do Manual do Instituto Valenciano	129
Figura 4.27	Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Manual do Instituto Valenciano	130
Figura 4.28	Esquema da Investigação Preliminar do Manual do ACI	131
Figura 4.29	Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Investigação Preliminar do Manual do ACI	131
Figura 4.30	Esquema da Investigação Detalhada do Manual do ACI	132
Figura 4.31	Correspondência: Etapas da Avaliação Detalhada do Manual do Torroja versus Investigação Detalhada do Manual do ACI	133
Figura 4.32	Fluxograma de Inspeção Preliminar do Manual de Andrade	134
Figura 4.33	Correspondência entre Inspeção Prévia e Inspeção Detalhada do Manual de Andrade	134
Figura 4.34	Esquema de Inspeção Detalhada do Manual de Andrade	135
Figura 4.35	Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Inspeção Preliminar do Manual de Andrade	136
Figura 4.36	Seqüência geral de análise de uma estrutura com problemas patológicos da Metodologia de Helene	138
Figura 4.37	Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual	139

	do Torroja versus primeira parte da Metodologia de Helene	
Figura 4.38	Esquema proposto na Metodologia da FUNDATEC/UFRGS	141
Figura 4.39	Esquema de procedimentos de inspeção e requisitos	148
Figura 4.40	Esquema de gestão e inspeção de estruturas de concreto do Washington State bridge inspection manual	152
Figura 4.41	Esquema do manual Bridge inspection manual: for inventory and appraisal of Alabama bridges	153
Figura 4.42	Esquema do manual Bridge inspection manual do Departamento de Transportes de Ohio	154
Figura 4.43	Esquema do manual Bridge inspection manual	154
Figura 4.44	Esquema do manual Bridge inspection pocket coding guide e Oregon NBI coding guide: for inventory and appraisal of Oregon bridges	155
Figura 4.45	Esquema do Manual de Fundamentals of bridge maintenance and inspection e bridges inspection manual	155
Figura 4.46	Esquema do manual Highway and rail transit tunnel inspection manual	156
Figura 4.47	Esquema do manual Bridge inspection, maintenance, and repair	157
Figura 4.48	Esquema do manual A guide to bridge inspection and data systems for district engineers e bridge inspector handbook	158
Figura 4.49	Esquema da Norma DNIT: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: procedimento; e do Manual do DNIT: manual de inspeção de pontes rodoviárias	159
Figura 4.50	Esquema de vistorias proposto na NBR 9452	160
Figura 4.51	Fluxograma de vistoria especial da norma NBR 9452	161
Capítulo 6		
Figura 6.1	Metodologia de Checkland em resumo	201
Figura 6.2	Desenvolvimento do modelo hierárquico de sistemas	202

Figura 6.3	Modelo conceitual do sistema de uma instituição pública hipotética em um 1º nível de resolução, modelo conceitual do subsistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estruturas em um 1º nível de resolução, modelo conceitual do subsistema de uso e manutenção de edificações e infra-estruturas em um 1º nível de resolução	210
Figura 6.4	Modelo conceitual do subsistema de estruturas de concreto	212
Figura 6.5	Diagrama de Avaliação Simplificada do Manual do Torroja	213
Figura 6.6	Organograma de uma Instituição Pública Hipotética. Detalhamento da Secretaria de Gestão Integrada de Planejamento, Projeto, Construção e Uso e Manutenção de Estruturas	214

LISTA DE QUADROS

Capítulo 2

Quadro 2.1	Tipos de pesquisa segundo seus objetivos	32
Quadro 2.2	Tipos de pesquisa do ponto de vista dos procedimentos técnicos ou estratégias de pesquisa	33
Quadro 2.3	Tipos de pesquisa do ponto de vista da forma de abordagem do problema	33
Quadro 2.4	Instrumentos de coleta de dados	35

Capítulo 3

Quadro 3.1	Mecanismos de deterioração das estruturas de concreto	45
Quadro 3.2	Classificação das ações atuantes nas estruturas	46
Quadro 3.3	Classificação dos agentes agressivos e seus efeitos ao concreto	47
Quadro 3.4	Fatores intervenientes no processo de corrosão, carbonatação e contaminação por cloretos	55
Quadro 3.5	Correspondências entre classe de agressividade e qualidade do concreto	74
Quadro 3.6	Correspondência entre classes de agressividade ambiental e cobertura nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$	74
Quadro 3.7	Resistências mínimas compatíveis com os requisitos de durabilidade	75
Quadro 3.8	Cobrimentos mínimos	76
Quadro 3.9	Máxima relação água/cimento e mínimo conteúdo de cimento	76
Quadro 3.10	Indicação de intervalos de inspeção em anos	81

Capítulo 4

Quadro 4.1	Origem dos danos	88
------------	------------------	----

Quadro 4.2	Ensaio <i>in situ</i> na estrutura	90
Quadro 4.3	Critérios de avaliação dos resultados das medidas de potenciais de corrosão de acordo com a norma ASTM C 876 (1991)	95
Quadro 4.4	Classificação em níveis de risco de corrosão em função dos valores de resistividade	97
Quadro 4.5	Critérios para avaliação do risco de corrosão em função da resistividade	98
Quadro 4.6	Critérios para avaliação da probabilidade de corrosão em função da resistividade	98
Quadro 4.7	Critérios adotados para a velocidade do pulso ultra-sônico	99
Quadro 4.8	Critérios adotados para a avaliação da velocidade do pulso ultra-sônico	99
Quadro 4.9	Índice de corrosão (IC) e nível de corrosão	106
Quadro 4.10	Índice de dano estrutural (IDE)	108
Quadro 4.11	Urgência de intervenção	108
Quadro 4.12	Valores de LIM	143
Quadro 4.13	Grau de risco	143
Quadro 4.14	Outros manuais e observações	149

Anexo A

Quadro A.1	Classes gerais de exposição relativas à corrosão das armaduras	A1
Quadro A.2	Classes de exposição segundo a norma EN206	A2
Quadro A.3	Indicadores de dano de corrosão (IDC)	A3
Quadro A.4	Valores do fator AA para classes de exposição ambiental da norma EN206	A3
Quadro A.5	Índice de armadura transversal para elementos submetidos à flexão	A3

Quadro A.6	Índice estrutural de elementos submetidos à flexão (vigas)	A3
Quadro A.7	Índice estrutural de elementos submetidos à flexão (vigas) na versão simplificada	A4
Quadro A.8	Índice de armadura transversal para elementos submetidos à flexo-compressão (apoios, pilares)	A4
Quadro A.9	Índice estrutural (IE) de elementos submetidos à flexo-compressão (apoios, pilares)	A5
Quadro A.10	Índice estrutural de elementos submetidos à flexo-compressão (apoios) na versão simplificada	A5
Quadro A.11	Ensaio somente realizados na Avaliação Detalhada	A6

LISTA DE TABELAS

Capítulo 4

Tabela 4.1	Correspondências entre as metodologias estudadas	144
------------	--	-----

Capítulo 5

Tabela 5.1	Tabela comparativa das instituições	191
------------	-------------------------------------	-----

Tabela 5.2	% dos pontos principais	194
------------	-------------------------	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Agressividade do ambiente

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – American Concrete Institute

ASTM – American Society for Testint and Materials

BS – British Standart

CEB – Comité Euro-International du Béton

CEN – Comité Européen de Normalización

CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction

CSIC – Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Ddp – Diferença de potencial

DIN – Deutsches Institut fur Normung

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

EHE – Instrucción de Hormigón Estructural

FHWA – Federal Highway Administration

FIP – Federação Internacional de Protensão

FUNDATEC – Fundação Universidade-Empresa de Tecnologia e Ciências

IC – Índice de corrosão

IDC – Indicadores de danos por corrosão

IDE – Índice de dano estrutural

IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica

IE – Índice estrutural

ITUFES – Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo

JASS – Japan Architectural Society

LEME -Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais

NBIS – National Bridge Inspection Standards

NBR – Norma Brasileira

PIB – Produto Interno Bruto

prNE – Projecte Européen de Normalización

RILEM – Reunion Internationale des Laboratoires D'Essais et de Recherches sur les
Materiaux et les Constructions

U.S. – United States

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA E MOTIVAÇÃO

O concreto armado é um dos materiais mais utilizados na construção civil, e até pouco tempo, era visto como o material de maior durabilidade. Mas, nas últimas décadas, são cada vez maiores os índices que indicam que essa durabilidade está sendo comprometida. Isto pode ser atribuído ao grande crescimento de manifestações patológicas, que vão desde fissuras e trincas, com comprometimento dos aspectos estéticos, podendo chegar, em certas situações, ao colapso parcial ou total da estrutura. Cabe ressaltar ainda, que os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar com o tempo.

A incidência de estruturas com manifestações patológicas é elevada. Estruturas projetadas para durarem 50 anos, bem antes da idade prevista, já apresentam os problemas citados acima. Para endossar essas afirmativas Andrade e González (1988, apud HELENE, 1993) citam problemas na Europa, Golfo Pérsico e principalmente diversas pesquisas e levantamentos efetuados nos Estados Unidos, questionando a vida útil das estruturas de concreto que apresentam problemas graves de corrosão de armaduras com apenas 5 a 10 anos de idade, quando foram projetadas para uma vida útil¹ de 50 a 100 anos.

A realidade de estruturas relativamente jovens com manifestações patológicas no Brasil e também no Estado do Espírito Santo não é muito diferente da Europa, Golfo Pérsico e Estados Unidos. Pode-se verificar essa afirmação em estudo realizado por Magalhães, Folloni e Furman (1989, apud HELENE, 1993), em que 58% de pontes e

¹ Segundo o Comité Euro-International du Béton (CEB, 1989), vida útil de uma estrutura é o tempo durante o qual a estrutura mantém um limite mínimo em serviço, para o qual foi projetada, sem elevados custos de manutenção e reparo.

viadutos vistoriados do município de São Paulo, apresentaram problemas de corrosão de armadura.

Em geral, a área de gestão da manutenção de edifícios, principalmente a gestão da manutenção das estruturas de concreto, não recebe a atenção necessária dada a sua importância. Verifica-se essa afirmação uma vez que há poucos congressos sobre o assunto, sendo ainda que o último seminário em nível nacional, o principal evento registrado sobre manutenção e gestão da manutenção de edifícios aconteceu em 1988, por iniciativa do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, associado à secretaria de Governo do Estado. Verifica-se ainda, que desde a ocorrência deste seminário, os assuntos sobre manutenção de edifícios têm sido discutidos em outros encontros da construção civil, porém que não são dirigidos especificamente à manutenção de edifícios.

Korka et al. (1997) relata ainda, que o gerenciamento da manutenção apesar de ser um importante campo de pesquisa, não tem sido estudado com a mesma intensidade como, por exemplo, é estudado o gerenciamento das operações de produção.

Para minimizar este panorama de grande incidência de manifestações patológicas nas estruturas de concreto, é importante que haja a conscientização de que a manutenção das estruturas de concreto não deve ser vista de forma emergencial, mas sim, ser tratada de forma planejada para uma boa gestão da mesma, uma vez que a maior parte da “vida” de uma estrutura está nas etapas de uso e manutenção.

É importante salientar ainda que os custos relativos de intervenção na estrutura crescem rapidamente com o tempo de espera para se fazer essa intervenção. Helene (1992) explicita ainda que as correções dos problemas patológicos são mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e bem mais baratas quanto mais cedo forem executadas. Segundo Helene (1992), a demonstração mais expressiva dessa afirmação é a chamada “lei de Sitter”, que representa a evolução dos custos por uma progressão geométrica de razão 5, representada a na Figura 1.1.

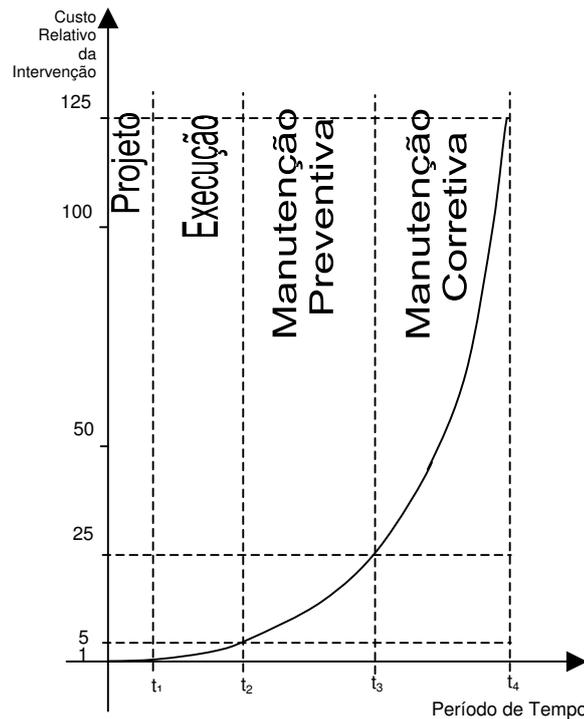


Figura 1.1. Representação da Lei de Evolução dos Custos de Sitter em função da fase da vida da estrutura em que a intervenção é feita.

Fonte: Sitter, 1984, apud Helene, 1992, p. 24.

Entende-se por essa lei como se segue (HELENE, 1992):

- Fase de projeto: todas as medidas tomadas na fase de projeto para aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura. Implicam em um custo que pode ser associado ao número 1 (um);
- Fase de execução: todas as medidas tomadas durante a fase de execução, e implicam em um custo 5 (cinco) vezes superiores ao custo que acarretaria tomar uma medida equivalente na fase de projeto, para obter-se o mesmo nível final de durabilidade ou vida útil da estrutura;
- Fase de manutenção preventiva: todas as medidas com antecedência e previsão, durante o período de uso e manutenção da estrutura, podem custar até 25 vezes mais que medidas corretas tomadas na fase de projeto estrutural ou arquitetônico. Por outro lado, podem ser 5 vezes mais econômicas que aguardar a estrutura apresentar problemas patológicos evidentes que requeiram uma manutenção corretiva.

- Fase de manutenção corretiva: corresponde aos trabalhos de diagnóstico, reparo, reforço e proteção das estruturas que já apresentam manifestações patológicas evidentes. A essas atividades pode-se associar um custo de 125 vezes superior ao custo das medidas que poderiam e deveriam ter sido tomadas na fase de projeto e que implicariam num mesmo nível de durabilidade que se estima dessa obra após essa intervenção corretiva.

Segundo Sitter (1984, apud HELENE, 1992), adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão 5.

Não seria muito distante afirmar que a situação problemática das obras, com grande incidência de manifestações patológicas, é muitas vezes agravada nas obras públicas e essa realidade será apresentada no diagnóstico do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto que será apresentado no capítulo 5.

E como motivação do trabalho, uma pergunta bastante importante pode ser feita: Como os órgãos públicos têm tratado a etapa de uso e manutenção de uma edificação? Será que existe algum critério para a realização da manutenção? E quando a mesma é realizada?

Fundamentado nestas perguntas básicas, foca-se aí o objetivo principal da pesquisa, que é verificar, junto a alguns órgãos públicos do Estado do Espírito Santo como está sendo realizada a gestão de uso e manutenção das estruturas de concreto de suas edificações e infra-estruturas, formulando um diagnóstico sobre seus processos, e a partir das constatações obtidas, baseados em metodologias existentes para realizar inspeção e diagnóstico de estruturas deterioradas por corrosão de armaduras, e nos conceitos da teoria de sistemas e nos princípios do desenvolvimento sustentável e da construção sustentável, propor um modelo conceitual² para gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto de instituições públicas.

² A definição de modelo conceitual, na metodologia de sistemas, compreende as atividades que o sistema deve executar (CALMON, 1987).

Cabe ressaltar neste momento que as outras etapas do processo de concepção, produção e uso e manutenção de um empreendimento de construção, que são planejamento, projeto e construção, apesar de ser indispensável a integração entre estas etapas e a etapa de uso e manutenção, as mesmas não serão abordadas neste trabalho.

1.2 QUESTIONAMENTOS

Com o exposto na motivação e problemática do tema a ser estudado, podem-se realizar alguns questionamentos inerentes ao assunto, voltados ao Estado do Espírito Santo, como a seguir:

- a) Como a problemática de uso e manutenção de estruturas de concreto é tratada no Estado do Espírito Santo? Como ela é realizada? Quem são os responsáveis?
- b) Existem documentos de referência tratando sobre o assunto?
- c) Até que ponto os manuais existentes de inspeção e diagnóstico³ de estruturas de concreto são significativamente diferentes dos outros?

1.3 HIPÓTESES

Com os questionamentos formulados anteriormente podem-se propor algumas hipóteses sobre os mesmos, objetivando posteriormente verifica-las. São elas:

- a) Os manuais de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto existentes são basicamente iguais, sem maiores diferenças;
- b) Não é realizada manutenção preventiva nas estruturas de concreto dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo;

³ Identificação e descrição precisa do mecanismo, das origens e das causas responsáveis pelo problema patológico, a partir da existência de uma ou mais manifestações patológicas em uma estrutura de concreto (HELENE, 1993).

- c) Não existe uma metodologia para inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto nos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo;
- d) Não existe um banco de dados das estruturas sob a administração dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo; e
- e) Existem falhas no processo de gestão de uso e manutenção das estruturas de concreto sob a administração dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo, com vistas à durabilidade.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos gerais

O objetivo geral desse trabalho é contribuir para a melhoria global do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo, e em particular propor um modelo conceitual para gestão de uso e manutenção das estruturas de concreto.

1.4.2 Objetivos específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- a) Analisar manuais de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto em nível nacional e internacional;
- b) Comparar os manuais de inspeção e diagnóstico analisados;
- c) Realizar um diagnóstico do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto no Estado do Espírito Santo;
- d) Propor um modelo conceitual para gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto de instituições públicas, adequado à realidade dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo, aplicando a teoria de sistemas e parte da metodologia de Checkland para a teoria de sistemas; e
- e) Proporcionar ferramentas para criar condições para o desenvolvimento de uma nova linha de pesquisa na área de inspeção, diagnóstico, manutenção, recuperação

e acompanhamento de estruturas de concreto no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está apresentada em 7 capítulos, sendo que no capítulo 2 estão apresentadas as metodologias utilizadas neste trabalho. Nos capítulos 3 e 4 realiza-se uma revisão bibliográfica sobre o tema estudado.

No capítulo 3, com a intenção de apresentar a importância do levantamento das causas dos problemas patológicos nas estruturas, é apresentada uma revisão dos conceitos de durabilidade de estruturas de concreto, focada nos tipos de ações atuantes ao concreto e principalmente nas manifestações patológicas apresentadas pelas estruturas, retratando os sintomas, origens, causas e mecanismos. É ainda descrito o processo de corrosão das armaduras, explicitando seus principais agentes e a influência e classificação do meio ambiente. São apresentadas ainda as principais recomendações de normas para aumento da durabilidade das estruturas, bem como conceitos de vida útil, diagnóstico e manutenção de estruturas.

No capítulo 4 realiza-se uma revisão das principais metodologias desenvolvidas para inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto. Primeiramente é descrito, o que na opinião deste autor, é considerado uma metodologia bastante abrangente de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto, seguido da descrição das principais diferenças existentes entre ela e outras metodologias pesquisadas. Em uma segunda etapa são descritos os pontos principais de outros manuais pesquisados, que tratam de inspeção e inventário de estruturas de concreto, com vistas à durabilidade.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos nos estudos de caso realizados, estabelecendo-se aspectos relevantes e realizando-se análise dos mesmos, o que subsidia o Diagnóstico do Processo de Gestão de Uso e Manutenção de Estruturas de Concreto no Estado do Espírito Santo, objetivo principal do referido capítulo.

No capítulo 6 propõe-se um modelo conceitual para gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto de instituições públicas, adequado à realidade dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo.

Finalmente, no capítulo 7 apresentam-se as considerações finais sobre o trabalho, bem como recomendações para futuros projetos de pesquisa e sugestões para continuidade dos estudos.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo objetiva detalhar as metodologias utilizadas para a realização deste trabalho, uma vez que o mesmo apresenta diversos tipos de metodologias utilizadas para realizar os estudos apresentados nos capítulos posteriores.

2.2 METODOLOGIAS

Antes de tratar das metodologias adotadas na pesquisa, e para entender melhor o tipo de pesquisa adotada neste trabalho, é importante caracterizar os tipos de pesquisa existentes e classificá-los.

Segundo Gil (1999) e Lavoranti (2005) a pesquisa pode classificar-se, segundo seus objetivos (Quadro 2.1), do ponto de vista técnico ou estratégias de pesquisa (Quadro 2.2), e do ponto de vista de abordagem do problema (Quadro 2.3).

A pesquisa foi bibliográfica, do ponto de vista dos procedimentos técnicos ou estratégias (capítulo 3), uma vez que parte da mesma realizou-se através de uma extensa revisão bibliográfica sobre o tema de durabilidade de estruturas de concreto e ainda sobre metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto (capítulo 4), para composição do “estado da arte”.

Para que a descrição dessas metodologias fosse realizada de forma sucinta e objetiva, foi detalhada, o que na visão deste autor, após análise de diferentes metodologias, seja a mais abrangente e atualizada metodologia de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto (Manual do Torroja), e em seguida foram apresentados esquematicamente, os pontos principais de outras metodologias de

diagnóstico, para realizar, a seguir, uma comparação com a metodologia do Manual do Torroja descrita.

Tipo de pesquisa	Descrição, objetivos e recomendações	Forma de levantamento das informações
Exploratória	Objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema, torná-lo mais explícito ou facilitar a formulação de hipóteses (GIL, 1999; MARCONI e LAKATOS, 2002; LAVORANTI, 2005). Segundo Cervo e Bervian (2002), recomenda-se o estudo exploratório quando há poucos conhecimentos sobre o problema a ser estudado.	Utiliza-se de levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas com pessoas que possuem prática com o problema de pesquisa, análise de exemplos que estimulem a compreensão e estudos de caso (GIL, 1999; MARCONI & LAKATOS, 2002; LAVORANTI, 2005).
Descritiva	Objetiva observar, descrever, registrar, analisar e interpretar as características de determinada população ou fenômeno atual, (sem manipulá-los) como sua frequência, natureza e relação com outros fenômenos, variáveis e fatos, ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 1999; MARCONI e LAKATOS, 2002; LAVORANTI, 2005; CERVO e BERVIAN, 2002; REY, 1997, apud COSTA, 2001).. Segundo Cervo e Bervian (2002) a pesquisa descritiva pode assumir a forma de estudo exploratório, estudos descritivos, pesquisa de opinião, de motivação, estudo de caso e pesquisa documental.	Utiliza técnicas padronizadas de coleta de dados, com questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento (GIL, 1999; MARCONI e LAKATOS, 2002; LAVORANTI, 2005; CERVO e BERVIAN, 2002; REY, 1997, apud COSTA, 2001).
Explicativa	Objetiva identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofundando o conhecimento da realidade, pois explica a razão e o porquê das coisas (GIL, 1999; MARCONI e LAKATOS, 2002; LAVORANTI, 2005).	Quando realizada nas ciências naturais, requer o uso do método experimental, e nas ciências sociais requer o uso do método observacional. Em geral, assume a forma de Pesquisa Experimental e Expost-Facto (GIL, 1999; MARCONI e LAKATOS, 2002; LAVORANTI, 2005).

Quadro 2.1. Tipos de pesquisa segundo seus objetivos.

Fonte: Gil, 1999 e Lavoranti, 2005.

As comparações das metodologias estudadas com a metodologia do Manual do Torroja se deram primeiramente através da separação das principais etapas (partes) que compõem o processo de inspeção e diagnóstico das estruturas de concreto na metodologia principal. Em seguida buscou-se avaliar as demais metodologias em função de suas etapas (partes), comparando-as com as etapas da metodologia principal. As comparações foram realizadas em função das etapas principais, amplitude e profundidade das metodologias, e ainda em função das demais subdivisões das etapas (partes) principais das metodologias estudadas.

Tipo de pesquisa	Descrição
Bibliográfica	Constitui parte da pesquisa descritiva e experimental, quando é realizada com a intenção de recolher informações e conhecimentos prévios sobre um problema para o qual se procura a resposta ou sobre uma hipótese que se quer experimentar (CERVO e BERVIAN, 2002). Realizada a partir de material já elaborado, publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
Documental	Assemelha-se à pesquisa bibliográfica, diferenciando-se apenas por utilizar fontes que se apóiam em materiais que ainda não receberam análise e tratamento analítico (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
Experimental	Consiste na realização de um experimento, determinando um objeto de estudo, selecionando as variáveis que sejam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
Levantamento	Pesquisa que envolve a interrogação direta de um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado, cujo comportamento se deseja conhecer, para em seguida, mediante análise quantitativa, obter as conclusões correspondentes aos dados coletados (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
Estudo de Caso	Estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de pesquisa, de modo que possa obter seu conhecimento amplo e detalhado, o que praticamente é impossível mediante os outros tipos de pesquisa (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
Expost-facto	Pesquisa quando um experimento se realiza depois dos fatos. O pesquisado não tem controle sobre as variáveis independentes (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
Ação	Pesquisa concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, onde os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (LAVORANTI, 2005).
Participante	Quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas. Diferencia-se da pesquisa ação por não ser uma ação planejada (LAVORANTI, 2005).

Quadro 2.2. Tipos de pesquisa do ponto de vista dos procedimentos técnicos ou estratégias de pesquisa.

Fonte: Gil, 1999 e Lavoranti, 2005.

Tipo de pesquisa	Descrição, objetivos e recomendações	Recursos utilizados
Quantitativa	Pesquisa que considera que tudo pode ser quantificável, traduzindo em números as opiniões e informações, para classificá-las e analisá-las (LAVORANTI, 2005).	Utiliza recursos e técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.) (LAVORANTI, 2005).
Qualitativa	Pesquisa que considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. É uma pesquisa descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem (LAVORANTI, 2005).	Não utiliza métodos e técnicas estatísticas. A fonte direta para coleta de dados é o ambiente natural e o instrumento-chave é o pesquisador (LAVORANTI, 2005).

Quadro 2.3. Tipos de pesquisa do ponto de vista da forma de abordagem do problema.

Fonte: Lavoranti, 2005.

No capítulo 4 ainda, são apresentadas outras metodologias que tratam de inspeção em infra-estruturas de concreto. A partir da leitura dessas metodologias conseguiu-se obter seus pontos principais, e a partir daí elaborou-se um fluxograma para cada uma delas.

Para responder as perguntas da pesquisa, alcançar os objetivos preconizados neste trabalho, e de acordo com a classificação de Gil (1999) e Lavoranti (2005) dos tipos de pesquisa segundo seus objetivos, partiu-se por uma pesquisa descritiva, que teve como objetivo observar, descrever e analisar as características evidenciadas em instituições públicas do Estado do Espírito Santo, assumindo a forma de estudo de caso (capítulo 5), onde se trabalhou com levantamentos de dados qualitativos obtidos através de entrevistas semi-estruturadas. No capítulo 5 são apresentados os estudos de caso, que foram realizados como forma de analisar como ocorrem o processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto armado públicas, no âmbito do estado do Espírito Santo, de maneira a elaborar um diagnóstico desse processo nas instituições pesquisadas e no Estado. Para tal, foram escolhidas algumas instituições públicas, de maior representatividade e maior número de estruturas sob sua administração.

Foram escolhidas 5 (cinco) instituições públicas de atuação no Estado do Espírito Santo, sendo descritas no capítulo 5 como instituições A, B, C, D e E. Sendo que a instituição D foi entrevistada nas suas 2 (duas) gerências principais, sendo caracterizada como D.1 e D.2 (respectivamente responsáveis pelas edificações e infra-estruturas da instituição).

Os estudos de caso foram realizados através da coleta de informação nas instituições pesquisadas.

Segundo Gil (1999) e Lavoranti (2005), a etapa de coleta de dados é a que desenvolve a pesquisa de campo propriamente dita. Segundo Gil (1999), Lavoranti (2005) e Cervo e Bervian (2002), os instrumentos de coleta de dados são os seguintes, conforme o Quadro 2.4:

Instrumentos de Coletas de Dados	Descrição	
Observação	Quando os dados de determinados aspectos da realidade são obtidos através dos sentidos (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).	
Entrevista	As informações sobre determinado assunto ou problema são obtidas através de um entrevistado (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005). Pode ser:	
	Padronizada ou estruturada	Há um roteiro previamente estabelecido, consistindo em se fazer uma série de perguntas a um informante, segundo um roteiro pré-estabelecido. O teor e a ordem das perguntas não podem ser alterados (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
	Despadronizada ou Não-Estruturada	Não existe rigidez de roteiro. Podem-se explorar mais amplamente algumas questões. Composta por conversações informais, que pode ser alimentada por perguntas abertas, com maior liberdade para o informante (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).
Questionário	Consiste em uma série ordenada de perguntas que devem ser respondidas por escrito pelo informante. Deve ser objetivo, limitado em extensão e estar acompanhado de instruções, que esclareçam o propósito de sua aplicação, ressaltam a importância da colaboração do informante e facilitam o preenchimento. As perguntas podem ser abertas, como 'Qual a sua opinião?', fechadas, de duas escolhas: sim ou não ou de múltipla escolha, com uma série de respostas possíveis (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).	
Formulário	Composto de uma coleção de questões, anotadas por um entrevistador numa situação face a face com a outra pessoa (o informante) (GIL, 1999; LAVORANTI, 2005).	

Quadro 2.4. Instrumentos de coleta de dados.

Fonte: Gil, 1999, Cervo e Bervian, 2002 e Lavoranti, 2005.

De acordo com os objetivos definidos nessa dissertação, a forma de coleta de dados escolhida foi entrevista, uma vez que se verificou a necessidade do contato face a face com o entrevistado, para que as informações obtidas fossem as mais próximas possíveis da realidade, e dependendo das percepções obtidas pelo entrevistador, poderia se aprofundar ou não em determinado assunto.

A entrevista escolhida para os estudos de caso foi caracterizada pelo autor como semi-estruturada, uma vez que é uma união da entrevista estruturada com a não-estruturada. Um roteiro com perguntas pré-estabelecidas foi utilizado, podendo ainda ser exploradas, mais amplamente, algumas questões, através de conversações informais e perguntas abertas, caso houvesse necessidade.

Procurou-se determinar quais os pontos relevantes principais para o diagnóstico do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto, baseados no conhecimento obtido nas metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto descritos no capítulo 4. A partir daí foi elaborado o roteiro para as entrevistas, subdividindo-o em aspectos técnicos e aspectos gerenciais e

financeiros. Os pontos relevantes principais determinados foram: manutenção preventiva e corretiva, diagnóstico de estruturas, manual para inspeção e manutenção, responsáveis pela inspeção e manutenção (estrutura), treinamento, frequência de inspeção e manutenção, procedimentos de inspeção e manutenção, banco de dados, custos de manutenção, quantitativos de reparação, inventário, idade das estruturas, orçamento, dentre outros.

Foi realizada a entrevista na primeira instituição, a instituição A, um piloto, e posteriormente às respostas foi discutido se o roteiro das questões abordava um amplo espectro dos assuntos necessários, e se da melhor forma. Conforme discutido, foram realizados pequenos ajustes no roteiro inicial.

Apresenta-se no Apêndice A o roteiro final utilizado com as perguntas pré-estabelecidas para a realização da entrevista.

A escolha das instituições entrevistadas teve como aspectos relevantes à importância da instituição, tamanho da estrutura organizacional e número de estruturas sob sua administração. Porém, não se pode deixar de relatar que por dificuldades encontradas em algumas instituições em se obter contato com uma pessoa responsável pelo assunto, as mesmas não puderam ser entrevistadas. Outra dificuldade encontrada foi que em uma instituição contatada, não foi autorizada à gravação da entrevista, assim a mesma não pôde ser realizada, uma vez que o máximo de fidedignidade da entrevista fazia parte da metodologia da pesquisa. Outro item, portanto relevante na escolha das instituições foi à facilidade ou não de contato e disponibilidade da pessoa responsável para entrevista.

Antes da entrevista propriamente dita, houve um contato inicial, por telefone, do entrevistador com os setores de obras das instituições (caso houvesse um setor de manutenção ou conservação seria esse o setor de contato). Nesse contato, o entrevistador explicou o objetivo da entrevista a um atendente que indicou uma pessoa para responder a entrevista. Em alguns casos a primeira pessoa indicada foi quem efetivamente participou da entrevista, e em outros casos, necessitou-se conversar, ainda por telefone, com outras pessoas do setor, ou até pessoas de outros setores, para que se pudesse chegar ao entrevistado.

A partir da escolha do entrevistado, já ciente dos objetivos da entrevista, foi marcada então a entrevista face a face. Vale ressaltar que praticamente todos os entrevistados, através da conversa inicial por telefone, já conhecendo os objetivos da entrevista, mencionava como a sistemática de manutenção funcionava na instituição.

A entrevista foi realizada na própria instituição ou em local escolhido pelo entrevistado. A mesma foi gravada, para agilizar o processo e facilitar a redação dos relatos dos entrevistados.

Após os estudos de caso, as entrevistas foram transcritas, na íntegra, para facilitar, posteriormente, a descrição das ações, processos, responsáveis, etc., do tema abordado nas instituições pesquisadas. Encontra-se no Apêndice B, a íntegra das entrevistas.

A partir daí foram apresentados de forma sistemática os resultados obtidos e percepções dos entrevistados (no capítulo 5), e ainda foi formulada a Tabela 5.1, onde foi realizada análise sistemática e objetiva, para apresentação desses resultados de forma resumida para facilitar o entendimento do leitor.

Os resultados obtidos nas entrevistas serão apresentados no capítulo 5, separadamente para cada estudo de caso e posteriormente realiza-se algumas considerações sobre os resultados obtidos. É importante deixar claro que muito do que está descrito a seguir foi transcrito com as palavras dos entrevistados e ainda muitos dos termos usados pelos mesmos foram relatados, buscando a maior fidedignidade nos estudos de caso. Assim sendo, caso hajam erros sintáticos, devem ser vistos como um resultado o mais fidedigno possível durante o diálogo entre o entrevistado e o entrevistador. Perceber-se-á também, que a linguagem é bem coloquial.

O capítulo 6 apresenta a proposta do modelo conceitual de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto, e utiliza o preconizado na metodologia de sistemas de Checkland (1972, apud CALMON, 1987), que por conveniência será apresentada resumidamente no capítulo 6.

A metodologia de Checkland preconiza avaliar o problema (neste trabalho, como forma do diagnóstico obtido nos estudos de caso do capítulo 5), para a partir daí construir o modelo conceitual através da apresentação de uma estrutura organizacional adequada e das principais tarefas e atribuições do sistema estudado.

CAPÍTULO 3

DURABILIDADE DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordados os assuntos ligados à durabilidade de estruturas de concreto, descrevendo seus conceitos, bem como apresentando as principais manifestações patológicas das estruturas de concreto, como suas origens, causas e mecanismos.

Será ainda, mais bem detalhado o principal mecanismo de deterioração de estruturas de concreto, a corrosão das armaduras. Serão descritos ainda conceitos de vida útil de estruturas e tipos de manutenção que podem ser realizadas.

3.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Quando se fala de durabilidade de estruturas de concreto é necessário explicar o que seja Patologia. Segundo Cánovas (1988), Patologia pode ser entendida como a parte de engenharia que estuda as possíveis enfermidades do concreto armado. Helene e Figueiredo (2003) denominam ainda Patologia como a parte da engenharia que estuda os sintomas, mecanismos, causas e as origens dos defeitos das obras civis, ou ainda, estudo das partes que compõem o diagnóstico dos problemas das estruturas.

A Terapia, segundo Cánovas (1988) é o tratamento das restaurações, reparações reforços, etc. das estruturas de concreto e segundo Helene e Figueiredo (2003) é o estudo da correção e a solução destes problemas patológicos. Para que seja executada uma boa correção dos problemas patológicos, é necessário que seja realizado um bom diagnóstico do problema e ainda, que se conheça as vantagens e desvantagens dos materiais e métodos de reparo que serão empregados.

Por diagnóstico entende-se a identificação e descrição precisa do mecanismo, das origens e das causas responsáveis pelo problema patológico, a partir da existência de uma ou mais manifestações patológicas em uma estrutura de concreto. A identificação da manifestação patológica pode decorrer do aparecimento de sintomas externos, como manchas, deslocamentos ou de inspeção ou vistoria cuidadosa efetuada dentro de um programa rotineiro de manutenção, observação e monitoramento da estrutura (HELENE, 1993).

É conveniente ainda entender o significado de deterioração das estruturas, sendo que, entre os conceitos de deterioração expressos por diversos autores, pode-se optar por: “Alterações físicas ou químicas, provocando diminuição gradativa de uma ou mais propriedades de materiais, componentes e elementos das edificações, quando submetidas à ação de agentes do meio ambiente” (LICHTENSTEIN, 1985, apud LIMA, 2000).

Segundo Mather (2004, p.1, tradução nossa), “[...] o concreto é ‘durável’ se, em seu meio ambiente, possuir a vida de serviço de desejada, sem custos excessivos de manutenção e reparos devido à degradação ou à deterioração [...]”.

Durabilidade é definida como a capacidade de uma estrutura se conservar em determinado estado, resistindo às ações das intempéries, aos ataques químicos, à abrasão ou outro processo de deterioração, ações essas previstas, segundo a norma NBR 6118 (ABNT, 2003), e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto (ACI Comitê 201, 1997; ISAIA, 2001).

De acordo com a norma Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) (COMISION..., 1999, p. VII-1, tradução nossa),

A durabilidade de uma estrutura de concreto é sua capacidade de suportar, durante a vida útil para qual ela foi projetada, as condições físicas e químicas a que está exposta, e que poderiam chegar a provocar sua degradação como consequência de efeitos diferentes das cargas e solicitações consideradas na análise estrutural.

O conceito de durabilidade, segundo Isaia (2001), está intimamente ligado com o conceito de desempenho, que segundo o International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), é o comportamento de um produto em

utilização, sob condições de real funcionamento ou uso, com pleno atendimento as exigências do usuário.

Para o Instituto Chileno de Cimento e Concreto, no Manual de Concreto Chileno (1988, apud CÁNOVAS, 2003), durabilidade é a qualidade que os concretos possuem de suportar as condições que foram projetadas sem sofrerem deteriorações durante sua vida útil de projeto.

Segundo Reinhardt e Stuttgart (1996, apud LIMA, 2000), a durabilidade do concreto é influenciada pelas suas propriedades, tanto no estado fresco quanto no endurecido e, conseqüentemente, mistura e seleção adequadas dos materiais, adequada supervisão durante o lançamento e cura do concreto são muito importantes, para se produzirem concretos duráveis.

Segundo Vilasboas (2004), a durabilidade do concreto normalmente é assegurada por uma baixa permeabilidade, uma vez que os agentes agressivos não penetram na massa do concreto, nem atingem a armadura.

Numa visão sistêmica sobre a durabilidade do concreto, Rodway (1985, apud LIMA, 2000) descreve cinco fatores que a influenciam: materiais constituintes, o processo construtivo, as propriedades físicas do concreto e o tipo de carregamento e a natureza do ambiente a que é exposto.

Agopyan (1986, apud MACHADO, 2003) descreve ainda que a durabilidade é função de um grupo de fatores que a definirão, isto é, não é uma característica inerente de determinado material ou componente. Esses fatores são: projeto de edificação, compatibilidade dos materiais, agressividade do meio, função e uso.

Pode-se entender o processo por meio da Figura 3.1. “Ao mesmo tempo em que ele mostra os fatores que interferem na durabilidade, indica também que na falha de um desses ocorrerá a perda da durabilidade” (MACHADO, 2003, p.66).

Quando se fala de durabilidade do concreto, deve-se ter em conta que a durabilidade de uma estrutura deve permanecer no período de sua vida útil, porém com a existência de uma manutenção preventiva na mesma, sendo essa proporcionada por ações para corrigir pequenos defeitos e evitar que seja

necessária uma manutenção corretiva, com reparação que pode ser bem mais custosa (CÁNOVAS, 2003).

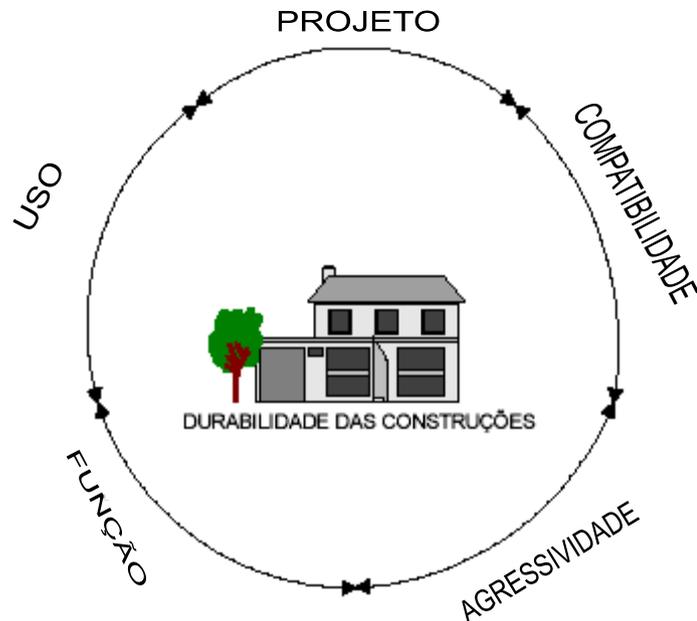


Figura 3.1. Fatores que interferem na durabilidade.
Fonte: Machado, 2003, p.66.

3.3 VIDA ÚTIL DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Segundo Helene (1997a),

A questão da vida útil das estruturas de concreto deve ser enfocada de forma holística, sistêmica e abrangente, envolvendo equipes multidisciplinares. Deve também ser considerada como resultante de ações coordenadas e realizadas em todas as etapas do processo construtivo: concepção ou planejamento; projeto; fabricação de materiais e componentes; execução propriamente dita e principalmente durante a etapa de uso da estrutura [...].

Segundo o código modelo do CEB (1989, apud FIGUEIREDO et al., 2003), vida útil de uma estrutura é o tempo durante o qual a estrutura mantém um limite mínimo em serviço, para o qual foi projetada, sem elevados custos de manutenção e reparo. Esquemáticamente está representada conforme a Figura 3.2, onde a: não deteriorada, porém com desgaste natural, b: reparo após ultrapassar o limite crítico aceitável, c: deterioração, d: necessidade de reparar antes de ultrapassar o limite crítico aceitável.

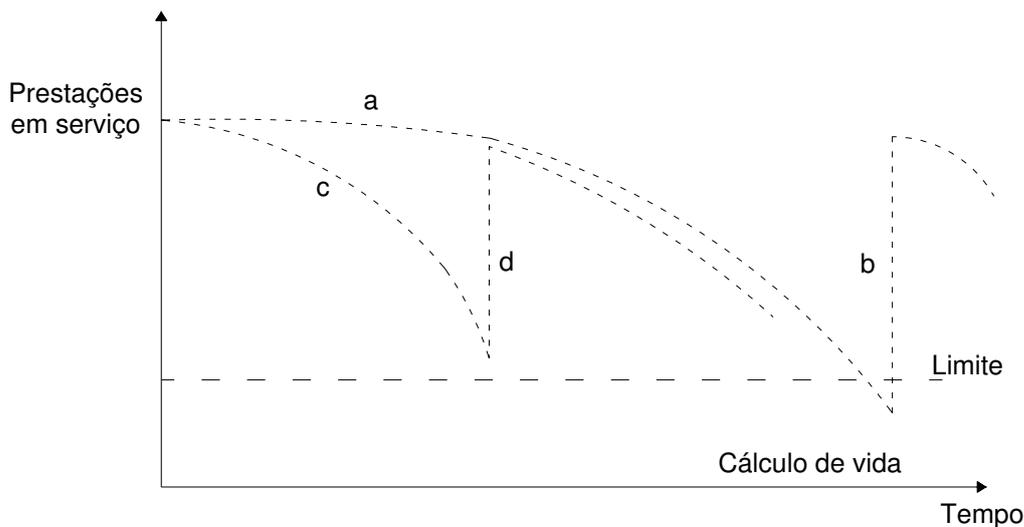


Figura 3.2. Vida útil de serviço.
 Fonte: CEB, 1989 apud FIGUEIREDO et al., 2003.

Segundo Fortes e Andrade (2001) e Helene (1993), entende-se por vida útil o período de tempo no qual a estrutura é capaz de desempenhar as funções, economicamente, para as quais foi projetada.

Segundo Helene (1993), a vida útil total da estrutura está associada ao período de tempo que vai até a ruptura e colapso parcial ou total da estrutura. Há uma redução significativa da seção resistente da armadura ou uma perda importante da aderência armadura/concreto.

A vida útil residual é aquela estabelecida a partir de uma vistoria da estrutura, portanto já com um tempo de serviço, e também é determinada de maneira similar à vida útil de projeto, ou seja, conforme a necessidade da construção (GUIMARÃES, 2000; HELENE, 1993). Essa vistoria e correspondente diagnóstico pode ser efetuado a qualquer instante da vida em uso da estrutura (HELENE, 1993).

3.4 MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DO CONCRETO

O processo de construção e uso pode ser dividido em cinco grandes etapas, segundo Meseguer (1991), que são: planejamento, projeto, materiais, execução e uso-manutenção. Segundo Helene (1992) e Helene e Figueiredo (2003), a etapa de uso-manutenção é a mais longa das etapas, em geral mais de cinquenta anos para edificações e mais de duzentos anos para barragens e obras de arte.

Helene (1992) e Helene e Figueiredo (2003) descrevem que uma grande incidência das manifestações patológicas têm origem nas etapas de planejamento e projeto, de acordo com a Figura 3.3, sendo essa origem, geralmente, mais grave que as falhas de qualidade dos materiais ou má execução.

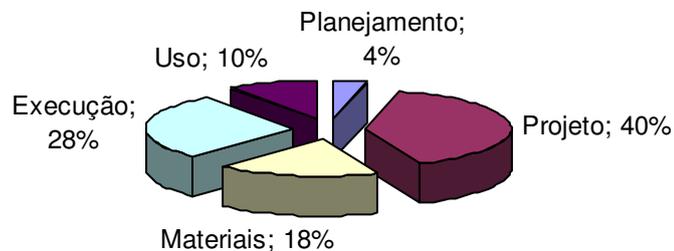


Figura 3.3. Origem das manifestações patológicas com relação às etapas de produção e uso das obras civis.

Fonte: Grunau, 1981, apud Helene, 1992, p.22; Helene e Figueiredo, 2003.

Um diagnóstico da situação da estrutura deve indicar em que etapa do processo construtivo o fenômeno de deterioração teve sua origem (HELENE e FIGUEIREDO, 2003).

Os problemas patológicos, segundo Helene e Figueiredo (2003), geralmente apresentam manifestações externas características, onde a partir delas é possível deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, bem como estimar suas conseqüências. Essas manifestações ou sintomas podem ser denominados lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, e quando descritos e classificados orientam um primeiro diagnóstico, a partir de observações visuais ou pequenos testes.

Segundo Helene e Figueiredo (2003), as manifestações patológicas mais comuns e de maior incidência no concreto são fissuras, eflorescências, flechas excessivas, manchas no concreto, corrosão das armaduras, dentre outras, conforme apresentados na Figura 3.4.

Todo problema patológico, no entanto, ocorre por um processo ou mecanismo de deterioração. Conhecer o mecanismo é importante para uma correta terapia do problema.

No projeto das estruturas é necessário considerar parâmetros fundamentais que são as ações que atuam sobre a mesma. Essas ações incidem diretamente sobre a durabilidade das estruturas (HUSNI et al., 2003).

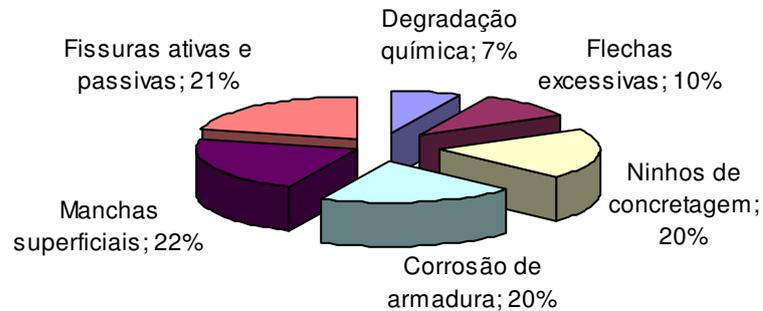


Figura 3.4. Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto aparente.

Fonte: Helene, 1992, p.19; Helene e Figueiredo, 2003.

Numa visão geral, a ABNT (2003) e Helene (1997a) descrevem os mecanismos mais importantes e freqüentes de envelhecimento e deterioração das estruturas de concreto, como sendo: mecanismos preponderantes relativos ao concreto, mecanismos preponderantes relativos à armadura, e mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita, conforme o Quadro 3.1.

1	Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto
a	Lixiviação
b	Expansão por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos
c	Expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos
d	Reações deletérias superficiais de certos agregados
2	Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura
a	Despassivação por carbonatação
b	Despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto)
3	Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita
	Todos relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação

Quadro 3.1. Mecanismos de deterioração das estruturas de concreto.

Fonte: ABNT, 2003.

Segundo Husni et al. (2003) e Neville (1997), as ações atuantes nas estruturas podem ser de origem externa ou interna, gerando processos de deterioração do tipo físico, químico, mecânico ou biológico, que podem afetar ou limitar as condições do comportamento da estrutura estabelecidos em projeto.

Husni et al. (2003) classifica as ações externas em funcionais e ambientais, e as ações internas em intrínsecas ou induzidas (impostas), conforme o Quadro 3.2.

Origem	Tipo	Descrição	Tipo do fenômeno	Forma do fenômeno
Externa	Funcionais	Ações geradas devido ao uso da construção e sua manifestação geral são as cargas permanentes e variáveis atuantes nas estruturas (HUSNI et al., 2003).	Mecânico	Solicitações, tensões e deformações nas estruturas
			Físico	Desgaste da superfície ocasionado pela circulação de pessoas
			Químico	Degradação produzida no concreto pela presença de líquidos armazenados que contém ácidos;
			Biológico	Ataque ao concreto de uma estrutura destinada a transportar efluentes ou material orgânico em geral
Externa	Ambientais	Basicamente as ações externas ambientais estão relacionadas com o entorno onde se encontra a estrutura, seja ele sólido, líquido ou gasoso, e de sua interação com o meio (HUSNI et al., 2003). Segundo Husni et al. (2003) muitas vezes essas ações podem gerar fenômenos mecânicos nas estruturas, porém, ações ambientais têm sua maior importância em outros fenômenos que afetam o comportamento, a aparência, a durabilidade e muitas vezes até a capacidade portante das estruturas, que são os fenômenos físicos, químicos, e biológicos.	Mecânico	Um exemplo é o acúmulo de neve sobre uma estrutura, devido seu peso ser incorporado às cargas da estrutura.
			Físico	Variação de temperatura, de umidade, ciclos de congelamento e degelo, etc.
			Químico	Carbonatação, chuvas ácidas, ciclos de molhagem e secagem, corrosão, ataque de ácidos, águas puras, resíduos industriais, fogo, etc.
			Biológico	Microorganismos, algas, solos e águas contaminados, etc.
Interna	Intrínsecas	São as variações volumétricas que se manifestam e têm características próprias segundo o tipo de concreto utilizado, quantidade e tipo de cimento, quantidade de ar incorporado, quantidade e tipo das armaduras, etc., e do processo de formação, cura, etc., de acordo com restrições internas ou externas, gerando esforços ou tensões que podem afetar a durabilidade da estrutura e até modificar o comportamento da mesma (HUSNI et al, 2003).	Variação volumétrica	Manifestações típicas são: assentamento plástico, contração plástica, contração térmica inicial, contração por secagem, reação álcali-silica.

Quadro 3.2. Classificação das ações atuantes nas estruturas. (cont.)

Origem	Tipo	Descrição	Tipo do fenômeno	Forma do fenômeno
Interna	Induzidas	Segundo Husni et al. (2003), são as deformações impostas, algumas com o objetivo de melhoria no comportamento estrutural, seja em relação à capacidade portante, durabilidade ou condição de uso.	Deformações	Emprego de técnicas de protensão das armaduras. Em alguns casos as deformações aparecem como consequência do comportamento reológico do concreto (fluência), onde a deformação aumenta com o tempo a uma carga constante.

Quadro 3.2. Classificação das ações atuantes nas estruturas. (conclusão)

Fonte: Husni et al., 2003.

Os agentes ou causas dos problemas patológicos pode ser variados, como cargas, variações de umidade, variações térmicas internas e externas ao concreto, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos dentre outros (HELENE e FIGUEIREDO, 2003).

Segundo Cincotto (1992, apud LIMA, 2000), a classificação dos agentes agressivos as estruturas e seus efeitos sobre o concreto estão descritos no Quadro 3.3.

Agentes agressivos	Natureza específica	Efeitos sobre o concreto
Mecânicos	carga, sobrecarga e choques impactos e fricção fluxo de água e ar	fissuras principalmente no aglomerante erosão, ruptura erosão, cavitação
Físicos	variações de temperatura, gradientes e oscilações de umidade intemperismo fogo e temperatura elevadas, corrente elétrica, radiação	fissura, esfoliação, ruptura da aderência fissuras, ruptura da aderência, esfoliação fissuras, transformações químicas, corrosão da armadura, dissolução do aglomerante
Químicos	ar e outros gases águas agressivas reagentes químicos solos e minerais do solo	dissolução do ligante, reações com H ₂ O, SO ₂ , CO ₂ e NH ₂ dissolução do ligante e reações com ácido sulfúrico, sulfatos, cloretos água carbonatada reações com ácidos e sais ácidos reações com ácidos fracos, sulfatados, zeólitos
Biológicos	vegetação microrganismos (bactérias, formas microscópicas de vida orgânica)	fissuras, umidade formação de sulfatos, enfraquecimento mecânico da textura

Quadro 3.3. Classificação dos agentes agressivos e seus efeitos ao concreto.

Fonte: Cincotto, 1992, apud Lima, 2000, p.24.

A deterioração do concreto é um fenômeno que, pode-se afirmar, não se deve a apenas uma causa. A classificação dos processos de deterioração do concreto em categorias nitidamente separadas, portanto, deve ser tratada com algum cuidado, considerando-se as interações dos vários agentes que podem estar presentes no

processo. Este fato, de grande importância no estudo e determinação das causas da deterioração das estruturas, geralmente tende a ser negligenciado (METHA e MONTEIRO, 1994).

Neville (1997) classifica as diferentes formas de ação nas estruturas como físicas, químicas ou mecânicas. Porém não cita a ação biológica, citada por Cincotto (1992, apud LIMA, 2000).

Gentil (1998) propõe ainda que a corrosão e a deterioração podem estar associadas a fatores mecânicos, físicos, biológicos ou químicos, entre os quais podem ser citados como exemplos: mecânicos – vibrações e erosão; físicos – variações de temperatura; biológicos – bactérias; e químicos – produtos químicos como ácidos e sais.

Mehta e Monteiro (1994) enfatizam que a distinção entre as causas físicas e químicas da deterioração é puramente arbitrária, e na prática as duas normalmente se sobrepõem. Por exemplo, uma deterioração física por desgaste superficial ou fissuração pode tornar o concreto vulnerável à deterioração química, devido ao aumento da permeabilidade.

A seguir serão apresentadas as formas de manifestação mais importantes relacionadas com os aspectos físicos, mecânicos, químicos e biológicos de deterioração das estruturas.

3.4.1 Aspectos físicos

Segundo Neville (1997, p. 482) as causas físicas de deterioração:

[...] compreendem os efeitos de altas temperaturas ou de diferenças de coeficientes de dilatação térmica do agregado e da pasta de cimento hidratado. Uma causa importante de deterioração é a alternância de congelamento e degelo do concreto associada à ação de sais descongelantes.

Segundo Da Silva (1998), os processos físicos de deterioração das estruturas mais importantes são a fissuração, os ciclos de congelamento e degelo e a erosão.

A fissuração é uma primeira manifestação dos problemas e é facilmente visível. Diversas causas podem gerar fissuração no concreto, as mais importantes são as causadas pelo processo de corrosão das armaduras (DA SILVA, 1998).

Mehta e Gerwick (1982, apud Mehta e Monteiro, 1994) agrupam as causas físicas de deterioração ao concreto conforme a Figura 3.5.

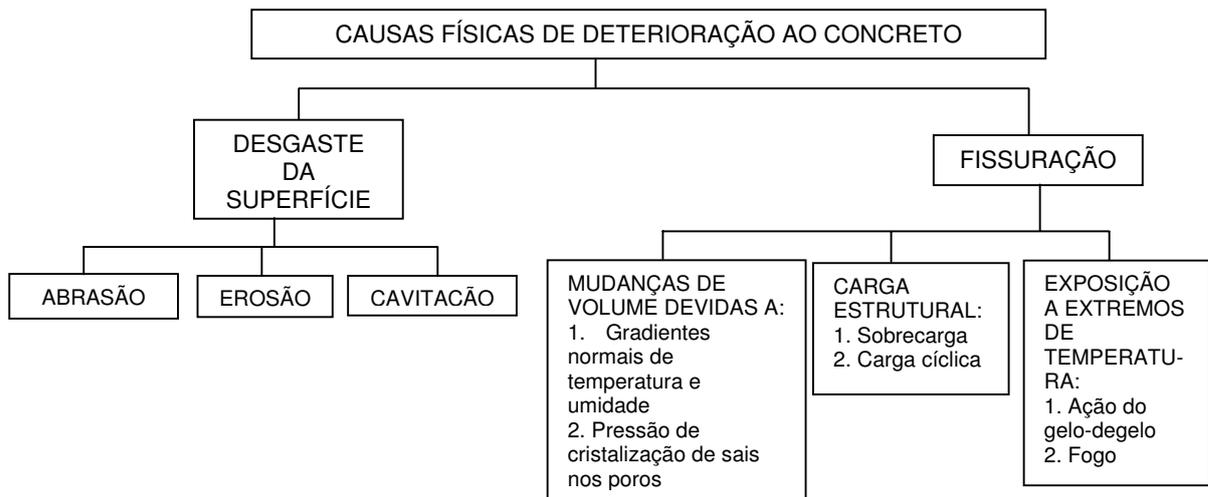


Figura 3.5. Causas físicas de deterioração do concreto.

Fonte: Mehta e Gerwick, 1982, apud Mehta e Monteiro, 1994, p. 128.

Uma boa revisão das causas, controle, avaliação e reparos de fissuras se encontra publicada no Comitê 224 do American Concrete Institute (ACI, 1998).

A perda progressiva de massa da superfície de concreto pode ocorrer devida à abrasão, erosão e cavitação. Abrasão normalmente se refere ao atrito seco, como em pavimentos e pisos industriais pelo tráfego de veículos. A erosão é o desgaste pela ação abrasiva de fluidos contendo partículas sólidas em suspensão, como em estruturas hidráulicas. A cavitação, que é a perda de massa pela formação de bolhas de vapor e sua subsequente ruptura devida a mudanças repentinas de direção em águas que fluem com alta velocidade (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Segundo Mehta e Monteiro (1994), para aumentar a durabilidade do concreto à abrasão ou erosão, como ocorrem na superfície, deve-se dar atenção especial para assegurar que, ao menos, o concreto da superfície seja de alta qualidade.

3.4.2 Aspectos mecânicos

Fatores mecânicos são os gerados devido solicitações de carregamento das estruturas, sobrecargas, tensões, e deformações. Neville (1997) relata ainda que as causas de deterioração mecânica podem ser impactos, erosão, abrasão ou cavitação.

Se existir alguma deficiência em uma estrutura de concreto armado, ela irá se manifestar, na maioria das vezes, através de fissuras, que dependerão do tipo de solicitação que está atuando (HUSNI et al., 2003).

Os fatores mecânicos principais da deterioração, segundo Tapia e Vargas (2003), são abrasão, erosão, deformações e rupturas, danos acidentais e falhas de aderência entre o concreto e o aço.

3.4.3 Aspectos químicos

Segundo Da Silva (1998), o ataque por ácidos, por sulfatos e por álcalis são os processos químicos que produzem mais danos ao concreto.

O gás carbônico, os íons cloreto, fuligem e chuvas ácidas são também grandes agentes químicos de deterioração ao concreto armado encontrados em ambientes marítimos e industriais (HELENE, 1993).

3.4.4 Aspectos biológicos

Segundo Da Silva (1998), os ataques biológicos são mais raros que os processos físicos e químicos de ataque às estruturas. Os processos biológicos podem ser provocados por bactérias, algas e líquens, segundo Regourd (1983, apud DA SILVA, 1998) e Campbell-Allen e Roper (1991, apud DA SILVA, 1998), ou ainda pela ação de vegetações situadas sobre as estruturas (DA SILVA, 1998).

Os líquens geram ácidos que atacam superficialmente o concreto, causando sua erosão (CAMPBELL-ALLEN e ROPER, 1991, apud DA SILVA, 1998). As bactérias são prejudiciais devido à ação de produtos ácidos gerados por elas. As algas e fungos são menos agressivos em comparação com as bactérias e os líquens (DA SILVA, 1998).

O mecanismo de deterioração do material que envolve a participação de microorganismos, expostos a determinadas condições ambientais é chamado de biodeterioração (COSTA; MACHADO e PINHEIRO, [200-?]). A biodeterioração é ainda bastante estudada por RIBAS SILVA (1995, apud PINHEIRO, 2003).

3.5 CORROSÃO DAS ARMADURAS

Quando corretamente executado, o concreto protege a armadura sobre dois aspectos: o físico e o químico. Quanto ao primeiro, a proteção é devida à barreira física proporcionada pelo cobrimento, sobre a armadura, cuja eficiência depende da qualidade e dimensão da espessura do concreto de cobrimento; a proteção química resulta do elevado pH existente na solução aquosa presente nos poros do concreto, permitindo, assim, a formação de uma fina película protetora, conhecida como camada de passivação (FORTES e ANDRADE, 2001).

Os principais agentes responsáveis pela perda de proteção são: o dióxido de carbono (CO_2) e os íons cloreto (Cl^-) (FORTES e ANDRADE, 2001), podendo levar à corrosão das armaduras.

O mecanismo da corrosão da armadura é uma manifestação específica da corrosão eletroquímica em meio aquoso. Tem-se que o mecanismo da corrosão do aço só se desenvolve em presença de água ou ambiente com umidade relativa elevada (U.R.> 60%). Por outro lado isto só ocorre nas três seguintes condições básicas, segundo Helene (1993): 1) existência de um eletrólito; 2) existência de uma diferença de potencial de eletrodo e 3) presença de oxigênio.

A corrosão é um processo desenvolvido de modo espontâneo como o de qualquer pilha eletroquímica, onde existam um anodo, um cátodo, um eletrólito e a presença de um condutor elétrico. A ausência de um destes elementos impedirá o início da corrosão ou cessará o processo, caso já esteja em andamento (FORTES e ANDRADE, 2001; HELENE, 1993).

Entre o anodo e o cátodo haverá uma diferença de potencial (ddp) que pode dar origem à circulação de corrente elétrica, devido a formação de uma certa pilha. Conforme a intensidade de corrente e a de acesso do oxigênio, haverá corrosão que tanto poderá evoluir lentamente e, neste caso, ser desprezível para efeito de vida útil

da estrutura, como rapidamente, quando a corrosão deverá ser considerada (FORTES e ANDRADE, 2001).

O fenômeno eletroquímico da corrosão da armadura, desde que esta esteja despassivada, é ilustrado na Figura 3.6.

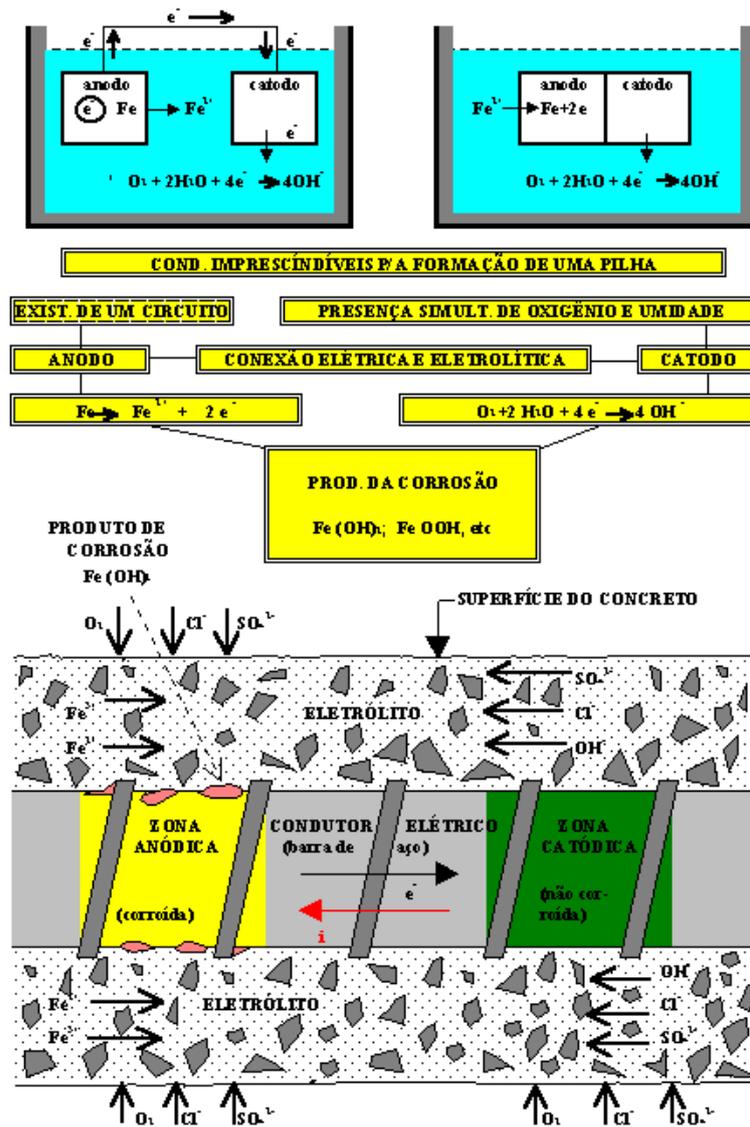


Figura 3.6. Formação de pilha de corrosão em concreto armado.
Fonte: Andrade, 1992 e Porrero, 1975, apud Fortes e Andrade, 2001, p. 4.

Esse fenômeno se resume em: os elétrons movimentam-se no aço, partindo das regiões anódicas para as catódicas, completando-se o circuito elétrico através do eletrólito que é uma solução iônica (HELENE, 1993).

Fortes e Andrade (2001) resumem ainda: primeiramente, a película passivante da armadura é destruída por ação combinada da umidade, do oxigênio e de agentes

agressivos, principalmente cloretos, que penetram no concreto. A concentração destes elementos é variável ao longo da armadura, dando origem a uma pilha de corrosão, devido a ddp entre trechos diferentes (anodo e cátodo). Surge uma corrente elétrica (fluxo de íons) que sai das áreas anódicas para o concreto (eletrólito), corroendo-as, penetra nas áreas catódicas, protegendo-as e retorna às áreas anódicas, pelos ferros da armadura, fechando o circuito (FORTES e ANDRADE, 2001).

As reações típicas, mais simples, estão indicadas nas respectivas áreas da Figura 3.7. As reações anódicas ocorrem no aço produzindo sua corrosão e nas áreas catódicas, as reações são processadas no meio, não havendo, assim, dissolução do aço. Estas reações eletroquímicas são as mais simples, variando conforme as condições do meio, para reações mais complexas (FORTES e ANDRADE, 2001).

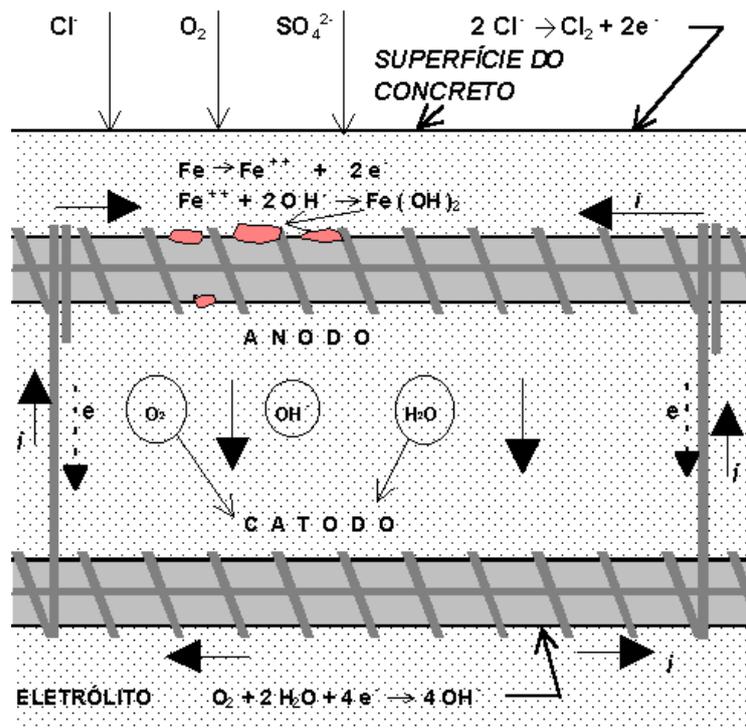


Figura 3.7. Pilha de corrosão em concreto armado com o anodo e cátodo em barras distintas.
 Fonte: Labre e Gomes, 1989, apud Fortes e Andrade, 2001, p. 5.

Não há corrosão em concretos secos (ausência de eletrólito) e tampouco em concreto totalmente saturado, devido não haver suficiente acesso de oxigênio. Em tais condições, só haverá dissolução do aço da armadura, se houver intensidade de corrente suficiente para realizar a eletrólise da água gerando, assim, oxigênio extra,

pois sempre existe água no concreto e, geralmente, em quantitativo suficiente para atuar como eletrólito, mormente quando este está em presença de climas úmidos (FORTES e ANDRADE, 2001).

A heterogeneidade na superfície do aço ou no concreto, na vizinhança da armadura, poderá justificar a ddp entre regiões distintas, muito próximas ou com certa distância, formando as chamadas micro ou macropilhas, respectivamente (FORTES e ANDRADE, 2001).

Conforme a célula de corrosão formada pela armadura e o concreto que o envolve, descrita pelo CEB (1992), havendo uma pequena diferença de potencial entre a zona catódica e anódica será gerada corrente elétrica. O processo de corrosão será gerado dependendo da magnitude da corrente elétrica e do acesso de oxigênio até a armadura.

A formação do eletrólito é feita pela água principalmente em elementos expostos às intempéries, sendo que alguns produtos da hidratação do cimento podem colaborar para formar um bom eletrólito, como é o caso do Ca(OH)_2 , NaOH e KOH, que sendo solúveis em água formam uma solução saturada que preenche os poros do concreto (HELENE, 1981, apud GUIMARÃES, 2000).

HELENE (1993) salienta que os cloretos, mesmo em meio alcalino, podem causar corrosão da armadura, pois destroem a capa passivada do aço, sendo que para maiores teores de cloreto a probabilidade de despassivação aumenta.

A corrosão pode ser intensificada por agentes agressivos externos que penetram no concreto ou podem fazer parte da composição do concreto por ocasião da sua execução, através de aditivos, água ou agregado contaminados. Entre esses agentes, podem-se citar os seguintes elementos: íons sulfetos (S^{2-}), íons cloretos (Cl^-), dióxido de carbono (CO_2), nitritos (NO_2^-), gás sulfídrico (H_2S), cátion de amônio (NH_4^+), óxidos de enxofre (SO_2 , SO_3), fuligem, etc. Esses elementos comprometem a proteção que o aço possui naturalmente no concreto impedindo a formação da camada passivadora da armadura ou destruindo esta (HELENE, 1981, apud GUIMARÃES, 2000).

A corrosão da armadura pode ter as seguintes causas (BICZÓK, 1972, apud GUIMARÃES, 2000, p. 23):

- a) excesso de CaCl_2 na execução do concreto;
- b) modo errado de adicionar o cloreto de cálcio, por exemplo, adicionar ao cimento ao invés da água de amassamento;
- c) concreto de má qualidade, muito permeável, ou seja, com pouco cimento ou pouco compacto; e
- d) meio ambiente muito agressivo.

No caso de meio ambiente agressivo, por exemplo, água do mar ou sais de degelo, os íons cloreto podem penetrar até a armadura do concreto endurecido através da sua rede de poros, sendo que o teor de cloretos vai aumentando com o tempo, podendo provocar uma velocidade de corrosão muito intensa (ANDRADE, 1992).

Está apresentado no Quadro 3.4 um resumo dos fatores determinantes da corrosão nas armaduras de concreto armado (HELENE, 1993). Esse grande número de variáveis somando às características geométricas da barra e da estrutura, em diferentes ambientes ou em um mesmo ambiente, porém, com variações de condição climática, torna complexo o estudo e a previsão da corrosão em casos reais.

O tempo necessário à despassivação pode ser aumentado	A taxa de corrosão pode ser reduzida com	A carbonatação pode ser reduzida com	A penetração de cloretos no concreto pode ser reduzida com
Aumento da espessura de cobrimento	Aumento da espessura de cobrimento	Aumento da espessura de cobrimento	Aumento da espessura de cobrimento
Redução da relação a/c	Redução da relação a/c	Redução da relação a/c	Redução da relação a/c
Secagem do concreto	Secagem do concreto	Secagem do concreto	Secagem do concreto
Redução da umidade relativa do ambiente	Redução da umidade relativa do ambiente	Redução da umidade relativa do ambiente	Redução da umidade relativa do ambiente
Redução da temperatura	Redução da temperatura	Redução da temperatura	Redução da temperatura
Aumento do tempo de cura	Aumento do tempo de cura	Aumento do tempo de cura	Aumento do tempo de cura
-	-	Redução do teor de escória de alto forno	Aumento do teor de escória de alto forno

Quadro 3.4. Fatores intervenientes no processo de corrosão, carbonatação e contaminação por cloretos. (cont.)

O tempo necessário à despassivação pode ser aumentado	A taxa de corrosão pode ser reduzida com	A carbonatação pode ser reduzida com	A penetração de cloretos no concreto pode ser reduzida com
-	-	Redução do teor de pozolanas	Aumento do teor de pozolanas
-	-	Redução do teor de microssílica	Aumento do teor de microssílica
Aumento do teor de C ₃ A	Aumento do teor de C ₃ A	-	Aumento do teor de C ₃ A
Saturação do concreto	Saturação do concreto	Saturação do concreto	-

Quadro 3.4. Fatores intervenientes no processo de corrosão, carbonatação e contaminação por cloretos. (conclusão)

Fonte: HELENE, 1993, p. 158.

3.5.1 Despassivação por carbonatação

Desenvolvida pela ação do gás carbônico da atmosfera (ABNT, 2003; HELENE, 1997a). O gás carbônico penetra na estrutura e reage com hidróxidos alcalinos da solução dos poros do concreto reduzindo o pH da solução. Em ambientes de umidade relativa abaixo de 98% e acima de 60%, ou ambientes passíveis de ciclos de molhagem e secagem pode haver a despassivação deletéria da armadura de forma significativa, possibilitando o desenvolvimento da corrosão. A identificação da profundidade de carbonatação necessita de ensaios específicos, uma vez que o fenômeno não é perceptível a olho nu. A carbonatação não reduz a resistência do concreto, e até pode aumentar sua dureza superficial (HELENE, 1997a).

Se o pH da solução no interior do concreto endurecido for maior que 12 e se não houver presença de cloretos, o filme passivante que envolve o aço é considerado estável. Por esse motivo o concreto e o aço formam uma combinação muito boa, pois os cimentos Portland, utilizados na execução de concreto, após a hidratação possuem álcalis na solução intersticial. Aproximadamente 20% da massa de cimento Portland comum hidratado é constituído de hidróxido de cálcio e outros álcalis, garantindo uma alcalinidade que mantém o pH superior a 12. Desta forma, a camada de cobertura do concreto protege o aço por passivação. Se essa camada de cobertura do concreto carbonatar ou for neutralizada por solução ácida, reduzindo o pH abaixo de 11,5, a passividade do aço poderá ser desfeita, ficando este sujeito ao processo de corrosão (HELENE, 1986).

Segundo Neville (1997), a alcalinidade da camada protetora de concreto ao ser neutralizada pela carbonatação pode fazer com que o pH caia de 12 para aproximadamente 8, mas a corrosão do aço só ocorre na presença de umidade e oxigênio, ou seja, quando esses agentes agressivos penetrarem no concreto até a armadura. Isso pode ocorrer facilmente através de fissuras e ninhos de concretagem em um concreto de má qualidade, ou até mesmo em concretos de alta qualidade, pois o material concreto é por definição um material poroso.

Para que isso não ocorra, deve-se evitar que a frente de carbonatação da camada de cobertura do aço se aproxime das armaduras, através de uma espessura de cobertura adequada para um tipo de concreto utilizado (GUIMARÃES, 2000).

A carbonatação apesar de responsável por um incremento pequeno de retração, não prejudica por si só o concreto simples. Até pelo contrário, concretos carbonatados são mais resistentes e mais impermeáveis à penetração de agentes agressivos que os mesmos concretos não carbonatados (HELENE, 1993).

A alcalinidade do concreto endurecido, a qual se deve em grande parte à presença de Ca(OH)_2 , NaOH e KOH obtidos nas reações de hidratação do cimento, pode ser reduzida nas superfícies mais expostas. Esse processo denominado de carbonatação ocorre devido à ação principalmente do CO_2 existente no meio ambiente assim como devido a outros gases, tais como SO_2 e H_2S . Esse processo ocorre normalmente de forma lenta, sendo que sua reação principal pode assim ser expressa simplificada (HELENE, 1993; CASCUDO, 1997):



A penetração do gás carbônico presente na atmosfera no concreto dá-se preponderantemente por um mecanismo de difusão (HELENE, 1993).

Na maioria dos casos o mecanismo de difusão do CO_2 no concreto trata-se de gradientes de concentração de CO_2 . Em poros saturados de água a difusão de CO_2 será desprezível (cerca de 10^4 vezes mais baixa) e em poros excessivamente secos faltará água para que a reação ocorra (HELENE, 1993; CASCUDO, 1997).

Uma característica do processo de carbonatação é a existência de uma “frente” de avanço do processo, que separa duas zonas com pH muito diferentes; uma com pH

menor que 9 (carbonatada) e outra com pH maior que 12 (não carbonatada). Ela é comumente conhecida por frente de carbonatação e deve sempre ser mensurada com relação à espessura do concreto de cobertura da armadura. É importante que essa frente não atinja a armadura, sob pena de despassivá-la (CASCUDO, 1997). A Figura 3.8 mostra um esquema simplificado do processo de carbonatação.

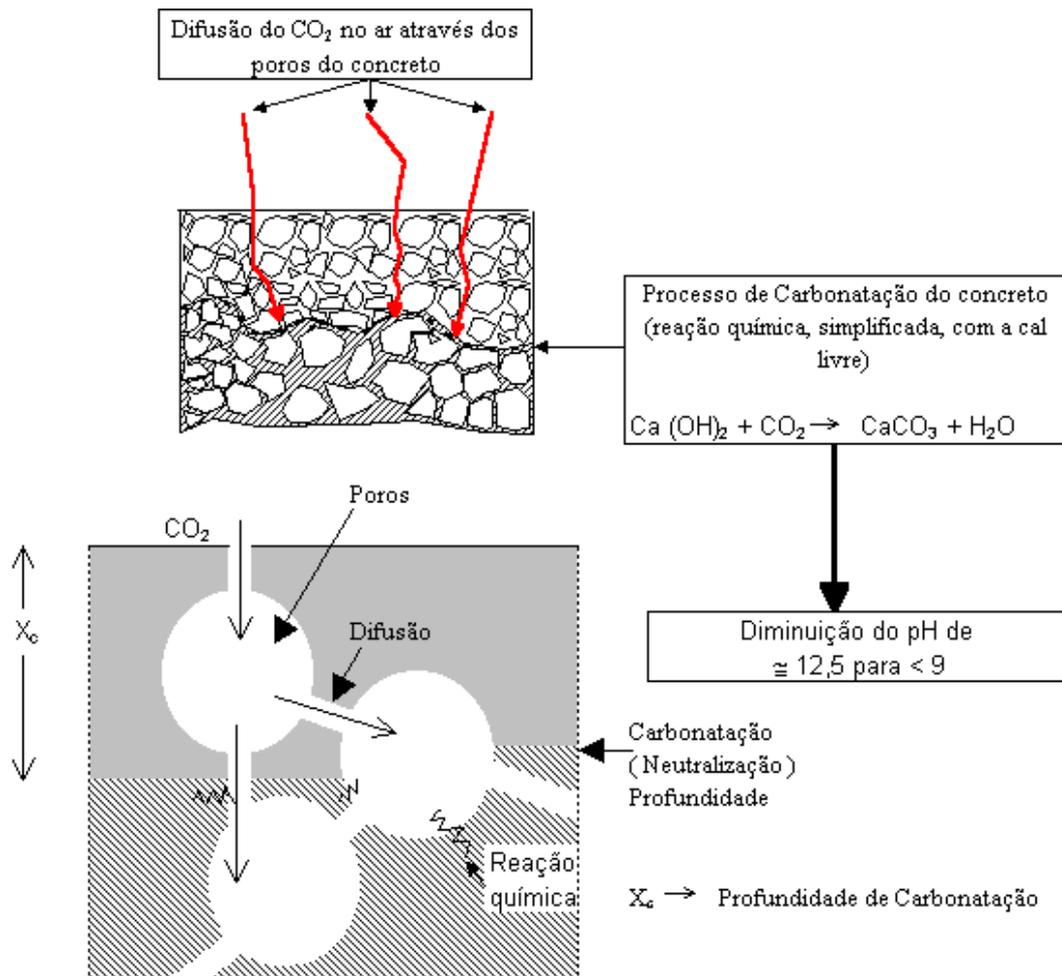


Figura 3.8. Esquema simplificado do processo de carbonatação.
Fonte: Fortes e Andrade, 2001, p. 12.

Finalmente, se os poros estiverem apenas parcialmente preenchidos com água, que é normalmente o caso próximo à superfície do concreto, à frente de carbonatação avança até profundidades onde os poros do concreto apresentem essa condição favorável. Esta é a situação efetivamente deletéria sob o ponto de vista da despassivação da armadura (CASCUDO, 1997).

Com a carbonatação, descaracterizada a capa de passivação, o aço se corrói de forma generalizada, tal como se estivesse simplesmente exposto à atmosfera sem

qualquer proteção, porém com o agravante de que a umidade permanece no interior do concreto e, portanto, em contato com a armadura muito mais tempo do que se esta estivesse exposta ao ar, já que o concreto absorve umidade muito rapidamente, mas seca bem mais lentamente (CASCUDO, 1997).

A profundidade da frente de carbonatação é de difícil previsão, pois depende de diversos fatores como: tipos de componentes utilizados e suas proporções; técnica empregada na execução, como: transporte, lançamento, adensamento, cura, etc; e meio ambiente em que está inserido. Sendo assim, a velocidade da frente de carbonatação é variável dentro de grandes limites (HELENE, 1986).

A atmosfera e o micro-clima que envolve a estrutura de concreto têm grande influência na taxa de carbonatação. Também a relação a/c tem grande influência na profundidade de carbonatação, pois determina a porosidade e permeabilidade do concreto (HELENE, 1993).

O conteúdo de umidade no concreto é um fator crucial na deterioração do concreto por carbonatação. Se os poros estão completamente secos, o CO_2 não pode reagir, se os poros estão completamente saturados, sua penetração é muito lenta, devido à baixa solubilidade do CO_2 na água. Somente quando os poros estão parcialmente saturados (de 50 a 80%) é que ocorrem as condições ótimas para a carbonatação.

A porosidade do concreto é um fator muito importante na carbonatação do mesmo, uma vez que os poros capilares, de menor tamanho estão normalmente saturados e, portanto inacessíveis a carbonatação. Os concretos porosos se carbonatam com grande velocidade (RINCON et al., 1997).

Por estrutura dos poros do concreto se entende o tipo e quantidade de poros e a distribuição dos mesmos pelos tamanhos. Essa estrutura e sua permissão a passagem de água são os fatores determinantes na permeabilidade do concreto, a qual controla a penetração de substâncias gasosas ou dissolvidas. De acordo com a origem e características os poros podem se classificar em poros de compactação de ar, capilares e de gel. Pode-se ainda adotar uma classificação mais geral em função do tamanho e da conexão entre eles, como microporos, capilares e macroporos (SCHIESSL, 1987 e GEHO-CEB, 1993, apud DA SILVA, 1998).

Segundo Garboczi (1995, apud DA SILVA, 1998), o tamanho e a conexão entre os poros são as características básicas para o estudo da influência de sua estrutura no transporte de substâncias.

Segundo Schiessl (1987, apud DA SILVA, 1998), os macroporos e os poros capilares são os mais relevantes em relação aos mecanismos de transporte. Em relação à conexão entre os poros, Buil e Ollivier (1992, apud DA SILVA, 1998) distinguem entre poros interconectados, poros ilhados e cegos, de acordo com a Figura 3.9. Entre eles, somente os poros interconectados são os que participam do transporte de substâncias.

A velocidade de avanço da frente de carbonatação é de vital importância para o cálculo do tempo que esta levará para chegar até a armadura. Essa velocidade é função fundamentalmente da umidade do concreto, sua porosidade (relação a/c) e seu conteúdo de componentes alcalinos carbonatados (RINCON et al., 1997).

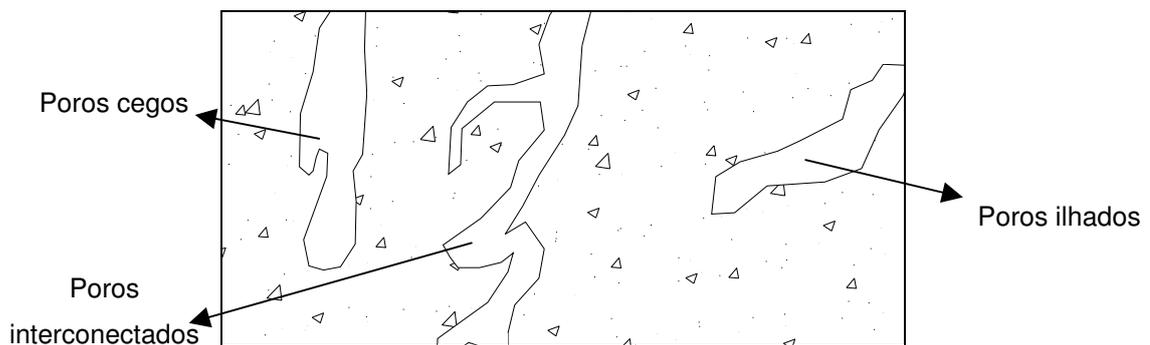


Figura 3.9. Tipos de poros em relação à conexão entre eles.
Fonte: Buil e Ollivier, 1992, apud Da Silva, 1998.

Uma vez carbonatado até a armadura, se a umidade do ambiente for menor que 80%, a despassivação não dará lugar a velocidades de corrosão apreciáveis. Se a umidade for maior que 80%, se pode alcançar conteúdos de umidade que levem a um nível de corrosão considerável (RINCON et al., 1997). Alguns autores, porém, consideram os seguintes intervalos de umidade do ambiente favoráveis à carbonatação: de 65 a 85% (HELENE, 1981), de 50 a 60% (CEB/FIP BULLETIM 148, 1982) e de 50 a 80% (ANDRADE, 1992).

Andrade (1992) salienta que a velocidade de avanço da carbonatação é um processo lento que se atenua com o tempo, ajustando-se a uma lei parabólica do tipo:

$$x = K \cdot \sqrt{t} \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde: t é o tempo, K é uma constante e x é a profundidade.

Andrade (1992) salienta ainda, que a constante desta lei depende de muitos fatores relacionados com a qualidade e resistência do concreto (tipo de cimento, proporção por metro cúbico de concreto, relação a/c, etc.) e da umidade ambiental.

A modelagem e predição do avanço da carbonatação não é objeto deste trabalho, entretanto, cabe destacar neste momento, que existem vários modelos para prever a velocidade de avanço da carbonatação, desde modelos analíticos, até modelos baseados em métodos numéricos (diferenças finitas, método dos elementos finitos). Sobre este assunto, vale consultar Crank (1990) e Saetta (1993).

3.5.2 Despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto)

Os cloretos penetram na estrutura e ao superarem, na solução dos poros do concreto, um certo teor limite em relação à concentração de hidroxilas, despessam a superfície do aço e instalam um processo de corrosão. Os elevados teores de cloretos podem ainda ser introduzidos durante o processo de amassamento do concreto, geralmente pelo excesso de aditivos aceleradores de endurecimento. Para a identificação da profundidade ou frente de penetração de certo teor crítico de cloreto são necessários ensaios específicos. Se essa frente, em concentração crítica, atingir a armadura, pode provocar séria corrosão das armaduras. Não se percebe esse fenômeno a olho nu, e não há a redução da resistência do concreto nem a alteração do seu aspecto superficial (HELENE, 1997a; ANDRADE, 1992).

Nenhum outro contaminante comum está tão extensivamente documentado na literatura como causador de corrosão dos metais no concreto como estão os cloretos (CASCUDO, 1997).

A presença de cloretos no concreto pode ser originada de fontes comuns, como aditivos, agregados contaminados por sais, água de amassamento, soluções de sais

degelantes, água do mar, atmosfera marinha (maresia), processos industriais (HELENE, 1986; ANDRADE, 1992; MEHTA e MONTEIRO, 1994; FIGUIEREDO e HELENE, 1994; CASCUDO, 1997; RODRIGUEZ et al., [199-?]).

De acordo com Helene (1993, p. 113), “[...] quanto maior a concentração de cloretos menor a probabilidade de passivação do aço, mesmo em ambientes de elevada alcalinidade, como $\text{pH}=12,5$ característico da solução intersticial do concreto [...]”.

Os mecanismos de transporte que levam ao movimento e concentração iônica dos cloretos no concreto são os seguintes: difusão iônica, absorção capilar, permeabilidade sob pressão e migração iônica. O transporte dos cloretos e de outras substâncias no interior do concreto é decisivamente influenciado pela estrutura porosa da pasta de cimento endurecida. Neste sentido, a interconexão dos poros, que determina a porosidade aberta, e a distribuição do tamanho de poros, constituem-se fatores de suma importância. A porosidade aberta possibilita o transporte das substâncias e caracteriza a permeabilidade da pasta; por sua vez, o tamanho dos poros interfere na velocidade de transporte (CASCUDO, 1997).

A seguir apresentam-se algumas considerações inerentes aos mecanismos de transporte dos cloretos no concreto (CASCUDO, 1997):

a) absorção: a absorção de soluções líquidas ricas em íons cloro oriundos de sais dissolvidos (como a névoa salina, por exemplo) geralmente representa o primeiro passo para a contaminação por impregnação externa de peças de concreto. Tal fenômeno, motivado por tensões capilares, ocorre imediatamente após o contato superficial do líquido com o substrato. A absorção capilar; portanto, depende da porosidade aberta, isto é, dos poros capilares interconectados entre si, permitindo o transporte das substâncias líquidas contaminadas para o interior do concreto; mas depende sobretudo, do diâmetro dos poros e apresenta forças de sucção capilar tão mais intensas quanto menores forem os diâmetros dos capilares. Esta estrutura de poros caracteriza o concreto como um material hidrófilo, ou seja, um material ávido de água. Pelo processo de absorção, a solução salina pode penetrar vários milímetros em poucas horas (CASCUDO, 1997);

b) difusão iônica: excetuando-se a absorção capilar que ocorre na camada superficial, o movimento dos cloretos no interior do concreto, onde o teor de umidade

é mais elevado, dá-se essencialmente por difusão em meio aquoso. A difusibilidade iônica acontece devido a gradientes de concentração iônica, seja entre o meio externo e o interior do concreto, seja dentro do próprio concreto. Estas diferenças nas concentrações de cloretos suscitam o movimento desses íons em busca do equilíbrio. Caso haja uma interconexão dos capilares e eletrólito, a difusão iônica é mais significativa sob a ótica da durabilidade que a permeabilidade (CASCUDO, 1997);

c) permeabilidade: a permeabilidade é um dos principais parâmetros de qualidade do concreto e representa a facilidade (ou dificuldade) com que dada substância transpõe dado volume de concreto, pressupondo-se uma diferença de pressão. Como ela, está relacionada com a interconexão de poros capilares, constitui-se em um fator de fundamental importância para que haja o transporte iônico via penetração de substâncias líquidas, como a já mencionada absorção capilar ou mesmo como a permeabilidade motivada por pressões hidráulicas. É importante ressaltar que a permeabilidade a líquidos sob pressão será tanto mais acentuada quanto maior for o diâmetro dos poros capilares, além obviamente da comunicação entre eles; isto na prática é obtido através de relações água/cimento relativamente altas, acima de 0,6, por exemplo. Por sua vez, à medida que se baixa esse número, vai se obtendo estruturas cada vez mais compactas, com poros capilares mais “estretos”. Isto, apesar de favorecer uma maior absorção capilar, pelas forças de sucção aumentadas quando da redução no diâmetro dos capilares, é desejável que aconteça porque diminui de fato a absorção total e a permeabilidade. A justificativa deste fato é que com estrutura de pasta mais compacta, a despeito do favorecimento no acréscimo das pressões capilares, haverá sempre uma queda significativa na porosidade capilar e na interconexão ou comunicação entre os poros (CASCUDO, 1997); e

d) migração iônica: sendo os cloretos íons com carga elétrica negativa, é de se esperar que a ação de campos elétrica promova uma migração iônica. No concreto a migração pode se dar pelo próprio campo gerado pela corrente elétrica do processo eletroquímico; assim como pode ser oriundo da ação de campos elétricos externos, como, por exemplo, ao se empregar a técnica de proteção catódica para o controle da corrosão (CASCUDO, 1997).

Portanto, segundo Cascudo (1997) pode-se afirmar que na grande maioria dos casos, os mecanismos de transporte dos cloretos presentes no concreto são a absorção capilar e a difusão iônica. A absorção se dá numa camada superficial do concreto, geralmente onde ocorre a molhagem e secagem do cobrimento pela ação das intempéries; mais para o interior do concreto onde a presença do eletrólito é mais constante, tem-se basicamente a difusão.

Segundo o relatório do ACI Comitê 222 (1996), há três teorias modernas para explicar os efeitos dos íons cloreto sobre a corrosão do aço, das quais, a primeira está explicitamente ligada ao período de iniciação¹, enquanto as outras duas parecem referir-se ao período de propagação² da corrosão:

a) teoria do filme de óxido: esta teoria diz que os íons penetram no filme de óxido passivante sobre o aço, através de poros ou defeitos, mais facilmente do que penetram outros íons, por exemplo, de sulfato SO_4^- . Alternadamente os cloretos podem dispersar-se coloidalmente³ no filme de óxido, tomando mais fácil a sua penetração (ACI, 1996);

b) teoria da adsorção: os íons Cl^- são adsorvidos na superfície metálica em competição com o oxigênio dissolvido ou com íons hidroxila. O cloreto promove a hidratação dos íons metálicos, facilitando a sua dissolução em cátions (ACI, 1996); e

c) teoria do complexo transitório: nesta teoria os íons Cl^- competem com os íons hidroxila (OH^-) para produção de íons ferrosos pela corrosão, denominados complexos transitórios. Forma-se então um complexo solúvel de cloreto de ferro. Este pode difundir-se a partir das áreas anódicas destruindo a camada protetora de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e permitindo a continuação do processo corrosivo. A certa distância do eletrodo o complexo é rompido, precipita o hidróxido de ferro e o íon cloreto fica livre para transportar mais íons ferrosos da área anódica. Uma vez que a corrosão não é estancada, mais íons de ferro continuam a migrar dentro do concreto, a partir do

¹ É o tempo que demora para o agente agressivo atravessar o concreto de cobrimento atingindo a armadura até sua despassivação, segundo o Modelo de Tuutti (1980, apud CASCUDO 1997).

² É o tempo que compreende uma acumulação progressiva da deterioração, até que se alcance um nível inaceitável da mesma (ANDRADE, 1992). Também é descrito pelo Modelo de Vida Útil de Tutti.

³ Entende-se por colóide uma dispersão de um sólido em um líquido. Caracteriza-se por ser a fase dispersa composta de finas partículas uniformemente dispersas, com dimensões variando de 0,001 a 1 μm .

ponto de corrosão, e reagem também com o oxigênio para formar óxidos mais altos que induzem a um volume quatro vezes maior, causando tensões internas e fissuras no concreto. A formação de complexos de cloreto de ferro pode também conduzir a forças internas que levem à fissuração e à desagregação do concreto (ACI, 1996).

A despeito das teorias do ACI e das várias discussões sobre o assunto, a verdade é que a compreensão precisa do mecanismo de despassivação pela ação de cloretos ainda está por vir. É claro que a forma macroscópica de atuação desses íons no período de iniciação, os quais invariavelmente agem provocando acidificações locais que levam a desestabilizações puntiformes do filme de óxidos passivos (CASCUDO, 1997).

Pode-se exemplificar a penetração de íons cloreto por forças capilares como o que ocorre em zonas costeiras de clima quente, onde há névoa salina, que são gotículas de água contendo cloretos. Neste caso, é importante conhecer a direção predominante do vento e a insolação, para análise do ataque desse meio ambiente (ANDRADE, 1992).

O efeito higroscópico do concreto é elevado com a presença dos íons cloreto, aumentando assim a umidade dos poros da pasta de cimento, podendo crescer a intensidade de ataque desses íons a níveis inaceitáveis devido à diminuição da resistividade. No caso de grandes concentrações de cloretos, mais umidade fica retida no concreto, diminuindo a resistividade do concreto (abaixo de $50 \times 10^3 \text{ W.cm}$), fato que aumenta o risco de corrosão do aço (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A profundidade de penetração e o teor de cloretos são altamente dependentes do micro clima e da atmosfera onde está inserida a estrutura. Normalmente, a região de variação e respingos da maré é uma das mais atacadas, pois tem cloretos, água e oxigênio suficientes para o processo da corrosão. Em regiões litorâneas a direção preferencial dos ventos determina de forma marcante as fachadas que estarão submetidas a um grau superior de ataque. Partículas de água do mar contendo sais dissolvidos, inclusive cloretos em suspensão na atmosfera, são arrastadas pela força dos ventos e depositadas por impactação na superfície das estruturas de concreto (HELENE, 1993).

Um trabalho importante na área de concentração de cloretos e sua relação com o distanciamento da costa marinha é o apresentado por Meira et al. (2003), onde se pôde concluir que as estruturas situadas na zona de atmosfera marinha devem ser abordadas de forma diferente em função da sua localização, e ainda, estruturas situadas relativamente próximas, podem estar submetidas a condições agressivas completamente distintas. Outra conclusão obtida é que o efeito da distância na redução da taxa de deposição de cloretos da névoa salina se dá de forma acentuada nos primeiros 200m em relação ao mar.

A temperatura também tem um papel importante na penetração de cloretos no concreto, alterando o coeficiente efetivo de difusão de cloretos (HELENE, 1993).

Portanto, é evidente a ação extremamente deletéria dos cloretos, que vai desde a despassivação da armadura até a participação plena no processo corrosivo; a saber, eles aumentam substancialmente a condutividade elétrica do eletrólito, acelerando o processo, além de participarem das reações para formação dos produtos de corrosão. Fora tudo isso, deve-se essencialmente aos cloretos a ocorrência da corrosão localizada por pite⁴ (possivelmente por causa das acidificações locais mencionadas anteriormente), a qual apresenta grande gravidade do ponto de vista das estruturas de concreto (CASCUDO, 1997).

O tempo que os cloretos levam para alcançar a armadura do concreto, correspondente ao denominado tempo de iniciação no modelo de Tuutti (1980, apud CASCUDO, 1997) depende dos seguintes fatores (ANDRADE, 1992; FIGUEIREDO e HELENE, 1994):

- concentração de cloretos no meio externo;
- natureza do cátion que acompanha o cloreto;
- se há presença de outro ânion como o sulfato;
- processo de execução;

⁴ Corrosão por pite, é um tipo de corrosão localizada, no qual há a formação de pontos de desgaste definidos na superfície metálica, os quais evoluem aprofundando-se, podendo causar a ruptura pontual da barra (CASCUDO, 1997, p. 18).

- grau de carbonatação;
- qualidade do concreto: tipo de cimento, proporção de aluminato tricálcico, relação água/cimento, tipo de cura;
- temperatura; e
- abertura e quantidade das fissuras.

Um ponto bastante polêmico em relação aos cloretos seria sua concentração crítica máxima, abaixo da qual não há despassivação da armadura. A norma brasileira NBR6118 (ABNT, 2003), até antes da revisão fixava a quantidade máxima de cloretos (Cl^-) em 500 mg/l em relação à água de amassamento. A maioria das normas estrangeiras fixam os teores de Cl^- em relação à massa de cimento. Um valor médio geralmente aceito para concentração crítica de cloretos é o de 0,4% em relação à massa de cimento ou 0,05 a 0,1% em relação à massa de concreto (ANDRADE, 1992; EHE, 1999; pr EN-206).

Na Figura 3.10 verifica-se a variação do conteúdo crítico de íons cloreto em função da qualidade do concreto e da umidade relativa do ambiente, levando em conta se o concreto está ou não carbonatado.

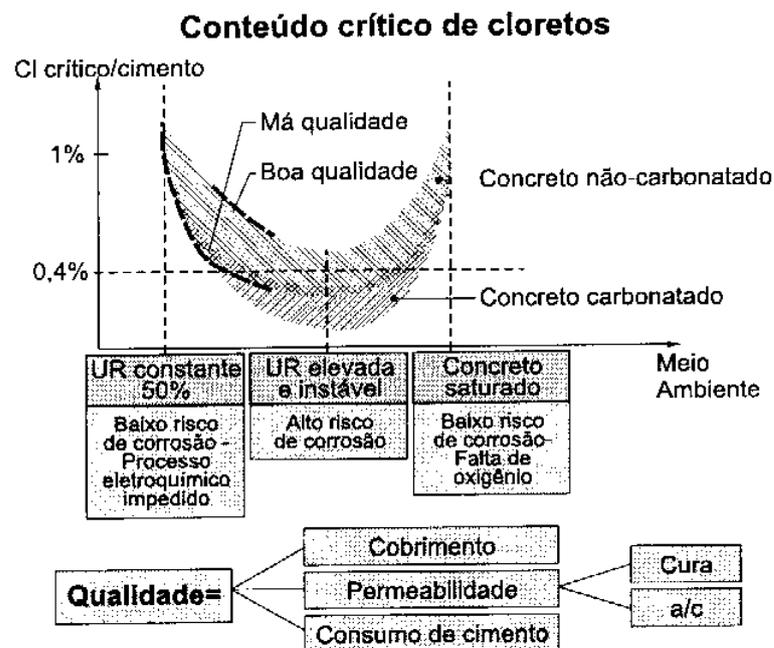


Figura 3.10. Esquema conceitual para adoção do teor crítico de cloretos em função da qualidade do concreto e da umidade do ambiente.

Fonte: CEB-FIP, 1992, apud Guimarães, 2000, p. 28; Cascudo, 1997, p. 49; CEB-FIP, 1992 apud Helene, 1993, p. 138; Andrade, 1992, p.27.

São três os aspectos relevantes no caso de penetração de cloretos do meio exterior, segundo Rincon et al. (1997):

- o tempo até alcançar a armadura;
- a proporção que induz a despassivação do aço; e
- a velocidade de corrosão que provocam, uma vez desencadeada a corrosão.

Para o tempo necessário para que os cloretos alcancem a armadura, o importante é checar a que profundidade está a frente de cloretos no momento da inspeção, já que o cobrimento do concreto deve ser superior a profundidade que os íons alcançam, no tempo previsto de vida útil da estrutura (BAMFORTH, 1993, apud RINCON et al., 1997).

Segundo Rincon et al. (1997), geralmente a velocidade do avanço dos cloretos é uma função da raiz quadra do tempo:

$$X_{Cl^-} = K_{Cl^-} \sqrt{t} \quad (\text{cloretos}) \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde: X_{Cl^-} é a profundidade alcançada por uma certa proporção de cloretos, t é o tempo e K_{Cl^-} é uma constante que depende do concreto e do meio.

O cálculo rigoroso de X_{Cl^-} é bastante complexo, devido ser influenciado por muitos parâmetros, como porosidade do concreto, tipo de cimento, nível de contaminação do meio externo, umidade do concreto, etc (RINCON et al, 1997).

A modelagem e predição do avanço de cloretos não é objeto deste trabalho, entretanto, cabe destacar neste momento, que existem vários modelos para predizer a velocidade de avanço dos cloretos, desde modelos analíticos, até modelos baseados em métodos numéricos (diferenças finitas, método dos elementos finitos). Sobre este assunto, vale consultar Crank (1990), Andrade, Díez e Cruz (1997) e Martín-Perez et al. (2000).

3.5.3 Modelo de Tuutti

O modelo clássico de vida útil da armadura do concreto, relativa à corrosão, está ilustrado na Figura 3.11, e foi proposto por Tuutti em 1982 (HELENE, 1993; FORTES e ANDRADE, 2001; CASCUDO, 1997; RODRIGUEZ et al., [199-?]).

A vida útil é dividida, geralmente, em dois períodos, um de iniciação e outro de propagação, conforme está apresentado na Figura 3.11.

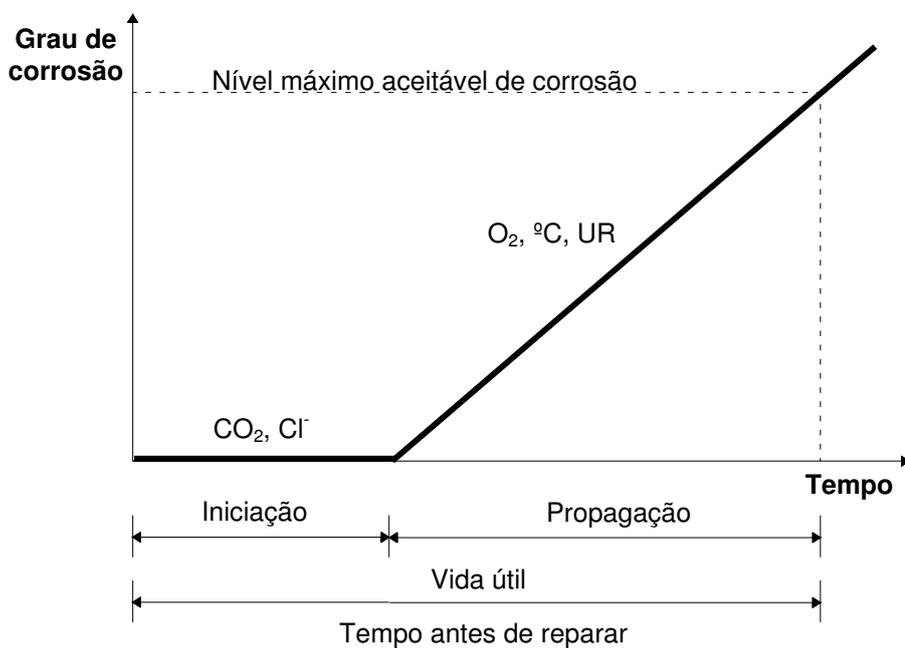


Figura 3.11. Modelo de vida útil de Tuutti.
Fonte: Tuutti, 1982, apud Andrade, 1992.

Por sugestão de Helene (1993), constava na revisão da NBR6118 (ABNT, 2000) o conceito de vida útil das estruturas de concreto conforme a Figura 3.12.

A vida útil tem sido objeto de muitos estudos nos últimos anos. Da Silva (2001) descreve que grande parte das pesquisas de vida útil está centrada em estruturas em deterioração, e que é importante aplicar a experiência acumulada sobre o assunto em estruturas recém construídas.

Existem muitos métodos estudados e elaborados para o cálculo da vida útil das estruturas. Para o caso de estruturas em deterioração por corrosão de armaduras, é apresentado em Da Silva (1998) um método para determinação da vida útil de lajes

nervuradas, e ainda há uma vasta revisão bibliográfica sobre os modelos de previsão de vida útil existentes.

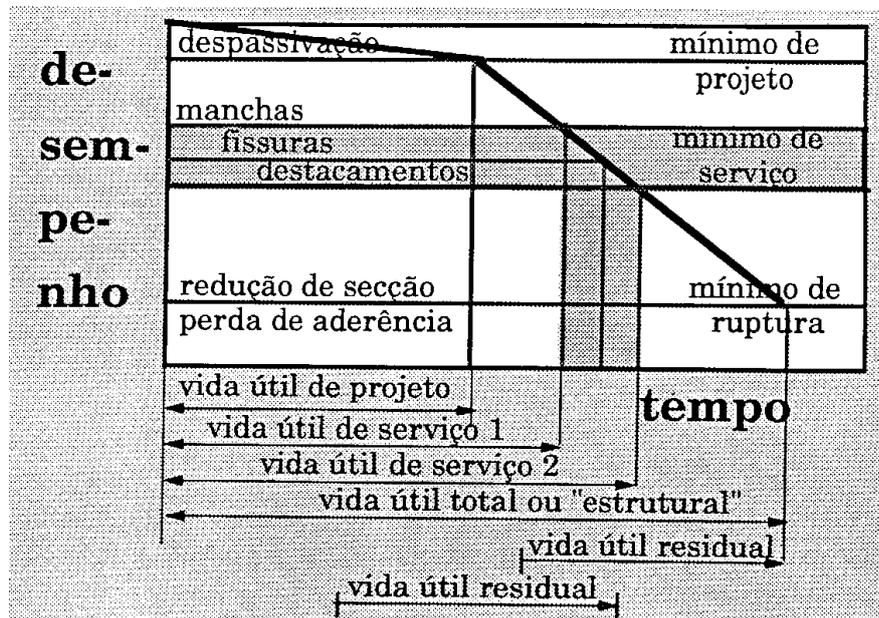


Figura 3.12. Vida útil tendo por base o fenômeno da corrosão das armaduras em estruturas de concreto.

Fonte: Helene, 1993, p. 50.

2.5.3.1 Período de iniciação

É o tempo que demora para o agente agressivo (frente de carbonatação ou de cloretos) atravessar o concreto de cobrimento atingindo a armadura até sua despasse (Figura 3.11). Isso não significa que, a partir desse momento, haverá corrosão importante. Entretanto, pelo lado da segurança, é o período em que deve ser adotado no projeto da estrutura, podendo ainda ser chamado de vida útil de projeto (HELENE, 1993; GUIMARÃES, 2000; ANDRADE, 1992).

O período de tempo que vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou aparecem fissuras no concreto de cobrimento, ou ainda quando há o deslocamento do concreto de cobrimento é associada à vida útil de serviço ou de utilização (HELENE, 1993; GUIMARÃES, 2000).

A película passiva é a defesa e garantia de que a armadura não sofrerá corrosão, mas poderá ser destruída pela presença de agentes agressivos, principalmente de íons cloretos, que podem vir tanto do meio externo como podem estar presentes no seio do concreto, oriundos da água de amassamento, agregados ou de aditivos à

base de CaCl_2 (cloreto de cálcio). Outro fator é a diminuição da alcalinidade do concreto devido às reações de carbonatação do concreto ou havendo, neste, penetração de substâncias ácidas (FORTES e ANDRADE, 2001; CASCUDO, 1997).

2.5.3.2 Período de propagação

Segundo Andrade (1992), período de propagação é o tempo que compreende uma acumulação progressiva da deterioração, até que se alcance um nível inaceitável da mesma (Figura 3.11).

Estando a armadura despassivada pela chegada da frente de carbonatação ou pela ação deletéria dos cloretos (frente de cloretos) ou, ainda, pela ação conjunta de ambos os fatores indesejáveis, o aço desprotegido fica vulnerável ao fenômeno da corrosão. Pelo modelo de Tuutti, da Figura 3.11, inicia-se a propagação da corrosão, desde que hajam os elementos necessários. Só haverá corrosão com a presença dos três elementos: existência de um eletrólito; existência de uma diferença de potencial; e existência de oxigênio (FORTES e ANDRADE, 2001).

Podem existir, também, agentes agressivos que contribuem sensivelmente para acelerar a corrosão pelo aumento que provocam na condutividade elétrica do eletrólito. Entre eles citam-se: os íons cloretos (Cl^-); os íons sulfatos (S_2^-); o dióxido de carbono (CO_2); os nitritos (NO_3^-); o gás sulfídrico (H_2S); o cátion amônio (NH_4^+); os óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3) e fuligem (HELENE, 1986).

De uma maneira geral, qualquer substância sólida, líquida ou gasosa que venha a penetrar na estrutura porosa do concreto ou depositar-se na superfície da armadura, contribui para a elevação do risco de corrosão ou acelerar o processo, caso este já esteja iniciado (FORTES e ANDRADE, 2001).

No período de propagação, os cloretos (Cl^-) atuam como catalisadores das reações que formam produtos de corrosão, além de participarem no aumento da condutividade elétrica do eletrólito. É importante lembrar que a ação dos agentes agressivos é limitada pelo teor de umidade do concreto, pois este teor fornece o eletrólito para o processo corrosivo (HELENE, 1986).

A reação catódica básica, no caso da corrosão do aço no concreto, é a redução do oxigênio, possibilitando o consumo de elétrons, oriundos das áreas anódicas, produzindo o íon OH^- , que reagirá com o íon de ferro para formar produtos de corrosão. O processo eletroquímico é relacionado com a disponibilidade de O_2 na área catódica. Segundo o Comitê 222 do ACI (1996), embora os cloretos estejam presentes, a taxa de corrosão será baixa se o concreto permanecer saturado com água, pela maior dificuldade de difusão do oxigênio. Nestas condições, o processo corrosivo *está* controlado pelo acesso de oxigênio.

O período de propagação vai até o momento em que aparecem manchas de coloração vermelho-marron-acastanhado que, por serem relativamente solúveis, afloram na superfície, indicando o avançamento da corrosão, ou ocorrem fissuras no concreto de cobertura ou ainda quando há destacamento deste (FORTES e ANDRADE, 2001).

Nas regiões onde o concreto é de qualidade inadequada ou há cobertura deficiente da armadura, há progresso da corrosão com formação de óxido ou hidróxido de ferro, ocupando volumes bem maiores do que o volume inicial da armadura causando, assim, pressões de expansão superiores a 15MPa (150 kgf/cm²). Surgem fissuras no concreto, já em processo de corrosão, na direção paralela à armadura. Desse modo, fica facilitada a penetração dos agentes agressivos, chegando a provocar o lascamento do concreto (FORTES e ANDRADE, 2001).

No período de iniciação, a velocidade de corrosão não é nula e nem constante no período de propagação. Neste último, a velocidade de corrosão depende de vários fatores, como: ação dos cloretos em áreas localizadas ou da carbonatação em regiões mais amplas; efeito da umidade; efeito da resistividade e do acesso de oxigênio; efeito da temperatura; permeabilidade e efeitos da formação de macropilha que são adicionados aos oriundos das micropilhas, dentre outros fatores (FORTES e ANDRADE, 2001).

3.6 RECOMENDAÇÕES DE NORMAS PARA AUMENTAR A DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), as exigências de durabilidade das estruturas de concreto são que as estruturas devem ser projetadas e construídas de forma que sob as condições ambientais previstas no projeto, e se utilizadas conforme estabelecido em projeto conservem suas segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período da vida útil.

Como critérios de projetos que visam à durabilidade de estruturas na NBR 6118 (ABNT, 2003), temos:

- a) drenagem: que deve ser pensada para evitar o acúmulo de água proveniente da chuva ou limpeza nas estruturas;
- b) formas arquitetônicas e estruturais: que devem ser idealizadas prevendo o aumento da durabilidade das estruturas, bem como o acesso para inspeção e manutenção das partes da estrutura com vida útil inferior do todo;
- c) qualidade do concreto de cobrimento:
 - devem atender o desempenho desejado, ao tipo de agressividade do ambiente imposta;
 - adota os critérios conforme o Quadro 3.5;
 - não permite o uso de aditivos contendo cloretos na composição em estruturas de concreto armado ou protendido;
 - com relação ao cobrimento adota: o cobrimento mínimo da armadura é o menor valor que deve ser respeitado ao longo de todo o elemento considerado e que se constitui num critério de aceitação; para garantir o cobrimento mínimo (c_{min}) o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos no Quadro 3.6, para $\Delta c = 10\text{mm}$; quando houver um adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade

das medidas durante a execução pode ser adotado o valor $\Delta c = 5\text{mm}$, mas a exigência de controle rigoroso deve ser explicitada nos projetos. Permite-se, então, a redução dos cobrimentos nominais estabelecidos no Quadro 3.6 em 5mm;

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe do concreto (NBR 8953)	CA	$\geq \text{C20}$	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C40}$
	CP	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C35}$	$\geq \text{C40}$

Notas
 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na NBR 12655.
 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Quadro 3.5. Correspondências entre classe de agressividade e qualidade do concreto.

Fonte: ABNT, 2003.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

1) Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.
 2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por critérios estabelecidos no item 7.4.7.5 da norma, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{mm}$.
 3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{mm}$.

Quadro 3.6. Correspondência entre classes de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$.

Fonte: ABNT, 2003.

- o detalhamento das armaduras deve permitir e facilitar o lançamento e adensamento do concreto;
- estabelece limite de abertura de fissuras;
- medidas especiais: como aplicação de revestimentos hidrofugantes e pinturas, impermeabilizantes, etc.

- inspeção e manutenção preventiva: o conjunto de projetos deve facilitar procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção e deve-se produzir um manual de utilização, inspeção e manutenção da estrutura.

Segundo Andrade (1992), a primeira recomendação é a de se fazer um concreto armado durável, especialmente se estiver em ambientes agressivos, bem como sua aplicação deve garantir homogeneidade e qualidade. O projeto adequado que evite circulações de água desnecessárias e qualidade e espessura adequados de cobrimento são fatores determinantes. Na Figura 3.13 apresentam-se as espessuras de cobrimentos máximos e mínimos recomendadas por algumas normas.

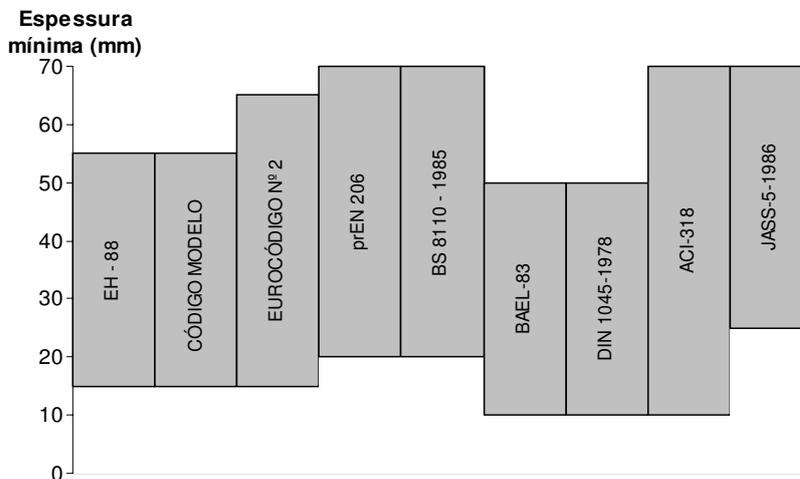


Figura 3.13. Valores de espessura de cobrimento de armaduras conforme as seguintes normas: a)EH-88: Espanha, b) Código Modelo: CEB, c) Eurocódigo nº2: Comunidade Econômica Européia, d) pr EM 206-CEN, e) BS 8810: Inglaterra, f) BAEL: França, g) DIN: Alemanha Federal, h) ACI:USA e i) JASS: Japão.

Fonte: Andrade, 1992.

As recomendações da norma EHE (1999) para resistências mínimas, cobrimento mínimo, e relação a/c estão descritas nos Quadros 3.7, 3.8 e 3.9 respectivamente.

Parâmetro de dosificação	Tipo de concreto	Classe de exposição												
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Resistência mínima (N/mm ²)	Massa	20	-	-	-	-	-	-	30	30	35	30	30	30
	Arma-do	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	Proten-dido	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Quadro 3.7. Resistências mínimas compatíveis com os requisitos de durabilidade.

Fonte: EHE, 1999, p. VII-8.

Resistência característica do concreto [N/mm ²]	Tipo do elemento	Cobrimento mínimo [mm]									
		Segundo a classe de exposição estabelecida pela EHE									
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc
25 ≤ f _{ck} < 40	Geral	25	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	Elementos pré-fabricados e lâminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
f _{ck} ≥ 40	Geral	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	Elementos pré-fabricados e lâminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

(*) O projetista fixará o cobrimento ao objeto que garanta adequadamente a proteção das armaduras frente a ação agressiva ambiental.
(**) No caso de classes de exposição H, F ou E, a espessura do cobrimento não será afetada.

Quadro 3.8. Cobrimentos mínimos.

Fonte: EHE, 1999, p. VII-4.

Parâmetro de dosificação	Tipo de concreto	Classe de exposição												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Máxima relação a/c	Massa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Armadado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	Protendido	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Mínimo conteúdo de cimento (kg/m ³)	Massa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	Armadado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	Protendido	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

Quadro 3.9. Máxima relação água/cimento e mínimo conteúdo de cimento.

Fonte: EHE, 1999, p. VII-8.

3.7 MANUTENÇÃO

Segundo o CEB-FIP (1991, apud NINCE, 1996), manutenção pode ser definida:

“Um conjunto de ações de reduzido alcance, com o objetivo limitado de prevenir ou identificar os danos, e, quando a estrutura apresentar perda significativa da capacidade resistente, como forma de se evitar o comprometimento da segurança da estrutura”.

Segundo Bonin ([19--?]), o conceito de manutenção de edifícios é o acompanhamento da dinâmica das necessidades dos usuários, incluindo também a consideração de aspectos de modernização e desenvolvimento da edificação.

Souza e Ripper (1998) definem ainda a manutenção de uma estrutura como sendo “[...] o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório

ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador [...].”

O conceito de desempenho implica na definição das condições esperadas de um edifício ou de um de seus elementos constituintes, sem a descrição de como ele deve ser (BONIN, 1987, apud BONIN [19--?]).

Na vida útil de uma estrutura, a mesma pode sofrer diminuição do desempenho, sendo necessário, nesse momento será necessário intervir tecnicamente para corrigi-la.

Em uma proposta de terminologia para o tema Durabilidade no Ambiente Construído, John, Sato e Bonin (2001) estabelecem a manutenção como um conjunto de atividades necessárias à conservação ou recuperação da capacidade de uma edificação e de suas partes em atender às necessidades dos usuários.

Ainda segundo Bonin ([19--?]), a manutenção de edifícios pode ser classificada de diversas maneiras, como por exemplo:

- a) o tipo de manutenção;
- b) a origem dos problemas do edifício;
- c) a estratégia de manutenção adotada; e
- d) a periodicidade de realização das atividades.

Quanto ao tipo de manutenção, as atividades realizadas são classificadas de acordo com as características da intervenção realizada na edificação, sendo importante seu conhecimento preciso porque cada um dos tipos demanda um planejamento particular, embora integrado aos demais (BONIN, [19--?]).

Segundo Bonin ([19--?]), os tipos de manutenção podem ser descritos como conservação, reparação, restauração e modernização, conforme a Figura 3.14.

A conservação, segundo Bonin ([19--?]), está relacionada com atividades rotineiras, realizadas diariamente, ou com pequenos intervalos de tempo entre intervenções,

diretamente relacionadas com operação e limpeza do edifício, estando a mesma diretamente vinculadas aos usuários da edificação.

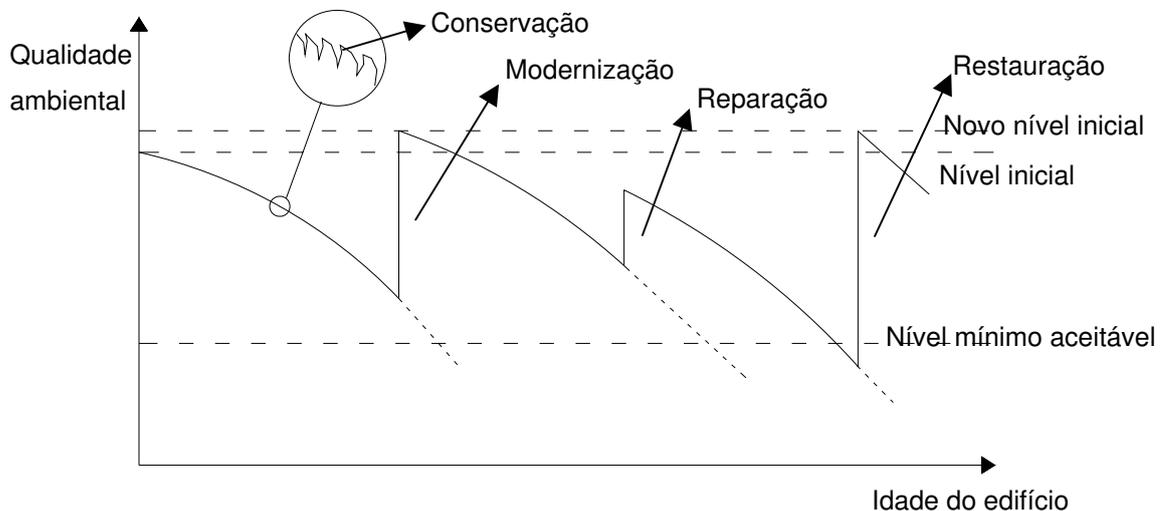


Figura 3.14. Classificação dos tipos de manutenção de edifícios.
Fonte: Bonin, [19--?].

A reparação está relacionada com atividades preventivas ou corretivas realizadas antes que o edifício ou algum de seus componentes atinja o nível de qualidade mínimo aceitável sem que a recuperação de qualidade ultrapasse o nível inicialmente construído. São normalmente atividades de pequenas dimensões (BONIN [19--?]).

A restauração, segundo Bonin ([19--?]) envolve atividades corretivas realizadas após o edifício ou algum de seus elementos constituintes atingirem níveis inferiores ao nível de qualidade mínimo aceitável sem que a recuperação de qualidade ultrapasse o nível inicialmente construído. Normalmente são atividades de grande dimensão.

A modernização envolve atividades preventivas e corretivas, visando que a recuperação de qualidade ultrapasse o nível inicialmente construído, fixando-se um novo patamar de qualidade. Envolve ainda o acompanhamento das necessidades dos usuários da edificação e dos desenvolvimentos tecnológicos, procurando manter atualizado o edifício construído com suas condições de uso (BONIN [19--?]).

Um bom programa de manutenção requer o uso de metodologias adequadas de operação, controle e execução da obra, e ainda a análise custo-benefício dessa manutenção (SOUZA e RIPPER, 1998).

Segundo Bonin ([19--?]), deve-se gerenciar as atividades de manutenção não apenas como uma resposta a problemas observados no edifício, mas também como uma ação programada e preventiva de futuros problemas.

Segundo Grilo e Calmon (2000):

A previsão de vida útil, manutenção e reposição dos componentes adquire importância uma vez que o custo global da edificação, constituído pela somatória dos custos de produção, manutenção e operação, deve ser adequadamente estimado nas etapas iniciais do empreendimento, a fim de fundamentar a tomada de decisões.

3.7.1 Manutenção preventiva

Segundo Helene (1992), manutenção preventiva é “[...] toda medida tomada com antecedência e previsão, durante o período de uso e manutenção da estrutura”.

Segundo Helene ([19--?]), um programa de manutenção preventiva irá intervir nas estruturas de concreto antes que essa apresente sinais significativos de deterioração.

Segundo Perez (1995, apud MACHADO, 2003), manutenção preventiva se caracteriza pelo controle de atividades de inspeção, conservação e restauração executadas com a intenção de prever, detectar ou corrigir defeitos visando evitar falhas.

Para Husni ([19--?].), exemplos típicos de manutenção preventiva são pinturas de proteção, reposição e reparação de juntas, e reposição de armaduras e de seus cobrimentos; e podem ser realizados em distintas oportunidades.

3.7.2 Manutenção corretiva

Segundo Helene (1992), manutenção corretiva “[...] corresponde aos trabalhos de diagnóstico, prognóstico, reparo e proteção das estruturas que já apresentam manifestações patológicas, ou seja, correção de problemas evidentes [...]”.

Os trabalhos mais comuns na manutenção corretiva são de correção de manifestações patológicas, havendo a necessidade de diagnóstico prévio da

situação, a identificação e eliminação das causas para então proceder à proteção do concreto (HELENE, [19--?]).

É apresentada pela Federação Internacional de Proteção (FIP, 1988, apud NINCE, 1996) uma metodologia para estruturas de concreto armado e protendido, onde apresenta uma classificação abrangente de intervalos de inspeção e manutenção, de grande interesse para a aplicação em edificações usuais, apesar de não ter força de norma, sendo em caráter de “recomendação”.

Segundo Nince (1996), os intervalos de tempo para as inspeções, propostos nessa metodologia, são apresentados no Quadro 3.10, e são definidos de acordo com sua categoria e a classificação da estrutura em classes, combinadas em o tipo de condição ambiental e do carregamento, da seguinte forma:

a) classes de estruturas

- classe 1: onde a ocorrência de ruptura pode ter conseqüências catastróficas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de vital importância para a comunidade;
- classe 2: onde a ocorrência de ruptura pode custar vidas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de considerável importância; e
- classe 3: onde é improvável que a ocorrência de uma ruptura leva a conseqüências fatais e/ou onde um período com a estrutura fora de serviço possa ser tolerado.

b) categoria de inspeção:

- rotineira: realizada em intervalos regulares, com planilhas específicas da estrutura, elaboradas conjuntamente por técnicos responsáveis pelos projetos e pela manutenção; e
- extensiva: realizada em intervalos regulares, alternadamente com as rotineiras, com objetivo de investigar mais minuciosamente os elementos e as características dos materiais componentes da estrutura.

c) tipos de condições ambientais e de carregamento:

- muito severa: ambiente agressivo com carregamento cíclico com possibilidade de fadiga;
- severa: ambiente agressivo com carregamento estático ou o ambiente é normal com carregamento cíclico com possibilidade de fadiga; e
- normal: ambiente normal com carregamento estático.

Classes de estruturas						
Condições ambientais e de carregamento	1		2		3	
	Inspeção rotineira	Inspeção extensiva	Inspeção rotineira	Inspeção extensiva	Inspeção rotineira	Inspeção extensiva
Muito severa	2*	2	6*	6	10*	10
Severa	6*	6	10*	10	10*	-
Normal	10*	10	10*	-	**	**
* Intercalada entre inspeções extensivas						
** Apenas inspeções superficiais.						

Quadro 3.10. Indicação de intervalos de inspeção em anos.

Fonte: FIP, 1988, apud Nince, 1996.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

4.1 INTRODUÇÃO

Para a apresentação e estudo das metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto, é importante deixar claro que tais processos são etapas do uso e manutenção de estruturas, e é conveniente ainda entender o preconizado aqui para diagnóstico de estruturas e para gestão de uso e manutenção de estruturas.

Por diagnóstico entende-se a identificação e descrição precisa do mecanismo, das origens e das causas responsáveis pelo problema patológico, a partir da existência de uma ou mais manifestações patológicas em uma estrutura de concreto. A identificação da manifestação patológica pode decorrer do aparecimento de sintomas externos, como manchas, deslocamentos ou de inspeção ou vistoria cuidadosa efetuada dentro de um programa rotineiro de manutenção, observação e monitoramento da estrutura (HELENE, 1993).

Para se avaliar o estado de deterioração em que se encontra a estrutura, verificando a causa do problema e sua intensidade e assim escolher a melhor forma de intervir na mesma é necessário realizar um preciso diagnóstico, incluindo inspeção, ensaios e testes. E ainda para que qualquer intervenção na estrutura seja executada de forma coordenada e no momento necessário, é preciso que haja responsáveis pela mesma, e que tenham um plano de monitoramento satisfatório.

A gestão de uso e manutenção estruturas se entende, de uma forma ampla, o gerenciamento das atividades de inspeção, diagnóstico, manutenção, recuperação e acompanhamento das estruturas, visando uma maior durabilidade, com otimização dos recursos financeiros.

Neste trabalho, entende-se o diagnóstico como um subsistema da gestão de uso e manutenção de estruturas, e está esquematicamente apresentado na Figura 4.1.

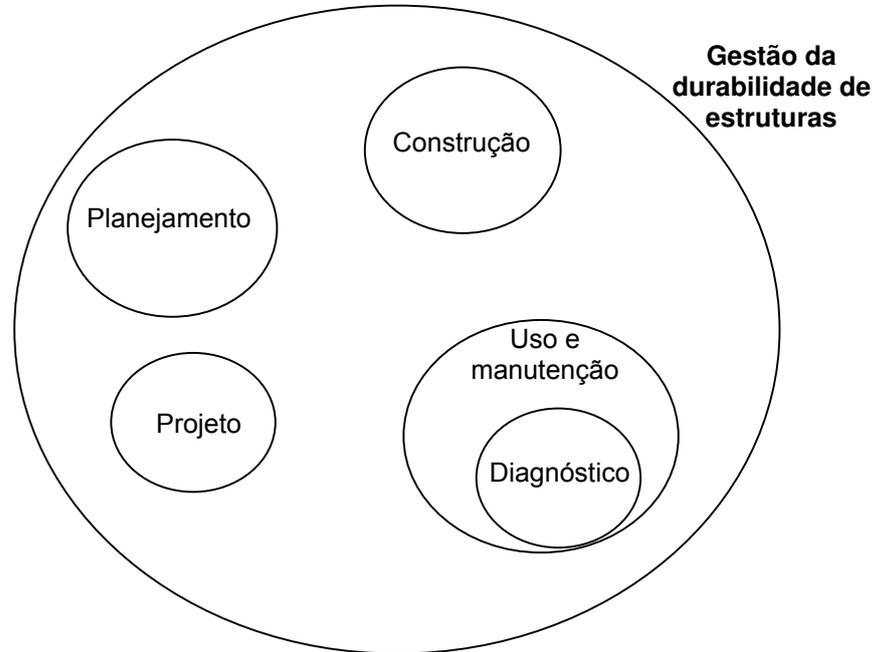


Figura 4.1. Componentes da gestão da durabilidade de estruturas.

Conforme apresentado na Figura 4.1, verifica-se que a gestão da durabilidade de estruturas envolve atividades das etapas de planejamento, projeto e construção das estruturas; porém serão apresentadas neste capítulo apenas as premissas básicas necessárias para a gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto, sem tratar dos sistemas de recuperação e tratamento das estruturas deterioradas. No capítulo 6 serão mais detalhados esses conceitos.

4.2 METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Como dito anteriormente, será descrito a seguir, o que na visão deste autor seja, a mais abrangente e atualizada metodologia de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto, e em seguida serão apresentados esquematicamente, os pontos principais de outras metodologias de diagnóstico estudados, para realizar, posteriormente, uma comparação com a metodologia principal descrita.

Foi escolhido o *Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura*, proposto dentro do projeto de inovação CONTECVET-IN 30902I, e preparado por Geocisa¹ e pelo *Instituto de Ciências de la Construcción Eduardo Torroja* do CSIC², como o manual principal para realização de inspeções e diagnóstico de estruturas de concreto em função da sua abrangência, critérios e métodos.

4.2.1 Metodologia proposta pelo manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura dentro do projeto de inovação CONTECVET-IN 30902I (RODRIGUEZ et al. [199-?]).

É importante deixar claro que todas as afirmações descritas neste item, exceto as que possuem referência, são baseadas no *Manual de Evaluación de Estructuras Afectadas por Corrosión de La Armadura*, referenciado a partir deste ponto no trabalho, como Manual do Torroja. Optou-se ainda, inserir nos locais apropriados referências de outros autores sobre os conceitos, definições, ensaios, técnicas e equipamentos para inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto, buscando uma melhor descrição dos mesmos.

É conveniente ainda, explicitar e enfatizar que sua descrição objetiva principalmente servir de referência para a comparação com as demais metodologias estudadas, bem como servir de transferência de informações, e difundir para a área de inspeção e diagnóstico de estruturas, a metodologia, na língua portuguesa, de um importante manual de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto afetadas pela corrosão de armaduras.

A metodologia de inspeção e diagnóstico em referência é um procedimento de avaliação de estruturas deterioradas por corrosão, que foi elaborado e testado mediante a aplicação em diversos casos reais de corrosão de edificações com estrutura de concreto na Espanha.

¹ Sociedade anônima Geocisa Geotecnia Y Cimientos, S.A., Madrid.

² CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Espanha.

Na visão do autor deste trabalho, a explicitação do Manual do Torroja foi altamente necessária para que se pudesse compreender uma importante parte deste trabalho, que foi a de compará-lo com outras metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto.

A metodologia do Manual do Torroja divide-se em dois tipos de avaliação das estruturas: a avaliação simplificada e a avaliação detalhada, as quais estão interrelacionadas e podem ser consideradas complementares.

4.2.1.1 Avaliação simplificada

A avaliação simplificada é representada pelo diagrama da Figura 4.2. Preconiza estabelecer, qualitativamente, um nível do estado atual da estrutura e sugere os períodos de intervenção necessários. Está baseada na ponderação de diversos aspectos, como tipologia estrutural e o processo de corrosão, através de índices de corrosão e estrutural. É especialmente elaborada para administrações (públicas ou privadas) que possuam um número importante de estruturas e cujo interesse inicial seja o estabelecimento de uma hierarquia de intervenção de estruturas.

Verifica-se a necessidade de três etapas a serem realizadas na avaliação simplificada:

- a) inspeção na estrutura, suficientemente detalhada que permita se obter parâmetros necessários para uma posterior avaliação (referenciada aqui por Etapa 1);
- b) a fase de avaliação propriamente dita ou diagnóstico (referenciada aqui por Etapa 2); e
- c) a fase de prognóstico³, classificação do nível do dano com o tempo (referenciada aqui por Etapa 3).

³ Prognóstico pode ser entendido como uma conjectura sobre o desenvolvimento futuro do problema. Em outras palavras, conhecida a situação, deve-se fazer uma estimativa da evolução do problema no tempo, podendo ainda ser analisadas variações no custo de intervenção no tempo, assim como uma recomendação do momento mais adequado de intervenção (HELENE, 1993).

Das três etapas descritas, as das letras a e b, compõem as etapas principais da fase de avaliação (RODRIGUEZ et al., [199-?]).

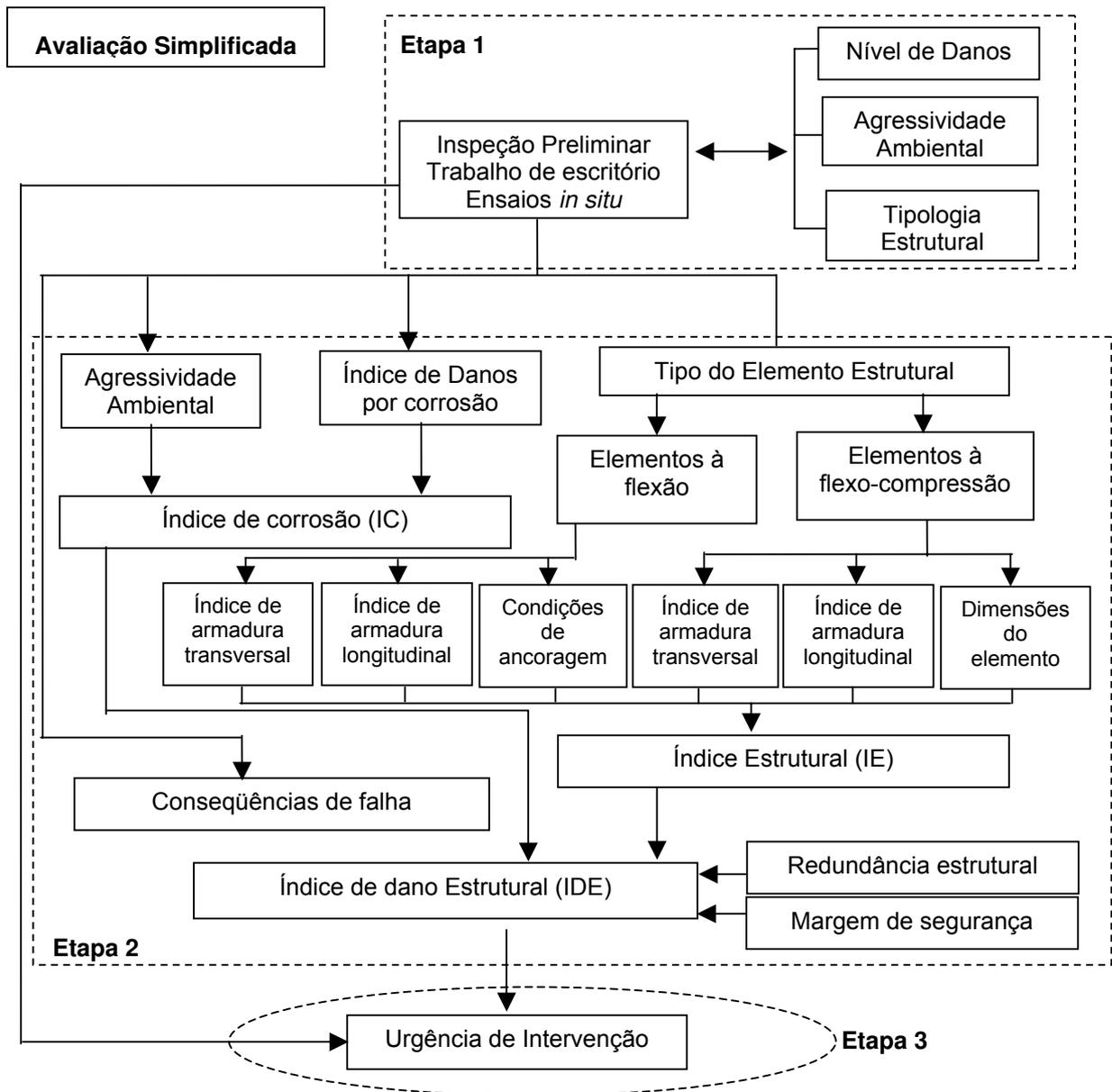


Figura 4.2. Diagrama de Avaliação Simplificada.
Fonte: Adaptado de Rodriguez et al., [199-?].

4.2.1.1.1 Fase de inspeção (Etapa 1)

Objetiva estabelecer a causa da deterioração e o levantamento dos dados necessários para o desenvolvimento dos passos seguintes da avaliação simplificada, tais como dados para o cálculo do índice de dano estrutural (IDE).

A fase de inspeção é dividida em três etapas: inspeção preliminar visual, trabalho de estudo em escritório, e ensaios *in situ* na estrutura.

a) inspeção preliminar visual

Pretende identificar se a estrutura está corroída ou não e se a mesma estiver corroída, quais os danos produzidos. Pode-se inspecionar toda a estrutura ou seu agrupamento em lotes.

Segundo Repette (1991, apud HELENE, 1993), na etapa de inspeção preliminar, ou inspeção geral, ou ainda vistoria, deve ser realizada uma inspeção visual cuidadosa da estrutura, buscando observar as regiões com deterioração aparente e zonas onde há possibilidade de serem encontradas anomalias. A vistoria tem por objetivo também definir zonas da estrutura onde deverão ser efetuadas investigações detalhadas necessárias, bem como equipamentos necessários.

Segundo Helene (1993), é comum nessa etapa: registrar com fotos as manifestações patológicas e regiões bem conservadas, assim como eventuais soluções ou correções anteriores, com bom resultados; identificar a atmosfera e ambiente em que estrutura está localizada; retirar o revestimento de regiões corroídas ou não para observação e registro da espessura do revestimento, redução da seção da armadura, aspecto e cor dos produtos de corrosão, aspecto e características do concreto; medir e registrar a profundidade de carbonatação; medir e registrar a umidade superficial do concreto; medir e registrar as aberturas de fissuras, extensão e localização das mesmas.

- Agrupamento em lotes

Para a inspeção da estrutura, a mesma é agrupada em lotes baseados no tipo do elemento estrutural, agressividade ambiental, e nível de dano.

De acordo com estes três aspectos, os pontos principais a serem investigados na inspeção visual são:

- tipologia estrutural: a tipologia estrutural deve ser identificada e classificada em casos que sejam necessários. A identificação deverá verificar cada elemento

resistente na estrutura e seu funcionamento como tal. Na maioria das administrações utiliza-se como parte do inventário de estruturas a informação gráfica (fotografias), sendo de enorme utilidade no processo de inspeção. Caso não exista este tipo de informação, é necessário produzi-la. Finalmente deve-se fazer um esquema funcional da estrutura;

- identificação da agressividade ambiental: há várias formas de se classificar a agressividade ambiental. No Manual do Torroja são adotadas as classes das normas Instrucción de Hormigón Estructural (EHE, 1999) e EN206 (Anexo A, Quadros A.1 e A.2);

- identificação do nível do dano: primeiramente deverá ser diferenciada a origem dos danos de acordo com as seguintes possibilidades, conforme Quadro 4.1.

Origem dos Danos	
1	Danos devidos ao funcionamento estrutural do elemento: como por exemplo, fissuras inclinadas ou verticais em zonas de esforço cortante ou flexão, respectivamente.
2	Danos devidos ao efeito da corrosão das armaduras: como por exemplo, fissuração paralela às armaduras, deslocamentos do concreto, presença de manchas avermelhadas.
3	Danos devidos a reações do concreto com agentes agressivos: como sulfatos ou outros agentes expansivos.

Quadro 4.1. Origem dos danos.

Fonte: Rodrigues et al., [199-?].

Para os danos decorrentes da corrosão das armaduras, (item 2 do Quadro 4.1) pode-se detectar três tipos:

- manchas devido aos produtos de corrosão. Deve-se indicar na inspeção sua extensão e seu nível de corrosão;
- fissuras devido à corrosão. Geralmente paralelas às armaduras afetadas e, portanto facilmente identificadas e distinguidas das causadas pelo comportamento mecânico. Normalmente possuem manchas de óxidos entre as fissuras, sendo mais fácil sua identificação; e
- deslocamentos ou perda do revestimento em algumas zonas. Quando a corrosão está bastante desenvolvida, a pressão dos óxidos faz com que o revestimento fissure ou até em alguns casos se desprenda da estrutura.

Finalmente, de acordo com a classificação estabelecida em função da tipologia estrutural, da agressividade ambiental e do nível do dano, agrupa-se toda a estrutura em lotes, realizando-se em cada lote medidas e ensaios necessários para determinação do índice de dano da estrutura e este índice irá representar todo o lote.

O agrupamento em lotes implica que todas as características e propriedades dos materiais do lote, assim como os níveis de degradação do mesmo são semelhantes. Os resultados obtidos em elementos de um lote serão considerados para todo o lote, para tal, deve-se fazer o agrupamento dos lotes da forma mais homogênea possível.

b) trabalho de estudo em escritório

Os principais pontos deste item são:

- levantamento prévio de dados da estrutura, também citado por Helene (1993) como antecedentes: deve-se levantar todos os dados possíveis sobre cálculos; projetos; idade da estrutura; tipologia da estrutura e disposição dos elementos estruturais (forma de transmissão de esforços); características da armadura; características do concreto e concretagem; características, tratamentos, revestimentos ou pinturas eventualmente aplicados; número de reparos na estrutura, natureza e extensão; data ou período de aparecimento ou detecção do problema, inspeções realizadas anteriormente e seus resultados; provas de carga e seus resultados;

identificação da agressividade ambiental: é importante realizar a classificação da agressividade ambiental de acordo com as características de exposição de cada elemento ou lote em função de dados obtidos na inspeção preliminar visual. A cada elemento ou lote, deve-se identificar a classe de exposição de acordo as normas Instrucción de Hormigón Estructural (EHE, 1999) e EN206 (Anexo A, Quadros A.1 e A.2); e

- classificação do tipo e da extensão dos danos: objetiva identificar os danos provocados pela corrosão das armaduras no concreto. É necessário fazer o mapeamento dos danos a partir da inspeção visual. Em cada lote deverá se localizar os danos e agrupar de acordo com um dos seis tipos de indicadores de danos por corrosão (IDC) propostos, os quais servirão para determinar o índice de corrosão (IC). São eles:

- profundidade de penetração dos agentes agressivos X_{CO_2} e X_{Cl^-} (frente de carbonatação e concentração de cloretos, respectivamente)
- cobertura das armaduras, c ;

- fissuração e deslocamento do cobrimento, Cr;
- presença de manchas de óxido na superfície e perda do diâmetro da armadura, ϕ ;
- intensidade de corrosão, I_{corr}; e
- resistividade elétrica do concreto, ρ .

c) ensaios *in situ* na estrutura

Na avaliação simplificada, o número de ensaios a serem realizados deverá ser mínimo.

Os ensaios *in situ* na estrutura propostos são os apresentados no Quadro 4.2, e serão mais detalhadamente descritos a seguir.

Ensaio <i>in situ</i>
Determinação da geometria do elemento
Fissuração (medidas de espessura de fissura e mapeamento)
Resistência do material
Espessura do cobrimento e localização das armaduras
Medida de potencial
Resistividade
Ultrassom
Impacto Eco
Profundidade de carbonatação
Profundidade do avanço dos cloretos
Medidas de corrosão

Quadro 4.2. Ensaio *in situ* na estrutura.

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Os ensaios *in situ* na estrutura propostos e apresentados no Quadro 4.2 são descritos mais detalhadamente a seguir:

- determinação da geometria do elemento: nos lotes inspecionados deve-se determinar suas dimensões geométricas, incluindo cobrimento, diâmetro e número das armaduras. O uso das dimensões reais da estrutura será utilizado na avaliação estrutural da mesma;
- fissuração: a medida das fissuras, uma vez que as mesmas alcançaram a superfície do concreto, pode ser realizada de diversas formas. Para que sua

caracterização seja completa, é necessário conhecer diferentes aspectos, como sua direção, profundidade e espessura. De acordo com o alcance do método de medida, podem ser:

- medidas de espessura de fissura: a espessura de macro-fissuras iniciais causadas por retração, defeitos iniciais, etc. pode-se medir com fissurômetros, desde as idades iniciais da estrutura e mediante medidas periódicas, podendo-se determinar sua evolução no tempo. Pode-se usar instrumentos como: fissurômetros, extensômetros ou outros; e
- mapeamento das fissuras: para realizar uma adequada avaliação da estrutura é necessário criar uma planilha com uma seqüência sistemática das inspeções. Recomenda-se dividir a estrutura pelos diferentes tipos componentes para verificar se a origem e natureza do problema é a mesma em todos eles ou se existem outros diferentes problemas. Registra-se a extensão da fissuração, para cada um dos componentes, mediante vídeos, fotografias ou planos de fissuração. Compara-se os resultados obtidos para cada idade da estrutura inspecionada, determinando assim a sua evolução no tempo.

A eficiência e precisão das medidas de fissuração estão diretamente ligadas à capacidade de detecção das fissuras. Esta capacidade depende de vários fatores, como: experiência e capacitação do inspetor, conhecimento prévio da estrutura, estado da superfície do concreto, acessibilidade à estrutura e condições do ambiente.

- resistência do material: há casos em que se deseja estimar as resistências dos materiais, aço e concreto. São sugeridas três formas de se obter um valor representativo para o cálculo da margem de segurança:
 - ensaios em laboratório a partir de testemunhos de concreto ou amostras do aço ;
 - valores nominais a partir de projetos ou memória da construção; e
 - resistências mínimas prescritas nas normas da época da construção da estrutura.

Andrade (1992) estabelece ainda, que a determinação da resistência mecânica do concreto através de testemunhos pode estar combinada com ensaios não destrutivos, como o método de dureza superficial (esclerometria, Figura 4.3) e métodos ultra-sônicos (Figura 4.4) baseados na medida da velocidade de propagação de ondas ultrasônicas longitudinais.



Figura 4.3. Equipamento de esclerometria: Concrete Test Hammer ORIGINAL SCHMIDT.
Fonte: Proceq.



Figura 4.4. Equipamento de Ultrasom: TICO Ultrasonic Instrument.
Fonte: Proceq.

Helene (1993) classifica como concretos duráveis: $f_{ck} > 35\text{MPa}$; concretos normais: $f_{ck} \geq 20\text{MPa}$ e $f_{ck} \leq 35\text{MPa}$; e concretos deficientes: $f_{ck} < 20\text{MPa}$.

- espessura do cobrimento e localização das armaduras: habitualmente empregam-se aparelhos denominados pacômetros (Figura 4.5) para medidas de espessura do cobrimento e localização das armaduras. Estes aparelhos estão baseados nas diferentes propriedades eletromagnéticas do aço e do concreto.

Segundo Rosell (2000), existem diferentes tipos de pacômetros no mercado, desde os mais simples, que informam a posição e a direção da barra, até os mais sofisticados, que estimam o diâmetro e o cobrimento da barra. Descreve ainda a

existência de aparelhos bastante simples, que são detectores de metal para localização de instalações, com princípio de funcionamento similar aos anteriores, emitindo um sinal acústico de intensidade fixa, quando detecta a presença da barra, porém não determina o diâmetro e cobrimento.



Figura 4.5. Pacômetro: Equipamento Profometer 5.0.
Fonte: Proceq.

A medida da espessura do cobrimento e a determinação da localização das armaduras são influenciadas por diversos fatores que podem ser classificados naqueles que afetam a medida em si e aqueles relativos à precisão do aparelho empregado.

Se a armadura é muito densa, a leitura do pacômetro pode ser errônea, devido à proximidade das barras de aço. Se houver a presença de barras perpendiculares, a leitura pode conter erros que podem ser corrigidos com fatores de calibração do aparelho.

- medida de potencial: o principal objetivo das medidas de potencial é localizar as áreas ativas da armadura, e portanto suscetíveis à corrosão. Segundo Andrade (1992), como o potencial é função de um grande número de variáveis, como teor de umidade, e oxigênio no concreto, espessura do cobrimento do concreto, dentre outras, não se deve obter conclusões quantitativas de sua medida. O método não dá informações sobre o quanto corroe ou está corroendo o aço, fornece apenas a probabilidade do processo estar ocorrendo ou não.

A aparelhagem de medida de potencial consiste em um voltímetro de alta impedância conectado à armadura da estrutura e a um eletrodo de referência externo em contato com a superfície do concreto através de uma esponja umedecida que proporcione um bom contato eletrolítico entre eles, conforme a Figura 4.6. É

necessário que haja uma boa conexão elétrica do equipamento com a armadura. Pode-se empregar um único eletrodo ou um sistema de eletrodos múltiplos, para inspecionar grandes áreas como tabuleiros de pontes.

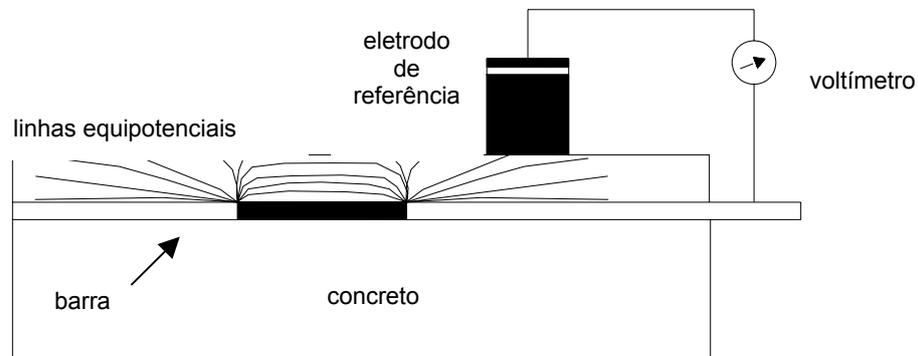


Figura 4.6. Esquema para medição de potencial de corrosão.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Normalmente emprega-se um eletrodo de calomelano saturado, cloreto mercurioso, Hg_2Cl_2 , apesar de também ser comum o uso de eletrodo de cobre/sulfato de cobre, $Cu/CuSO_4$. O eletrodo de calomelano tem um potencial de +241mV a 20°C em relação ao de hidrogênio e o de cobre/sulfato de cobre tem um potencial de +318mV (ANDRADE, 1992).

Pode-se ainda utilizar um equipamento com sistema informatizado de coleta e registro de dados, como por exemplo, o denominado Potencial Wheel & Data Bucket (ANDRADE, 1992). Ou ainda o equipamento CANIN Corrosion Analyzing Instrument (Figura 4.7).

Após a obtenção dos valores de potencial, a melhor forma de apresentá-los é em intervalos máximos de 50mV. Dependendo do número de medidas e do tipo da estrutura pode-se empregar desde tabelas até mapas coloridos com a representação das linhas equipotenciais.

A interpretação dos valores medidos de potencial tem evoluído bastante nos últimos anos. De acordo com a norma ASTM C 876 (1991), para eletrodos de referência de cobre/sulfato de cobre, valores de potencial mais positivos que -200mV, têm 90% de probabilidade de não ter corrosão, já valores de potenciais mais negativos que -50mV têm 90% de probabilidade de a área possuir corrosão. Potenciais entre -

200mV e -350mV o resultado é incerto. Fica mais fácil o entendimento segundo o Quadro 4.3.



Figura 4.7. Equipamento CANIN Corrosion Analyzing Instrument para medidas de potencial de corrosão.

Fonte: Proceq.

Potencial de corrosão relativo ao eletrodo de referência de cobre-sulfato de cobre-ESC (mV)	Probabilidade de corrosão (%)
mais negativo que -350	95
mais positivo que -200	5
de -200 a -350	incerta

Quadro 4.3. Critérios de avaliação dos resultados das medidas de potenciais de corrosão de acordo com a norma ASTM C 876 (1991).

Fonte: Cascudo, 1997, p. 86.

- resistividade: a resistividade elétrica do concreto é, juntamente com a disponibilidade de oxigênio, um dos parâmetros do material que mais influencia a intensidade de corrosão. Depende fundamentalmente da umidade contida nos poros do concreto. Sua medida auxilia na determinação da gravidade dos problemas de corrosão, junto com o mapeamento dos potenciais (RODRIGUEZ et al., [199-?]; ANDRADE, 1992).

A medida da resistividade dá informação sobre o risco de corrosão, devido à relação linear entre a intensidade de corrosão e a condutividade eletrolítica, isto é, uma baixa resistividade elétrica do concreto está correlacionada com uma alta intensidade de corrosão. Cabe ressaltar que somente este parâmetro não é o fator determinante da intensidade de corrosão, portanto não é somente ele que fornecerá dados para prevenção dos danos em potencial ou estabelecer a necessidade de aplicação de técnicas de prevenção ou reparo.

Existem três formas diferentes de medir a resistividade: diretamente na superfície da estrutura; em testemunhos; e empregando-se sensores.

A resistividade do concreto pode ser medida diretamente na superfície da estrutura pela técnica de *Wenner*, ou pela técnica do disco, conforme a seguir:

- Diretamente na superfície da estrutura: pode-se utilizar o método das quatro pontas ou quatro eletrodos; ou método do disco.

Método das quatro pontas ou quatro eletrodos: pode-se medir a resistividade pelo método de *Wenner*, que foi desenvolvido originalmente para prospecção geofísica e posteriormente sendo aplicada ao concreto. São empregados neste método quatro eletrodos equiespaçados e umedecidos com um líquido condutor, proporcionando um bom contato com a superfície do concreto (Figura 4.8). É aplicada uma corrente alternada conhecida (geralmente com uma frequência entre 50 e 1000Hz) entre os eletrodos externos e se mede a diferença de potencial (ddp) entre os eletrodos interiores. A resistividade é obtida como função da voltagem, intensidade e distância entre os eletrodos.

Onde: ρ é a resistividade elétrica do concreto (ohm.cm), a é o espaçamento entre os eletrodos (cm), V é a voltagem (Volts) e I é a corrente (Ampère).

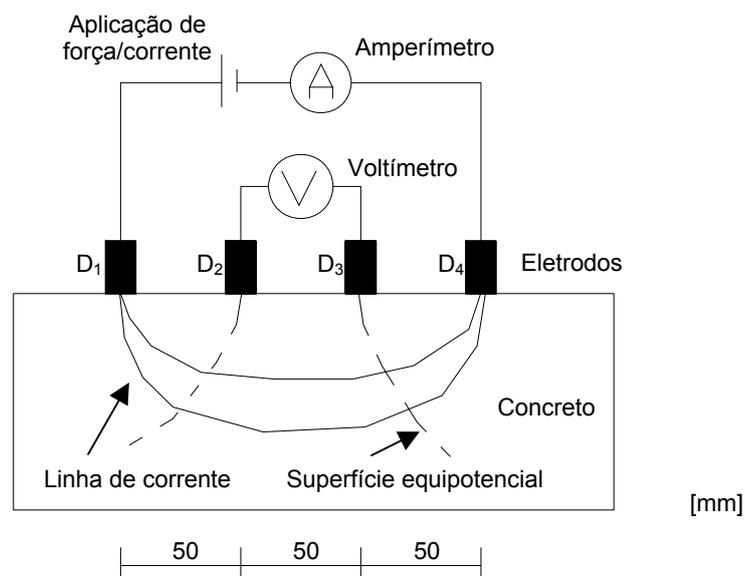


Figura 4.8. Esquema do método das quatro pontas.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Método do disco: este método está baseado na estimação da caída ôhmica de uma resistência colocada entre um pequeno disco colocado na superfície de um eletrólito (concreto) e um contra-eletrodo muito maior colocado no infinito. Se a contribuição da resistência do contra-eletrodo a resistência total é desprezível, então na teoria se demonstra que a resistência elétrica é função da resistividade do eletrodo.

O aparato para o ensaio do método do disco é composto por um disco de material condutor, um potenciostato e um eletrodo de referência (Figura 4.9). Faz-se o contato adequado e se aplica um pulso galvanostático e se registra a caída ôhmica. Igualmente no método *Wenner* (quatro pontas), o disco e a armadura não podem estar muito próximos, pelo menos duas vezes o diâmetro do disco.

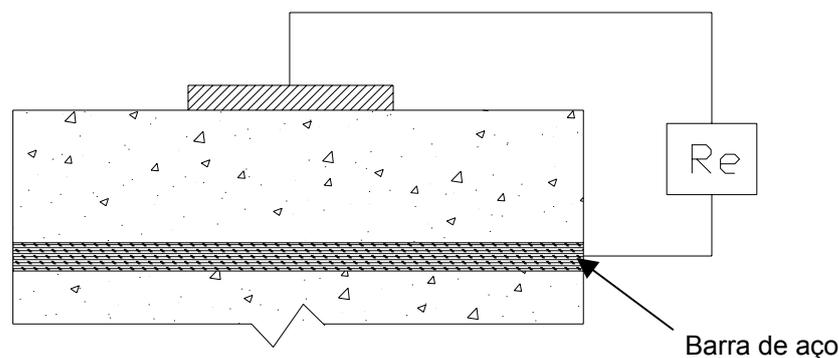


Figura 4.9. Esquema do método do disco.
Fonte Rodriguez et al., [199-?].

O cálculo da resistividade pelo apresentado da Figura 4.9 é realizado pela Equação 4.1, onde \varnothing é o diâmetro da barra de aço.

$$\rho = 2 Re \varnothing \quad \text{Equação 4.1}$$

O Quadro 4.4 apresenta uma classificação de níveis de resistividade, segundo Rodriguez et al. ([199-?]).

Resistividade (k.cm)	Risco de corrosão
> 100 – 200	Corrosão desprezível, concreto muito seco
50 – 100	Baixo
10 – 50	Moderado a alto quando o aço se corrói
< 10	A resistividade não é o parâmetro controlador da velocidade de corrosão

Quadro 4.4. Classificação em níveis de risco de corrosão em função dos valores de resistividade.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Há ainda os critérios de avaliação segundo Rincon et al. (1997), conforme o Quadro 4.5.

$\rho > 200\text{K}\Omega.\text{cm}$	Pouco risco
$200 > \rho > 10\text{K}\Omega.\text{cm}$	Risco moderado
$\rho < 10\text{K}\Omega.\text{cm}$	Alto risco

Quadro 4.5. Critérios para avaliação do risco de corrosão em função da resistividade.
Fonte: Rincon et al., 1997, p. 92.

Helene (1993) descreve ainda, no Quadro 4.6, critérios de avaliação da resistividade.

$< 50\Omega.\text{m}$	Probabilidade de corrosão muito alta
De 50 a $100\Omega.\text{m}$	Probabilidade de corrosão alta
De 100 a $200\Omega.\text{m}$	Probabilidade de corrosão baixa
$\rho > 200\Omega.\text{m}$	Probabilidade de corrosão desprezível

Quadro 4.6. Critérios para avaliação da probabilidade de corrosão em função da resistividade.
Fonte: Helene, 1993, p. 173.

Segundo Helene (1993), existem equipamentos portáteis de fabricação comercial, para realizar medidas de resistividade elétrica no concreto, como o denominado RM MKII Resistivity Meter.

Existe ainda o equipamento RESI, que é portátil e bastante utilizado para verificar a resistividade do concreto *in situ* na estrutura (Figura 4.10).



Figura 4.10. Equipamento de medida de resistividade: Resistivity Meter RESI.
Fonte: Proceq.

- ultrassom: é um método empregado para avaliar o estado de materiais como o concreto. É não destrutivo, e mede a velocidade das ondas de compressão no material que será ensaiado.

O ultrassom é especialmente empregado na avaliação da uniformidade e qualidade do concreto e na localização dos defeitos como fissuras, falhas, descontinuidades.

Esse método se baseia na relação existente entre a qualidade do concreto e a velocidade de um pulso ultra-sônico através do material. Vários estudos estão sendo realizados com intenção de correlacionar a velocidade do pulso com a resistência a compressão do concreto.

Segundo TWRL (1980, apud Rodriguez et al. [199-?]) pode-se adotar o critério do Quadro 4.7 para a velocidade do pulso ultra-sônico.

Velocidade (m/s)	Qualidade do cobrimento
> 4000	Boa
3000 – 4000	Média
< 3000	Baixa

Quadro 4.7. Critérios adotados para a velocidade do pulso ultra-sônico.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Rincon et al. (1997) estabelece os critérios do Quadro 4.8 para a avaliação do concreto em função das medidas de velocidade de propagação do pulso ultra-sônico.

Velocidade (m/s)	Qualidade do concreto
< 2000	Deficiente
2001 a 3000	Normal
3001 a 4000	Alta
> 4000	Durável

Quadro 4.8. Critérios adotados para a avaliação da velocidade do pulso ultra-sônico.
Fonte: Rincon et al, 1997, p. 97.

O princípio de funcionamento é o seguinte: há um transdutor, que gera os pulsos de ondas de compressão, e que está em contato com uma das faces do elemento. Na outra face do elemento se encontra outro transdutor, que capta a onda emitida. O tempo de leitura (t) da onda se mede eletronicamente. A velocidade do pulso e o tempo de chegada se relacionam através da seguinte expressão da Equação 4.2.

$$V_p = \frac{d}{t} \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde: V_p é a velocidade, d é a distância entre os transdutores e t o tempo.

As medidas podem ser realizadas de forma direta, semi-direta ou indireta (Figura 4.11).

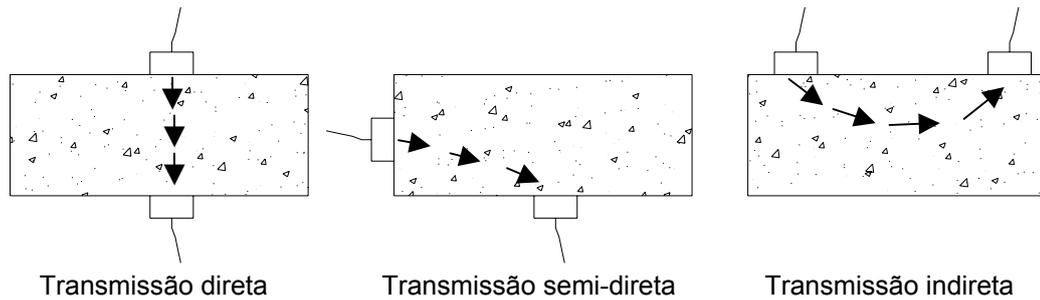


Figura 4.11. Tipos de medidas realizadas no ultrassom.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

A precisão da medida depende da capacidade do equipamento e da habilidade do operador.

Andrade (1992) cita o equipamento denominado Pundit (Portable Ultrasonic Non Destructive Digital Indicating Tester), como sendo um dos instrumentos mais conhecidos de ultrassom.

Existe ainda o equipamento de ultrassom denominado TICO Ultrasonic Instrument (Figura 4.4).

- impacto eco: é um método não destrutivo baseado no uso de ondas geradas por um impacto mecânico de curta duração em um ponto da superfície da estrutura. Estas ondas se propagam através da estrutura e são refletidas de novo até a superfície da mesma. Diferentemente do ultrassom, no impacto eco somente uma superfície da estrutura necessita estar disponível.

O principal objetivo dessa técnica é a avaliação das estruturas de concreto, podendo ter diferentes aplicações, como:

- medida da espessura do concreto: realiza a medida da espessura do concreto em estruturas que só possuam uma superfície acessível;
- mapeamento das imperfeições internas: verifica a existência de fissuras, deslocamentos, etc. Permite ainda determinar a extensão da deterioração produzida por ataques químicos ou outros fenômenos resultando na corrosão das armaduras; e

- comportamento acústico de interfaces: comportamento acústico de interfaces entre materiais como nas estruturas estratificadas, reparadas ou nas estruturas de concreto armado, podendo determinar a qualidade da aderência entre as faces.

As ondas que são geradas pelo impacto mecânico em um ponto da estrutura se propagam no interior da mesma e se refletem pelos defeitos interiores e nos limites do elemento, propagando-se para o exterior e novamente para o interior. Há a correção do sinal realizada por um transdutor.

Esta técnica gera ondas de baixa frequência (< 80KHz) que podem penetrar até metros no concreto. Tem sido empregada com erro menor que 5% na determinação de espessura.

A interpretação dos resultados do ensaio é um problema, uma vez que na prática, o método não é sempre preciso devido as suas próprias limitações e as limitações e experiência do operador.

O impacto eco é um método muito sensível. O tamanho dos defeitos detectados dependem da longitude da onda que depende do tempo de contato. Quanto este for menor, os defeitos detectados serão menores.

- profundidade de carbonatação: no caso da carbonatação do cobrimento, a determinação da profundidade de carbonatação ou frente de carbonatação é obtida com a exposição da superfície do concreto, aspergindo-se indicadores químicos à base de fenolftaleína (à 1%), timolftaleína ou equivalentes comerciais que indiquem mudança de pH entre 8 e 11 e observando-se variações de coloração em função do pH do concreto (ficando incolor a espessura carbonatada que é medida). Devem ser realizadas pelo menos quatro medidas da espessura da zona incolor (zona carbonatada), incluindo-se os valores máximo e mínimo obtidos (RODRIGUEZ et al., [199-?]; HELENE, 1993; ANDRADE, 1992). Segundo Helene (1993), não é necessário que as porções ensaiadas tenham uma geometria particular, bastando terem dimensões suficientes para verificar a partir do lado correspondente ao da superfície da estrutura, a eventual espessura carbonatada.

Segundo Andrade (1992) a medida deve sempre ser efetuada em fratura fresca de concreto, uma vez que as superfícies expostas se carbonatam rapidamente.

Também pode-se medir a frente de carbonatação nos testemunhos extraídos para a obtenção da resistência a compressão do concreto.

A principal informação que se pretende com esta medida é conhecer se a carbonatação chegou ou não até a armadura, para saber se esta provocou ou contribuiu à deterioração da estrutura (ANDRADE, 1992).

A partir da medida da profundidade da frente de carbonatação (X_{CO_2}), pode-se medir a velocidade de penetração (V_{CO_2}) mediante a lei da raiz quadrada conforme a Equação 4.3.

$$X_{CO_2} = V_{CO_2} \sqrt{t} \quad \text{Equação 4.3}$$

Onde: t é a idade da estrutura.

- profundidade do avanço dos cloretos: no caso dos cloretos (de origem marinha ou presente no concreto), a melhor forma de determinação é com o uso de perfis completos ou determinações pontuais de cloretos. A extração de testemunhos é necessária para os ensaios; no caso de não ser possível a extração dos testemunhos, poderá ser obtida uma amostra do concreto com um martelo e determinar pelo menos a presença ou não dos cloretos no concreto.

Vários são os métodos para a determinação do conteúdo total de cloretos no concreto. Os ensaios são realizados em amostras em forma de pó obtidas com uma furadeira sobre a estrutura, de diferentes profundidades. Se houver cobrimentos deslocados ou fissurados, pode-se utilizá-los para análises químicas. O objetivo final é obter o perfil ou gradiente de concentração de cloretos, desde a superfície da estrutura até o seu interior, determinando o percentual de concentração que produz a despassivação das armaduras. Pode-se ainda obter o perfil de cloretos através de cortes milimétricos nos testemunhos.

Segundo Helene (1993) e Andrade (1992), os cloretos podem estar dentro do concreto de duas formas: como cloretos livres, na forma de íons na água dos poros⁴,

⁴ Também denominada solução intersticial.

ou como cloretos combinados, formando parte das fases hidratadas do cimento. Os cloretos livres são os realmente perigosos e agressivos à armadura e os combinados geralmente se encontram combinados na forma de cloroaluminatos. Os chamados cloretos totais são formados pela soma dos cloretos livres e combinados. É importante determinar não só o teor de cloretos livres no concreto, mas também o teor de cloretos totais, pois parte dos cloretos combinados podem vir e ficar disponíveis para reações deletérias devido a fenômenos tais como carbonatação ou elevação de temperatura.

A concentração de cloretos totais pode ser expressa como o percentual total de cloretos Cl^- em massa de concreto ou como cloretos solúveis em água ou livres, referenciados ao concreto ou ao conteúdo de cimento.

Para a medida da frente de cloretos, é necessário tomar várias medidas de pequenas porções a partir da superfície do elemento estrutural, com furadeira e brocas de vídea, explicitando as profundidades coletadas (HELENE, 1993).

Para o cálculo dos teores é necessário trabalho de laboratório, seguindo as normas existentes, dentre elas UNE 80240, ASTM D 1411, UNE 7050 e ASTM C 1152.

Assumindo-se o valor máximo de 0,4% de concentração de cloretos totais em massa de cimento ou 0,1% em massa de concreto, pode-se medir a profundidade de penetração (X_{Cl}) correspondente a este percentual e conseqüentemente a velocidade de penetração conforme a Equação 4.4:

$$X_{\text{Cl}} = V_{\text{Cl}} \sqrt{t} \quad \text{Equação 4.4}$$

Onde: X_{Cl} é a profundidade de penetração, V_{Cl} a velocidade de penetração e t a idade da estrutura.

- medidas de corrosão: a velocidade de corrosão é efetuada a partir de três tipos de ensaios: medida da intensidade de corrosão, medida da perda de seção do aço e medida da resistividade. O primeiro item fornece um valor instantâneo da velocidade de corrosão, o segundo informa a importância do ataque e o terceiro dá indicação da umidade na estrutura. Os três parâmetros combinados determinam a velocidade de corrosão representativa.

A intensidade de corrosão indica a quantidade de metal que se transforma em óxido por unidade de superfície de armadura e tempo. A quantidade de óxidos gerada está diretamente relacionada com a fissuração do revestimento do concreto e a perda da aderência, uma vez que a redução da seção transversal do aço afeta a capacidade portante da estrutura. Portanto, a taxa de corrosão é um indicador da taxa de diminuição da capacidade portante da estrutura.

Um equipamento que obtém as velocidades de corrosão in situ na estrutura, e bastante utilizado hoje é o GECOR, desenvolvido pela Geocisa (Figura 4.12).



Figura 4.12. Equipamento Gecor.
Fonte: NDT James.

4.2.1.1.2 Fase de avaliação da estrutura ou diagnóstico (Etapa 2)

Nessa fase é realizada a avaliação do estado atual da estrutura propriamente dita. Está baseada essencialmente em identificar a agressividade ambiental e o nível de dano atual na estrutura. Nesta fase são calculados alguns índices como o de corrosão da estrutura (IC) e o índice estrutural (IE), que são fatores levados em consideração para a avaliação do índice de dano estrutural (IDE), que proporciona um resumo do estado atual e futuro da estrutura.

a) índice de dano estrutural (IDE)

O IDE está baseado na inspeção visual, nos ensaios realizados e em um modelo de qualificação semi-empírico que leva em consideração vários fatores como condições ambientais, processo de corrosão, nível de dano, sensibilidade da capacidade portante da estrutura e os fenômenos de corrosão das armaduras. Como conclusão da qualificação do elemento ou lote se sugere qual a urgência de intervenção ou pode-se levar a uma avaliação detalhada.

O IDE é obtido a partir do IC, índice de corrosão definido a partir da agressividade do ambiente (AA) e dos indicadores de danos por corrosão (IDC); e do IE, índice estrutural, definido a partir da sensibilidade da estrutura ao fenômeno da corrosão das armaduras (Figura 4.13).

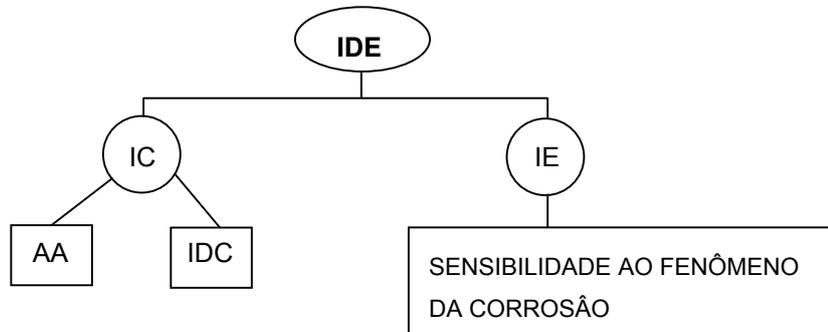


Figura 4.13. Esquema para obtenção do IDE.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

b) índice de corrosão (IC)

O IC fornece informação sobre o dano atual da estrutura devido à corrosão e a velocidade de deterioração. A partir do estado presente da estrutura e da velocidade de corrosão, pode-se graduar o processo de corrosão em quatro níveis gerais, que são:

- N: sem corrosão;
- B: baixa corrosão;
- M: corrosão moderada; e
- A: alta corrosão.

A estrutura é qualificada em função dos quatro níveis acima, em função da AA e do valor obtido para IDC. O IDC é obtido em função do nível de seis indicadores que refletem não só o estado atual da estrutura, como também dá previsão da sua evolução, que são a profundidade de carbonatação, nível de cloretos, fissuração por corrosão no revestimento, resistividade, perda de seção do aço e intensidade de corrosão (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadro A.3). Para o cálculo do IDC, são atribuídos valores de 1 a 4 conforme os quatro níveis (de I a IV) estabelecidos

para cada indicador (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadro A.3) e realizando-se a média aritmética da soma de todos os indicadores.

A determinação da agressividade ambiental (AA) é realizada atribuindo pontos de 1 a 4 às classes de exposição ambiental da norma EN206 (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadro A.4). Para o cálculo final do índice de corrosão (IC), realiza-se a média aritmética dos valores de AA e IDC e conforme o Quadro 4.9 tem-se a qualificação final do IC da estrutura.

Nível de corrosão	Valor do índice
Corrosão muito baixa	0 – 1
Corrosão baixa	1 – 2
Corrosão média	2 – 3
Corrosão alta	3 – 4

Quadro 4.9. Índice de corrosão (IC) e nível de corrosão.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

c) índice estrutural (IE)

As conseqüências de corrosão das armaduras no concreto são muito diferentes, e dependem de diversos fatores como: tipo da seção e esforços na mesma, nível de armadura, tipo de armaduras, etc. Assim, o IE tenta levar em consideração todos estes fatores para qualificar a estrutura. De uma forma geral se realiza a qualificação entre os elementos submetidos à flexão e os submetidos a flexo-compressão.

- elementos submetidos à flexão

Primeiramente determina-se o índice de armadura transversal (de 1 a 3), tendo em conta o diâmetro da armadura transversal e a distância entre os estribos (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadro A.5).

Depois de determinado o índice de armadura transversal, determina-se o índice estrutural (I a IV) para elementos submetidos à flexão em função da armadura longitudinal e do índice de armadura transversal anteriormente determinado (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadro A.6 ou A.7).

- elementos submetidos à flexo-compressão (apoios, pilares)

O procedimento é similar ao dos elementos submetidos à flexão. São obtidos os valores do índice de armadura transversal (de 1 a 3) em função dos parâmetros

citados anteriormente, que são o diâmetro da armadura transversal e a distância entre os estribos (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadro A.8).

Após a obtenção do índice de armadura transversal, o índice estrutural (de I a IV) é obtido em função da armadura longitudinal, e leva em consideração a maior ou menor possibilidade de deslocamento do cobrimento por corrosão das armaduras principais, uma vez que se as dimensões da peça de apoio são pequenas, de 30 a 40cm, a perda da capacidade resistente por este efeito pode ser importante (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadros A.9 ou A.10).

d) conseqüências de falha

De acordo com as conseqüências de falha da estrutura é estabelecida sua importância. As conseqüências de falha da estrutura podem ser:

- leves: quando as conseqüências de falha da estrutura são pequenas, não sendo sérias; e
- significantes: no caso de haver risco para a vida ou importantes danos materiais.

e) possíveis redistribuições

A existência ou não de um certo grau de hiperestaticidade na estrutura pode representar significativamente na influência do nível de corrosão na redução da capacidade portante do elemento considerado. Para estruturas isostáticas a falha local em uma das seções do elemento implicaria na falha imediata da estrutura, o que não aconteceria em estruturas que possuam outras seções que suportem as cargas, podendo os esforços redistribuir-se.

f) valor do IDE

O valor do IDE, conforme a Figura 4.13, é obtido através do IC e do IE e está apresentado no Quadro 4.10. O IDE é graduado em quatro níveis, conforme a seguir:

- desprezível (D);
- médio (M);

- severo (S); e
- muito severo (MS).

IC	ÍNDICE ESTRUTURAL (IE)							
	I		II		III		IV	
	Conseqüências de falha possível							
	Leves	Significantes	Leves	Significantes	Leves	Significantes	Leves	Significantes
0 – 1	D	D	D	D	D	M	M	M
1 – 2	M	M	M	M	M	S	M	S
2 – 3	M	S	M	S	S	MS	S	MS
3 – 4	S	MS	S	MS	S	MS	MS	MS

Quadro 4.10. Índice de dano estrutural (IDE).

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Uma possível redistribuição de esforços se leva em conta mediante uma redução do IDE obtido. No caso da estrutura permitir a redistribuição dos esforços o nível do índice será reduzido em uma unidade (de severo para médio, por exemplo).

4.2.1.1.3 Urgência de intervenção – prognóstico (Etapa 3)

Para o método simplificado a avaliação no tempo da estrutura é realizada mediante prazos de intervenção ou futuras inspeções na estrutura. É no método detalhado que será verificada a evolução da capacidade portante no tempo e, portanto a segurança do elemento no tempo.

Uma vez obtido o IDE pelo Quadro 4.10, e após corrigi-lo em função da possível redistribuição dos esforços e da margem de segurança calculada, o Quadro 4.11 fornece intervalos aconselháveis de intervenção (ou reparação). Esses intervalos são muito importantes para a tomada de decisões de intervenção nas estruturas.

IDE	Urgência de intervenção (anos)
Desprezível	> 10
Médio	5 – 10
Severo	2 – 5
Muito severo	0 – 2

Quadro 4.11. Urgência de intervenção.

Fonte: Adaptado de Rodriguez et al., [199-?].

O tipo de intervenção na estrutura dependerá do resultado obtido na avaliação. Para estruturas com períodos de intervenção acima de 5 anos, recomenda-se uma inspeção espaçada, medindo-se as possíveis velocidades de corrosão. Já para estruturas com período de intervenção de 2 a 5 anos, se recomenda uma avaliação

detalhada no período marcado. E para estruturas com período de intervenção menor que 2 anos, o mais provável é que necessite de uma intervenção urgente, sendo o melhor a fazer o re-cálculo da estrutura através de uma avaliação detalhada.

4.2.1.1.4 Relatório da avaliação

Após o término da avaliação, com os dados coletados das inspeções e ensaios, o Manual do Torroja apresenta como necessária a preparação de um relatório, que contenha pelo menos os seguintes dados:

- a) descrição da estrutura, com tipologia, carga, sobrecarga estimada, dimensões, etc.;
- b) descrição dos lotes ensaiados observando a tipologia estrutura, o nível de dano e a agressividade ambiental;
- c) descrição dos danos observados para cada lote, como fissuras, deslocamentos, manchas, etc.;
- d) diagnóstico e estado atual da estrutura, verificando as causas dos danos, se por corrosão ou não e definindo as características do tipo de corrosão (carbonatação, excesso de cloretos), velocidade de corrosão, etc.;
- e) os dados necessários para realização da análise simplificada, como dados das armaduras, características dos materiais, índices obtidos; e
- f) cálculo do IDE e do nível de corrosão.

4.2.1.2 Avaliação detalhada

A avaliação detalhada considera a estrutura como um todo. Uma avaliação detalhada deve levantar uma considerável quantidade de informação. Sua função é a coleta de dados para o cálculo do índice de dano estrutural (IDE) e principalmente da avaliação quantitativa estrutural.

É realizada com uma rigorosa avaliação da condição da estrutura e a quantificação da redução da seção do concreto e aço. Baseia-se na identificação da profundidade de corrosão no aço e medida da intensidade de corrosão. Através desses dados é

realizada a determinação da capacidade de carga efetiva, com a verificação estrutural pelas teorias dos Estados Limites Último e de Serviço. Após a avaliação detalhada é necessário estabelecer o tempo de intervenção para um desempenho mínimo aceitável da estrutura.

Pode-se distinguir cinco fases principais na avaliação estrutural detalhada, conforme o diagrama da Figura 4.14, e a seguir:

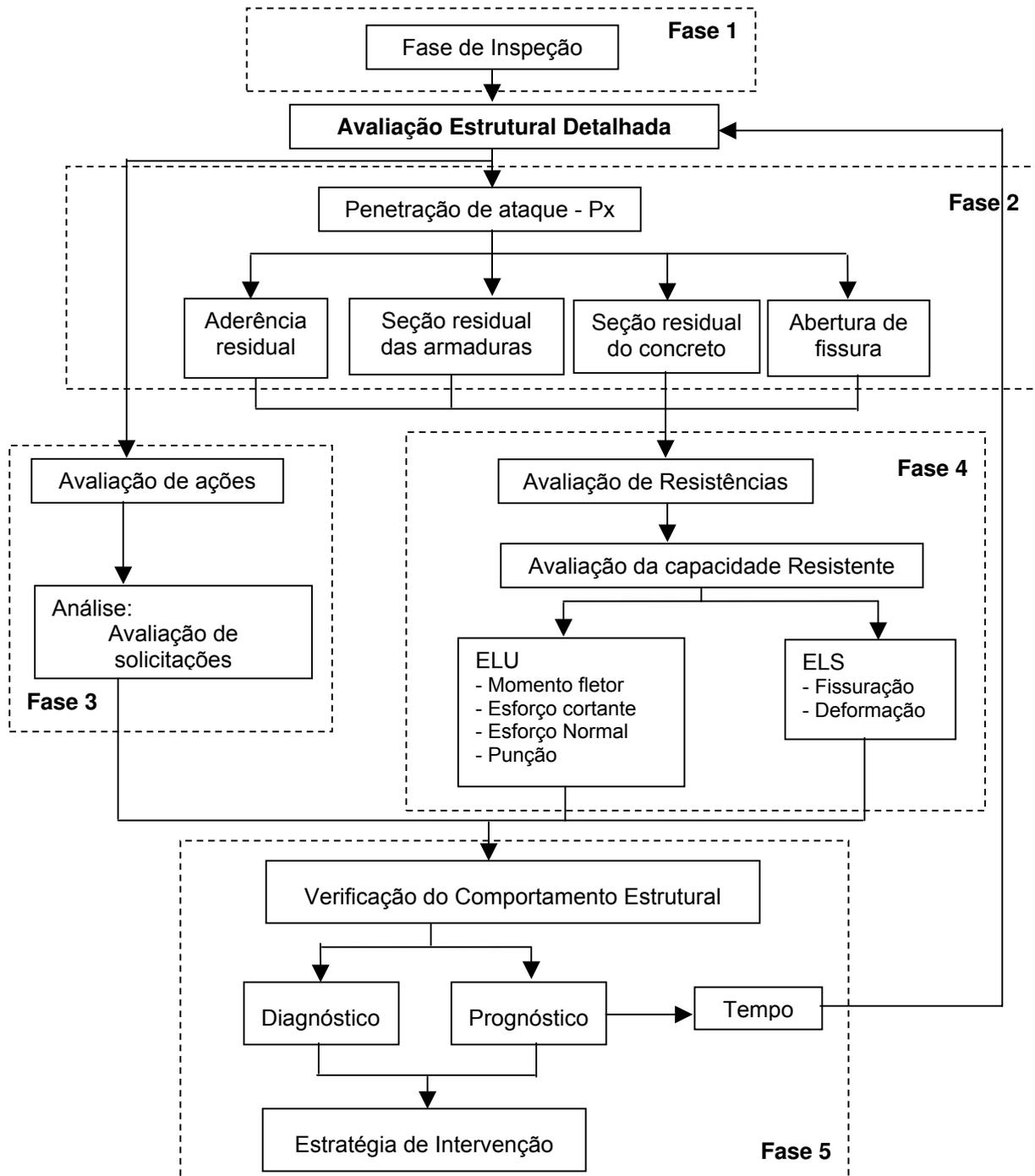


Figura 4.14. Diagrama de Avaliação Detalhada.

Fonte: Adaptado de Rodriguez et al., [199-?].

- a) fase de inspeção que permita coletar todos os aspectos relevantes da estrutura e seu entorno (referenciada aqui como Fase 1);
- b) determinação dos efeitos da corrosão no concreto e o aço, como aderência, a seção das armaduras, a geometria da seção do concreto e a fissuração do revestimento (referenciada aqui como Fase 2);
- c) avaliação de ações e análises, considerando as possíveis reduções das seções brutas (referenciada aqui como Fase 3);
- d) determinação da capacidade resistente a partir das propriedades dos materiais modificados pelo efeito da corrosão (referenciada aqui como Fase 4); e
- e) verificação do comportamento estrutural tanto no estado atual (diagnóstico) como no futuro (prognóstico) a partir da aplicação da Teoria dos Estados Limites (referenciada aqui como Fase 5).

Pode-se verificar que a Fase 1 da Avaliação Detalhada corresponde à Etapa 1 (Inspeção) da Avaliação Simplificada, composta pela inspeção preliminar visual, trabalho de escritório e ensaios *in situ* na estrutura, porém na Avaliação Detalhada deve-se levantar os dados necessários com maior riqueza de detalhes. Verifica-se ainda, que na Avaliação Detalhada o número de ensaios é normalmente maior que na Avaliação Simplificada, e há alguns tipos de ensaios mais detalhados (Vide Manual do Torroja ou Anexo A, Quadro A.11).

A principal diferença da Avaliação Detalhada para a Avaliação Simplificada está na Avaliação Estrutural Detalhada da estrutura, e será melhor descrita no item a seguir.

4.2.1.2.1 Avaliação estrutural

A avaliação estrutural é basicamente o que diferencia a Avaliação Detalhada da Avaliação Simplificada.

Como comentado anteriormente, o objetivo do Manual do Torroja é determinar o comportamento da estrutura no momento da avaliação (diagnóstico) e estimar a evolução do comportamento ao longo da curva de deterioração até que alcance um

valor de comportamento mínimo aceitável (prognóstico), podendo assim estimar a vida residual da estrutura. (Figura 4.15).

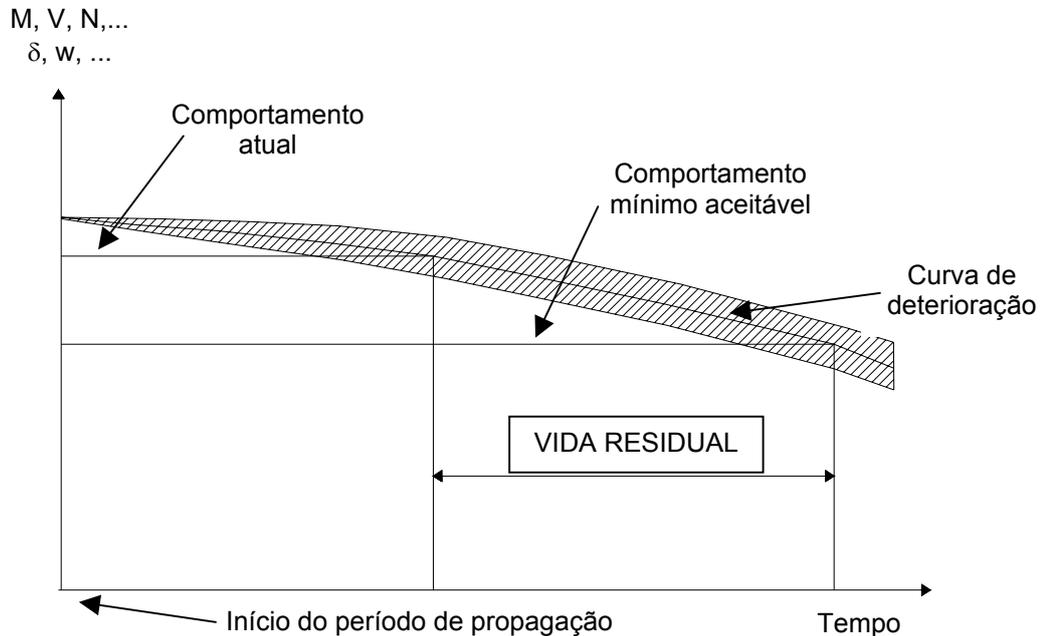


Figura 4.15. Deterioração de uma estrutura no tempo.

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

A metodologia para a realização do diagnóstico e o prognóstico é similar, e está baseada nos seguintes aspectos:

- a avaliação será realizada conforme a norma EHE (1999), especialmente o título 1º Bases de Projeto salvo os casos descritos no anexo B da referida norma;
 - os estados limites últimos e de serviço são incluídos na norma EHE (1999), podendo-se considerar um estado limite de serviço adicional referente ao aspecto externo da superfície do concreto afetada por pequenos sinais de deterioração com manchas de óxidos;
 - deve-se avaliar as cargas permanentes (com precisão) e variáveis (quando possível ou necessário);
 - as propriedades dos materiais devem se integrar ao comportamento estrutural.
- As conseqüências da corrosão podem ser classificadas em três grupos principais:

- as que afetam a armadura diminuindo a seção das barras e a ductilidade do aço;
- as concernentes com a integridade do concreto devido ao estado tensional que induz a expansão do óxido, podendo ocasionar fissuração e deslocamento do concreto; e
- as que alteram o efeito composto do aço e concreto devido a deterioração da aderência entre eles.

Conhecer o estado e a evolução destes três aspectos é fundamental para analisar a capacidade portante da estrutura e para estimar seu comportamento futuro.

a) método de análise

O efeito das ações deve ser obtido de acordo com o capítulo V da norma EHE (1999), intitulado Análise Estrutural, considerando-se os seguintes aspectos:

- a geometria da seção deverá ser modificada considerando-se a perda de seção do concreto devido o deslocamento do mesmo;
- a ductilidade da seção é reduzida, uma vez que a corrosão reduz o alongamento a máxima carga nas barras e a corrosão das barras comprimidas provoca a fissuração do concreto e a redução do canto útil. Por isto, devem-se tomar certas precauções ao se admitir redistribuições das ações solicitantes, devido à perda da ductilidade da armadura corroída; e
- quando necessário, deve-se empregar ferramentas mais rigorosas.

b) propriedades da seção

Deve-se considerar as propriedades da seção quando se vai obter o efeito das ações (análise) e ao se verificar os estados limites.

Não existem regras gerais para a escolha do tipo de seção para a avaliação de estruturas afetadas por corrosão. É necessário então elaborar diferentes hipóteses com diferentes seções e realizar uma análise de sensibilidade da estrutura.

c) coeficientes parciais de segurança

Na avaliação da estrutura, a informação disponível é bem maior que no projeto, então, podem ser reduzidos os coeficientes parciais de segurança, devido a uma melhor estimativa da resistência real dos materiais e das cargas aplicadas.

d) estados limites últimos

Objetiva-se satisfazer a Equação 4.5:

$$R \geq S \qquad \text{Equação 4.5}$$

Onde: R é a resistência e S é a carga aplicada.

Os coeficientes de segurança, conforme comentado anteriormente, podem ser reduzidos.

e) estados limite de serviço

Ao se considerar os estados limites de serviço há uma maior flexibilidade para redução do nível de comportamento mínimo, uma vez que não há riscos associados a segurança.

Pode-se reduzir o nível de comportamento mínimo, como maiores deformações, ou aberturas de fissuras, quando aceitos pelo proprietário e quando a estética não é fundamental na estrutura.

Deve-se avaliar que pode haver redução da vida residual da estrutura, uma vez que com a aceitação de uma maior abertura de fissuras, há uma maior disponibilidade de acesso da umidade e oxigênio, maléficos ao processo de corrosão, no interior da estrutura.

4.2.1.2.2 Fase de diagnóstico

Objetiva-se determinar o comportamento estrutural atual da estrutura de forma que se possa determinar em que ponto da curva de deterioração (Figura 4.15) a mesma se encontra.

Para uma avaliação atual das estruturas, seguem-se os seguintes passos:

- identificação do mecanismo de dano, caracterização do mecanismo de ataque e da qualidade do concreto;
- medida da penetração da carbonatação e dos cloretos, e o cálculo da velocidade do avanço do agente agressivo V_{CO^2} e V_{Cl^-} ;
- durante o período de propagação, estimar o tempo desde o início da corrosão através da fórmula da raiz quadrada do tempo;
- determinar a penetração do ataque e a intensidade de corrosão;
- determinar a seção reduzida das barras de aço, a fissuração do cobrimento do concreto e a deterioração da aderência;
- aplicação da teoria dos estados limites tendo em conta as características específicas das estruturas corroídas.

a) avanço dos agentes agressivos e determinação do período de propagação

Pode-se determinar a velocidade do avanço da frente agressiva mediante a equação da raiz quadrada do tempo, conforme as Equações 4.3 e 4.4, já apresentadas anteriormente.

Podem-se ainda utilizar os outros métodos mais sofisticados e com cálculos mais rigorosos da difusão tanto da carbonatação como dos cloretos.

b) determinação do período de propagação (t_p)

Com o período de propagação (t_p) conhecido, o cálculo do ataque prévio por corrosão pode ser realizado pela extrapolação através do tempo, a partir da profundidade medida do agente agressivo, para calcular o tempo transcorrido desde que se alcançou a armadura, mediante o modelo da raiz quadrada do tempo, conforme a Figura 4.16.

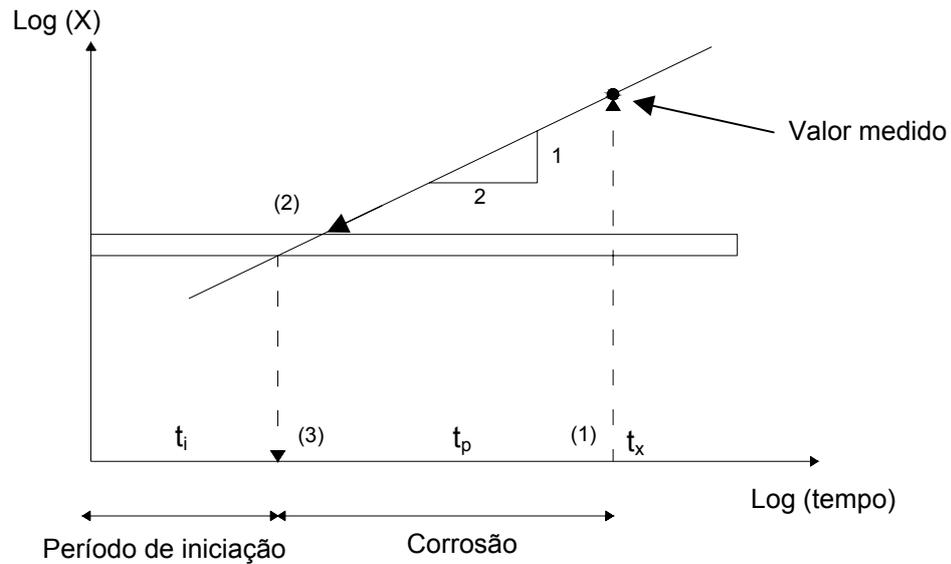


Figura 4.16. Avaliação do período de corrosão mediante extrapolação.
 Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Onde: $t_p = t_x - t_i$, t_x é a idade da estrutura, t_i o período de iniciação e o eixo das ordenadas representa o logaritmo da profundidade de penetração.

Com a determinação do t_p , pode-se obter a intensidade de corrosão média aplicando a equação geral (Equação 4.6):

$$I_{\text{corr}} (\mu\text{m/ano}) = \frac{P_x}{t_p} \quad \text{Equação 4.6}$$

Sendo: $P_x = (\varnothing_0 - \varnothing_t)/2$, a penetração do ataque atual medida mediante a observação direta, com \varnothing_0 o diâmetro inicial da barra e \varnothing_t o diâmetro final da barra após o ataque, e t_p o tempo.

c) determinação da penetração do ataque P_x e da seção atual do aço

Pode-se obter a penetração atual da corrosão segundo os seguintes métodos:

- medida simples do diâmetro residual: pode ser aplicado somente quando a redução de seção é significativa, normalmente na ação dos cloretos; e
- extrapolação do valor a partir da intensidade de corrosão representativa e o período de propagação previamente determinado.

Deve-se levar em consideração na medida do diâmetro residual das barras, a possibilidade de haver pites (Figura 4.17). Se for possível realizar medidas geométricas, deve-se medir diretamente, caso contrário, pode-se considerar um valor aproximado de 10.

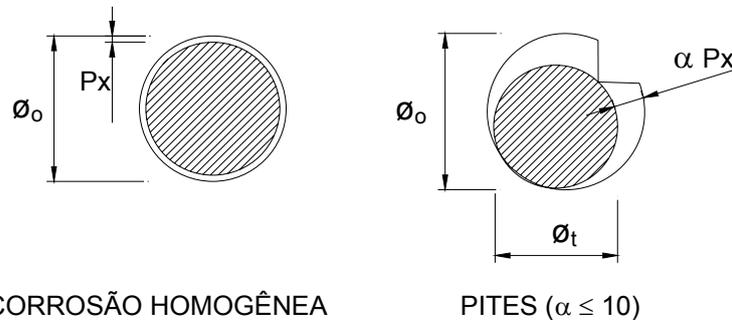


Figura 4.17. Seção residual das armaduras.
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Onde \varnothing_0 é o diâmetro inicial da barra, e \varnothing_t o diâmetro final da barra.

4.2.1.2.3 Fase de prognóstico

Uma vez determinado o estado atual da estrutura, deve-se prever como vai evoluir o processo de deterioração e quando a estrutura vai alcançar um nível de comportamento estrutural inaceitável.

Dados necessários para o prognóstico são:

- características geométricas e mecânicas dos elementos;
- características do avanço dos agentes agressivos (K_{CO_2} , K_{Cl^-} , profundidade atual e período de propagação); e
- um valor representativo da intensidade de corrosão I_{corr}^{rep} .

Se a estrutura está no período de iniciação, o resultado do prognóstico será o tempo necessário para o agente agressivo chegar à armadura. Este valor pode ser obtido novamente mediante a aplicação do modelo da raiz quadrada do tempo, ou de outro modelo similar.

Se a estrutura está corroendo-se, nesta fase determina-se quando a estrutura alcançará um nível de comportamento mínimo pré-fixado. Para isto, segue-se o seguinte:

- definir o nível mínimo de comportamento para os estados limites último e de serviço;
- determinar as características geométricas e mecânicas que fazem com que a estrutura alcance esse nível mínimo;
- determinar a penetração do ataque P_x , que produz essas características;
- assumir um valor médio representativo da intensidade de corrosão $I_{\text{corr}}^{\text{rep}}$ que possa ser empregado na estimativa da deterioração futura;
- determinar o tempo necessário para alcançar a penetração de ataque P_x de acordo as características do ambiente e o valor da intensidade de corrosão $I_{\text{corr}}^{\text{rep}}$.

a) predição do avanço dos agentes agressivos

A predição da evolução da deterioração pode ser realizada com diferentes níveis de precisão.

- período de iniciação

Uma forma de predizer a velocidade do avanço da frente dos agentes agressivos é através da utilização do modelo da raiz quadrada do tempo, que é representada pelo diagrama da Figura 4.18, da medida da profundidade de carbonatação (ou penetração de cloretos), melhor forma de caracterizar a influência do ambiente e as características dos materiais. A predição a partir de valores atuais fará mais confiável os resultados obtidos. Na Figura 4.18 o eixo das ordenadas representa o logaritmo da profundidade de penetração e o eixo das abscissas é o logaritmo do tempo.

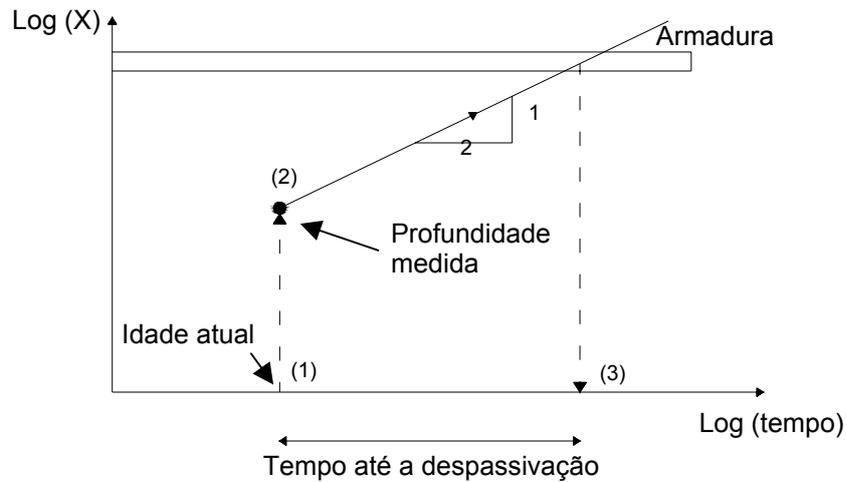


Figura 4.18. Medida da profundidade de carbonatação (ou penetração de cloretos).
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

A representação desta função no diagrama é uma linha reta com inclinação 0,5 para cada qualidade de concreto em diferentes ambientes. A profundidade de penetração será representada por uma linha horizontal que passa pelo ponto medido. Para que estes resultados sejam confiáveis é necessário que a idade da estrutura seja inferior a 2-4 anos.

- despassivação

A despassivação não é m processo instantâneo, havendo ciclos de passivação e despassivação por um período de tempo. Pode identificar-se quando os valores de I_{corr}^{rep} superam $0,1\mu A/cm^2$ durante um certo período.

b) evolução com o tempo da capacidade portante (prognóstico)

Uma vez realizada a previsão do avanço do agente agressivo, pode-se determinar a capacidade portante da estrutura para cada instante de cálculo. Realizando este processo repetidamente em diferentes instantes de tempo, pode-se determinar os pontos da curva de deterioração da estrutura (Figura 4.15).

A verificação do comportamento estrutural é realizada aplicando-se a teoria dos estados limites com as particularidades próprias deste tipo de estrutura.

O preconizado no prognóstico da estrutura na Avaliação Detalhada está mais bem representado na Figura 4.19.

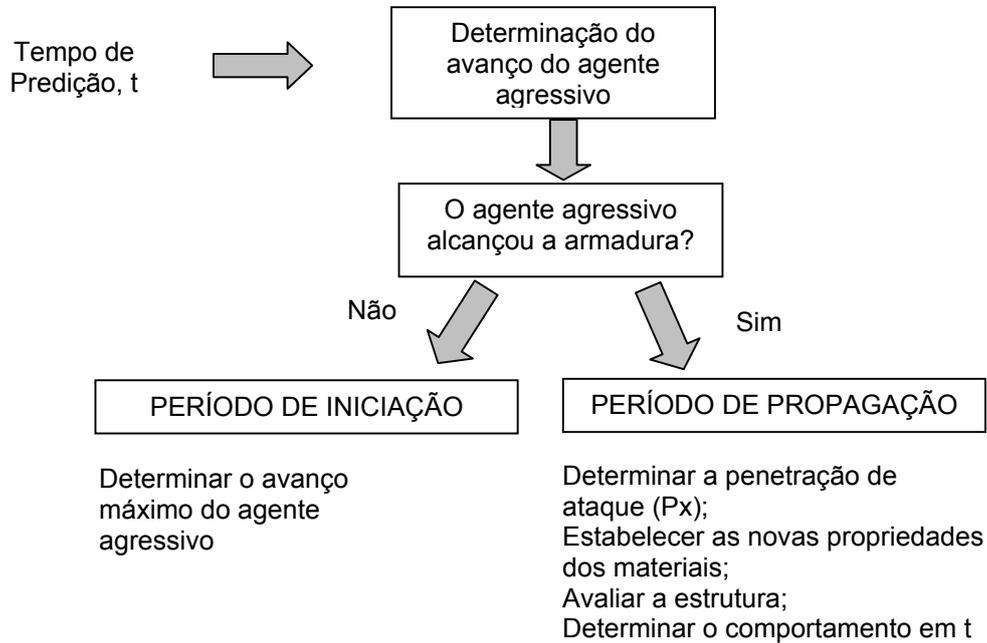


Figura 4.19. Diagrama de fluxo de prognóstico.

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

4.2.1.2.4 Resultados da avaliação detalhada

A avaliação dos limites de serviço pode ser negociada com o proprietário, sendo avaliada até que ponto as características irão influenciar na durabilidade da estrutura. Porém a avaliação dos limites últimos não é negociável, os critérios estão nas normas, e dizem respeito à segurança estrutural. Portanto a avaliação da estrutura baseada nos estados limites últimos deve seguir os mesmos princípios aplicados ao projeto.

No caso da avaliação detalhada, se os valores das ações de projeto são menores que a resistência da estrutura obtidos, não é necessário atuar sobre a mesma, até que transcorra o tempo estimado para que esta situação seja invertida.

Se os valores das ações de projeto são 10% maiores que a resistência da estrutura, então será necessário realizar uma nova avaliação, de curto prazo de tempo (< que 1 ano).

Se os valores das ações de projeto são superiores a 10% maior que a resistência da estrutura, então será necessário considerar um reparo urgente na estrutura.

4.2.1.2.5 Relatório da avaliação

Com os dados recolhidos na Avaliação Detalhada e os ensaios realizados na estrutura, pode-se preparar um relatório que contenha todos os dados obtidos, como descrição da estrutura, forma de agrupamento dos elementos, descrição dos danos observados, resultados dos trabalhos de campo, diagnóstico da estrutura, prognóstico, modelo atual das cargas empregado e recomendações.

4.2.2 Comparação de outras metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com a metodologia do Manual do Torroja

Para que a comparação fosse realizada da forma mais clara possível, adotou-se o a sub-divisão do Diagrama de Avaliação Simplificada do Manual do Torroja conforme apresentado na Figura 4.20, em 3 etapas principais, que são: Etapa 1: inspeção, Etapa 2: diagnóstico e Etapa 3: prognóstico. Essa sub-divisão já foi apresentada anteriormente, porém será aqui enfatizada.

4.2.2.1 Manual do Torroja versus Manual de inspección, evaluación y diagnóstico em estruturas de hormigón armado (RINCON et al., 1997)

O Manual de inspección, evaluación y diagnóstico em estructuras de hormigón armado será citado como Manual do CYTED.

O Manual do CYTED foi elaborado para inspeção em edificações ou pontes.

Uma melhor visão do preconizado no Manual do CYTED está apresentada no fluxograma da Figura 4.21.

Com referência à divisão da avaliação, realizada pelo Manual do Torroja, em Avaliação Simplificada e Avaliação Detalhada, o Manual do CYTED também subdivide a inspeção em Inspeção Preliminar, que se assemelha bastante com a Avaliação Simplificada do Manual do Torroja, e a Inspeção Detalhada, que também se assemelha à Avaliação Detalhada do Manual do Torroja. Essas semelhanças serão mais detalhadas posteriormente.

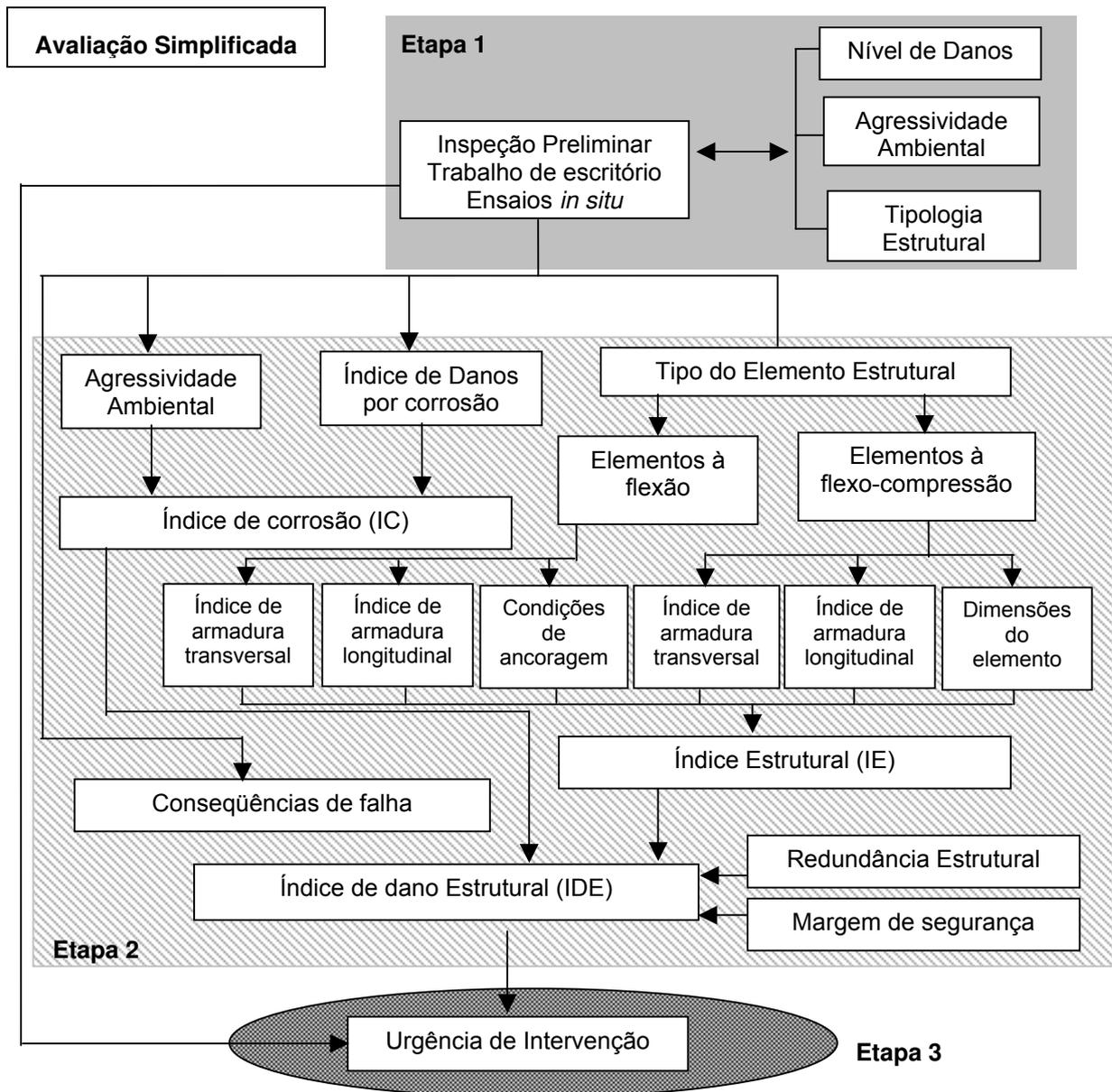


Figura 4.20. Diagrama de Avaliação Simplificada do Manual do Torroja.
 Fonte: Adaptado de Rodriguez et al., [199-?].

Basicamente a primeira parte da Inspeção Preliminar do Manual do CYTED (Figura 4.22), composta pelo exame visual, levantamento de antecedentes e análises e ensaios gerais, preconiza os mesmos processos da Etapa 1 do Manual do Torroja, composta pela inspeção preliminar; trabalho de escritório e ensaios *in situ*. Um ponto controverso, no entanto encontrado, está no fato de que o Manual do CYTED estabelece que após o levantamento dos antecedentes e o exame visual da estrutura, e não sendo o problema complexo, e sendo os avaliadores experientes, pode-se chegar à conclusão de que a informação levantada é suficiente para

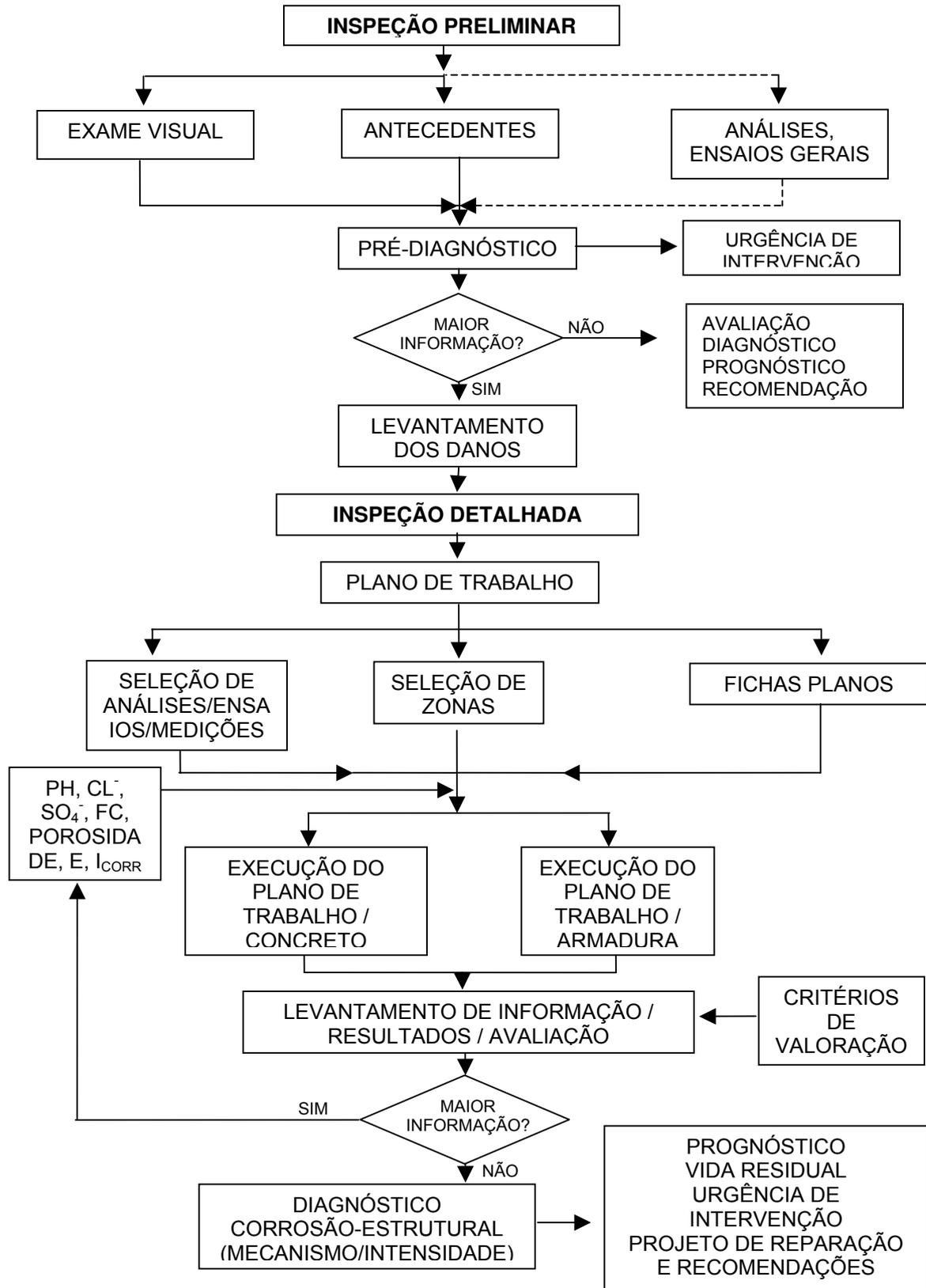


Figura 4.21. Passos para a inspeção em obra, segundo a o Manual do CYTED.
 Fonte: Adaptado de Rincon et al., 1997, p. 69.

elaborar um pré-diagnóstico da estrutura, sem necessidade de medições e ensaios para realizar a reabilitação da mesma. Verifica-se que este tipo de procedimento não é estabelecido no Manual do Torroja. Porém as etapas principais e o tipo de dados levantados nas etapas correspondentes são basicamente as mesmas.

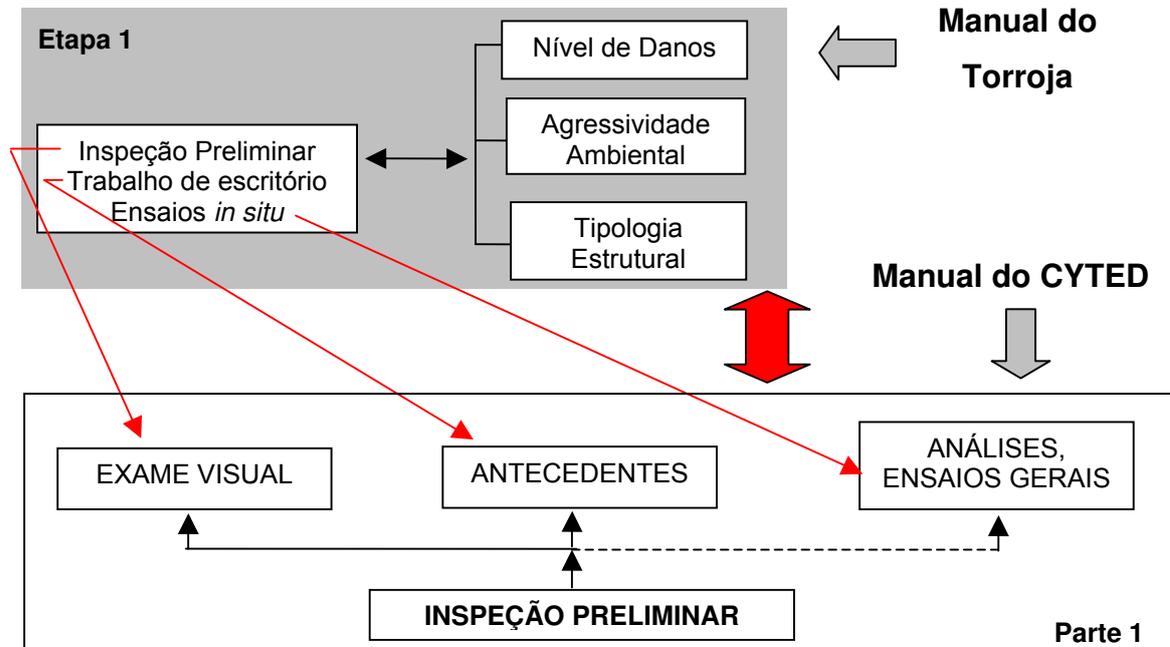


Figura 4.22. Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus primeira parte da Inspeção Preliminar do Manual do CYTED.

Verifica-se, que as Etapas 2 e 3 do Manual do Torroja, caracterizadas pelo diagnóstico e prognóstico da estrutura, possuem a mesma nomenclatura do estabelecido na segunda parte da Inspeção Preliminar do Manual do CYTED e correspondem as mesmas (Figura 4.23). Porém fica claro, neste ponto, uma grande diferença entre o Manual do CYTED e o Manual do Torroja, a saber: na etapa que há a avaliação, diagnóstico e prognóstico da estrutura, com o levantamento detalhado de indicadores, para o levantamento do Índice de Dano Estrutural (IDE) no Manual do Torroja, está representada por apenas um quadro no fluxograma do Manual do CYTED, sem o detalhamento de sua forma de obtenção ou critérios para a mesma.

Assim como no Manual do Torroja, no Manual do CYTED, não sendo possível estabelecer o diagnóstico e prognóstico da estrutura somente com a Inspeção

Preliminar (Avaliação Simplificada do Manual do Torroja), realiza-se então a Inspeção Detalhada (Avaliação Detalhada do Manual do Torroja).

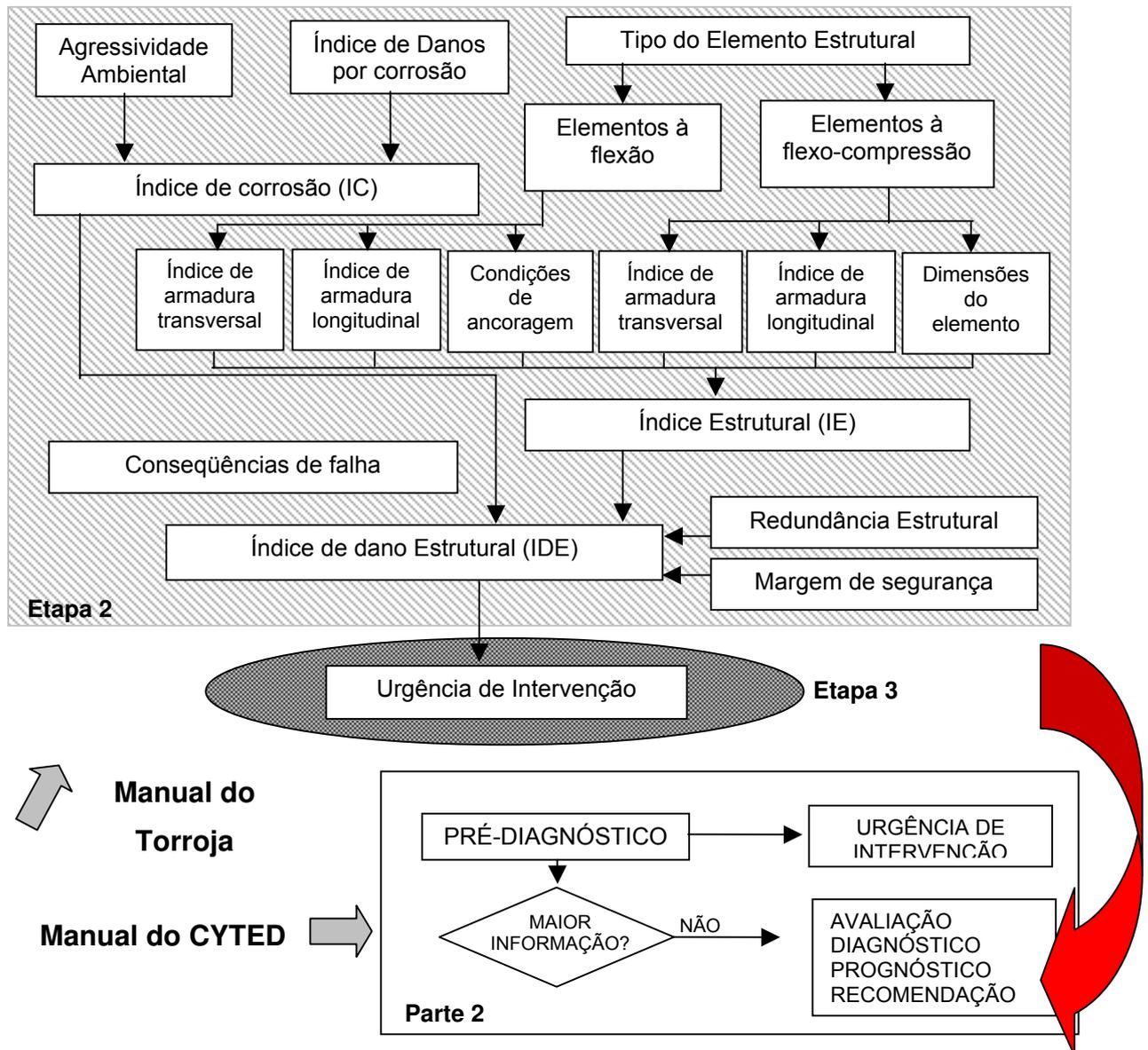


Figura 4.23. Correspondência: Etapas 2 e 3 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus segunda parte da Inspeção Preliminar do Manual do CYTED.

Na Inspeção Detalhada do Manual do CYTED, é descrito detalhadamente, assim como no Manual do Torroja, os ensaios necessários a serem realizados na estrutura.

Apesar de não estar bem explícito no fluxograma da Figura 4.21, as etapas da Inspeção Detalhada do Manual do CYTED são basicamente as mesmas da Avaliação Detalhada do Manual do Torroja. E ainda, assim como no Manual do

Torroja, o Manual do CYTED relata que a Avaliação Estrutural é realizada por um engenheiro estrutural, com base nas condições atuais da mesma, considerando a penetração do ataque dos agentes agressivos e verificando: a aderência, seção das armaduras, seção do concreto residuais e abertura de fissuras.

Um ponto controverso, no entanto, está no fato do Manual do CYTED estabelecer que a avaliação estrutural pode ser realizada de forma simplificada através de indicadores de danos (como manchas de óxido, quantidade de fissuras ou deformações, deslocamento do cobrimento e perda de seção do aço), dependendo da importância da estrutura, dos objetivos da inspeção e da disponibilidade dos dados estruturais necessários para o cálculo estrutural. Não há relato no Manual do Torroja sobre essa metodologia para avaliação estrutural.

4.2.2.2 Manual do Torroja versus Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado (CASANOVAS, 2000)

O Manual de diagnosis e intervención en estructuras de hormigón armado será citado como Manual de Barcelona e foi elaborado para inspeção de edificações.

O processo de diagnóstico de uma estrutura do Manual de Barcelona está apresentado na Figura 4.24.

Analisando as correspondências existentes na sistemática adotada no Manual do Torroja e no Manual de Barcelona, verifica-se que: no Manual de Barcelona, o pré-diagnóstico corresponde às etapas de inspeção preliminar visual e trabalho de escritório da avaliação simplificada, que são parte da Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja (Figura 4.25).

A realização de ensaios *in situ* na estrutura e retirada de amostras para ensaio em laboratório, constante também na Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja, constam somente na etapa de Estudos Prévios / Diagnóstico do Manual de Barcelona. E ainda, a etapa de Estudos Prévios / Diagnóstico do Manual de Barcelona, corresponde à Avaliação Detalhada do Manual do Torroja, no que caracteriza como Verificação da Estabilidade.

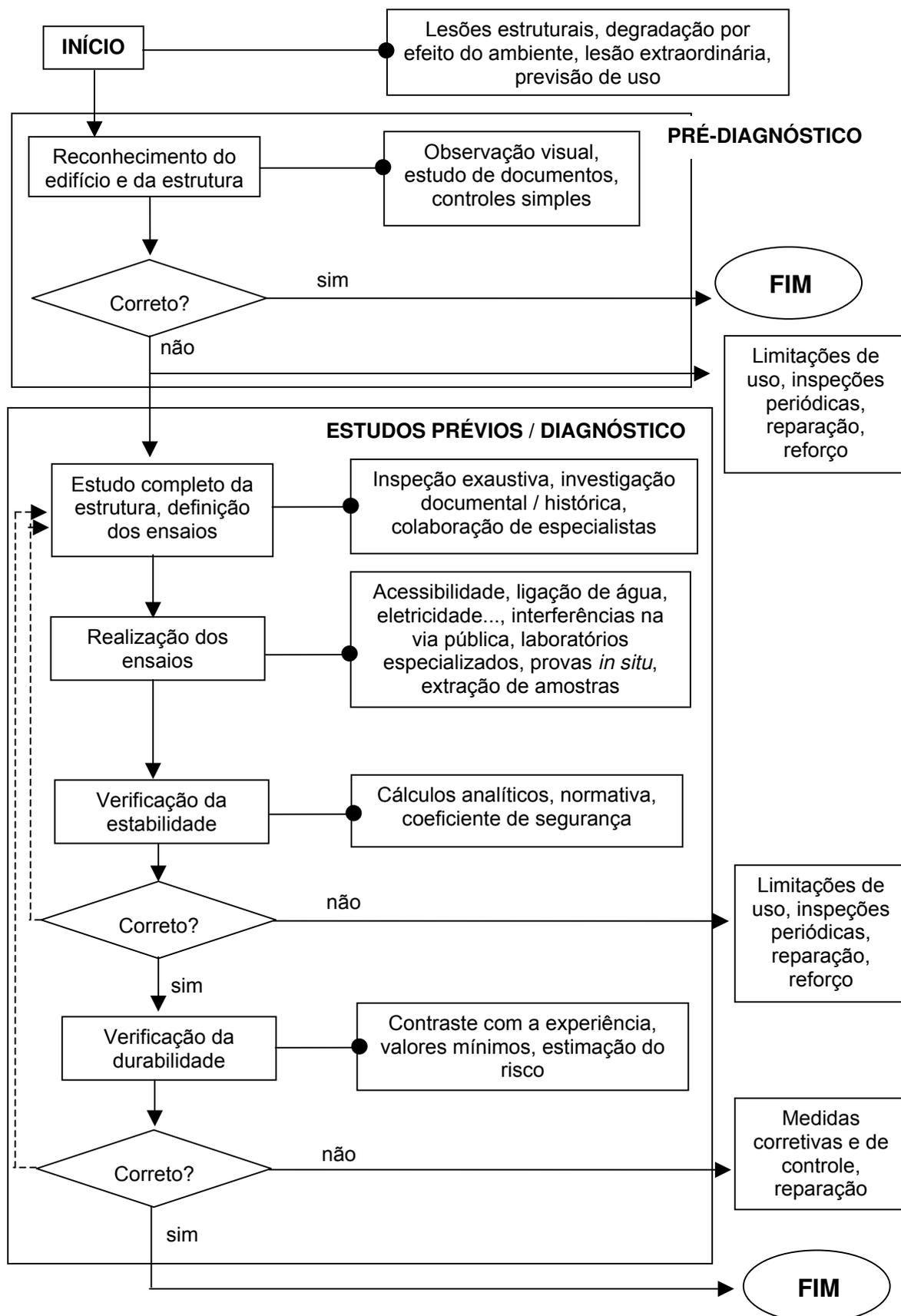


Figura 4.24. Fluxograma de diagnóstico, segundo o Manual de Barcelona.
 Fonte: Adaptado de Casanovas, 2000.

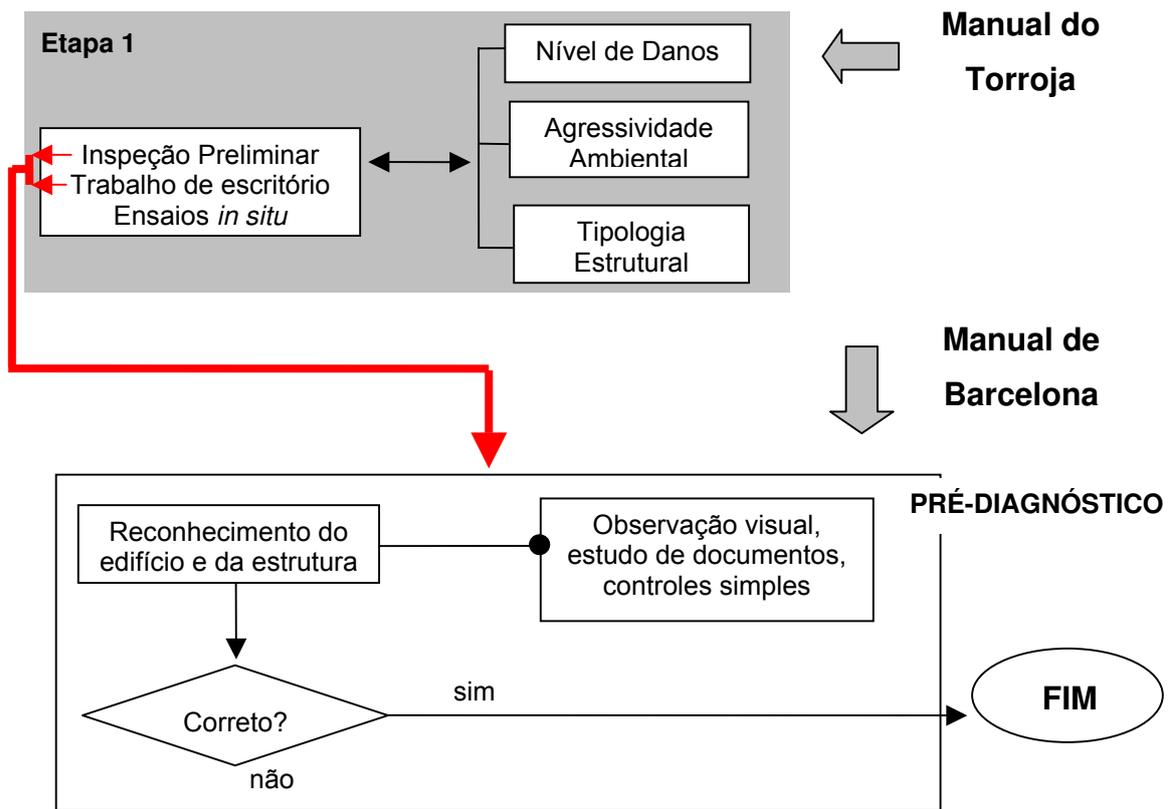


Figura 4.25. Correspondência: Parte da Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Pré-diagnóstico do Manual de Barcelona.

Verifica-se que no Manual de Barcelona não há referência quanto ao prognóstico da estrutura.

4.2.2.3 Manual do Torroja versus Guia para la inspeccion preliminar de estructuras de hormigón em edifícios existentes (INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACION, [200-?])

O Guia para la inspeccion preliminar de estructuras de hormigón em edifícios existentes será citado como Manual do Instituto Valenciano, e foi elaborado para inspeção de edifícios, com maior ênfase para lajes.

Uma melhor visão do preconizado no Manual do Instituto Valenciano está apresentada no fluxograma da Figura 4.26.

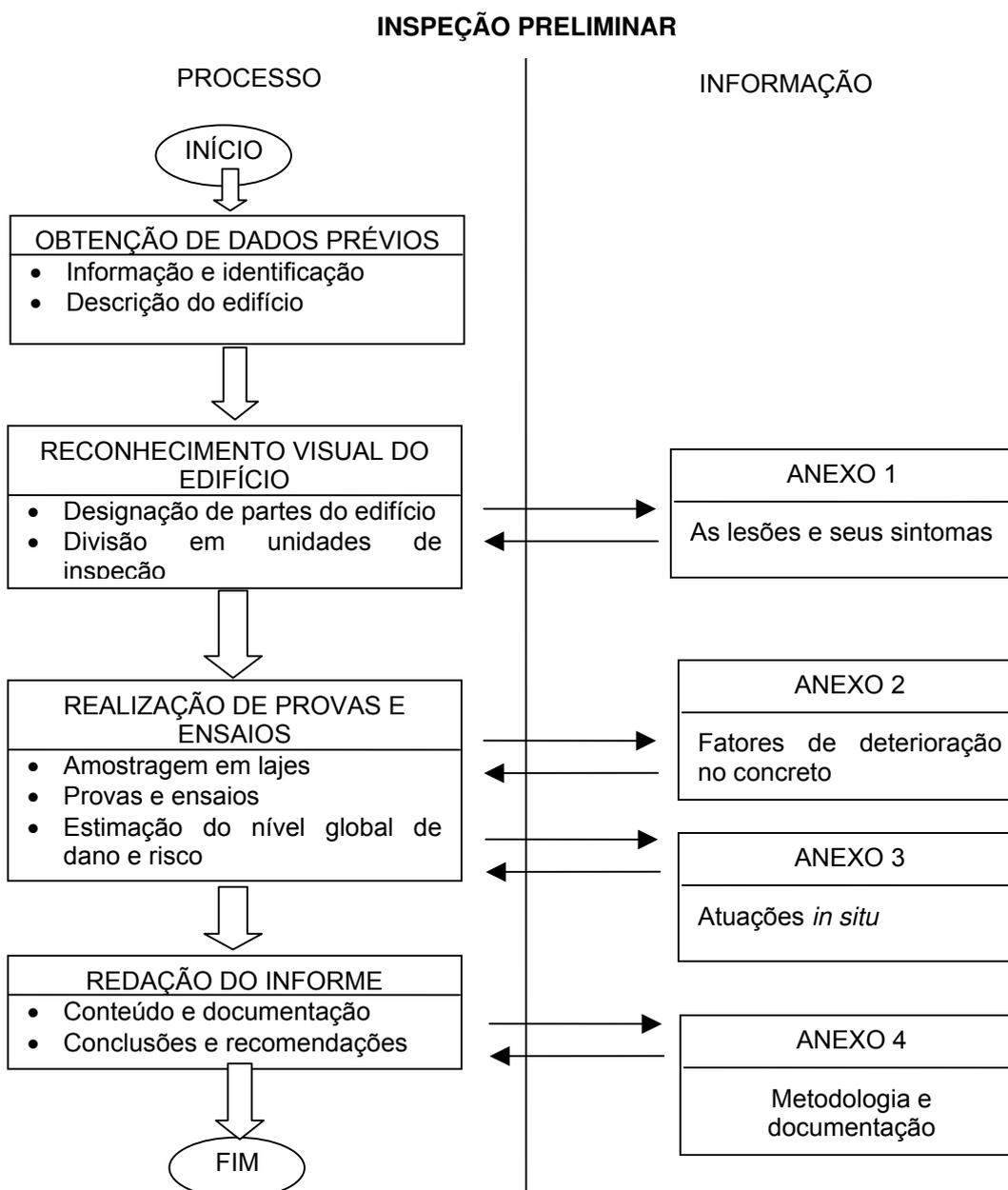


Figura 4.26. Fluxograma de Inspeção Preliminar do Manual do Instituto Valenciano.
Fonte: Instituto Valenciano de la Edificacion, [200-?].

Pode-se verificar na Figura 4.27, que a metodologia adotada para inspeção de estruturas no Manual do Instituto Valenciano somente abrange a Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja, evidenciada apenas pela inspeção da estrutura, não contemplando as Etapas 2 e 3 de diagnóstico e prognóstico, respectivamente.

O Manual do Instituto Valenciano, também diferencia-se do Manual do Torroja na metodologia adotada para estimação do dano e do risco, constante na etapa de

Realização de Provas e Ensaios, que consiste em: através de dados de abertura de fissuras, importância de corrosão (função da presença de óxido) e percentual de perda de seção, estabelece uma qualificação do dano dos materiais; através do período de iniciação, dos resultados do conteúdo de cloretos em relação ao peso de concreto e do tipo de concreto, se estabelece um valor para o nível de risco; e considerando-se aspectos qualitativos, como classe de exposição ambiental, e presença de cimento aluminoso no concreto, se obtém o nível de risco de corrosão por classe de exposição. Somando-se esses três índices obtidos, tem-se a estimativa global do dano e risco. E de acordo com o valor obtido, o Manual do Instituto Valenciano propõe o tipo de atuação na estrutura e o prazo para a mesma.

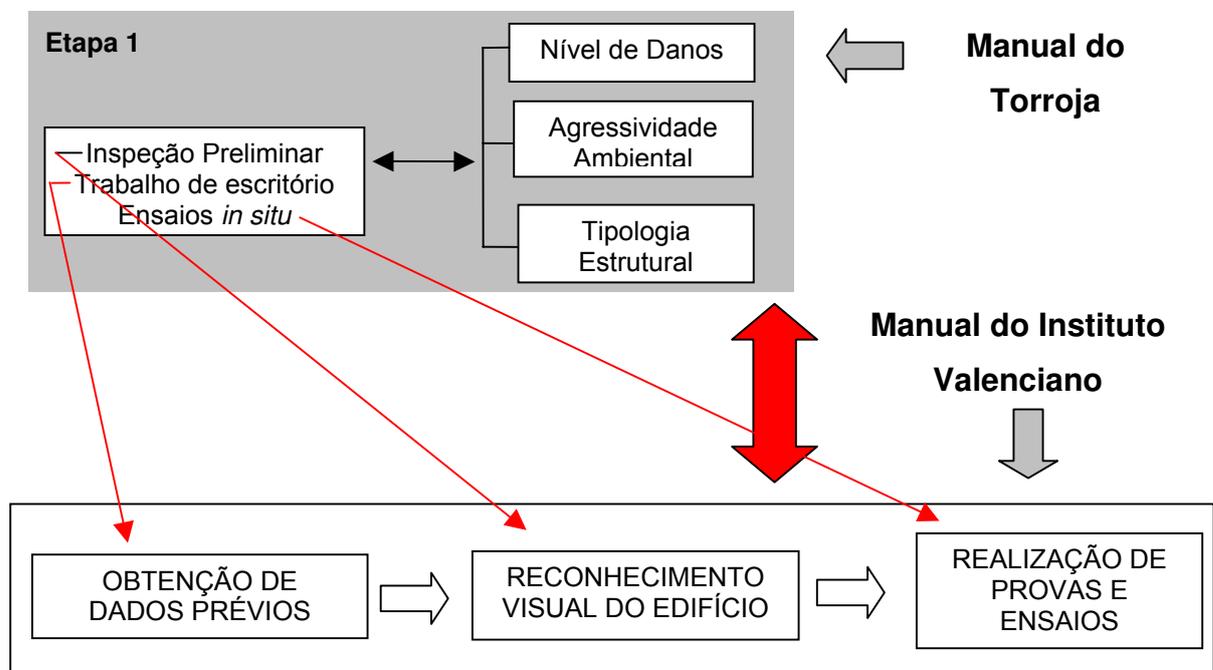


Figura 4.27. Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Manual do Instituto Valenciano.

4.2.2.4 Manual do Torroja versus Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation (ACI 364.1, 1999)

O Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation será citado como Manual do ACI, e foi elaborado para inspeção estruturas, exceto para pontes, túneis e barragens ou estruturas sujeitas aos efeitos sísmicos.

O processo de avaliação de estruturas no Manual do ACI se divide em Investigação Preliminar e Detalhada. De forma simplificada, pode-se demonstrar o estabelecido na Investigação Preliminar conforme o fluxograma da Figura 4.28.



Figura 4.28. Esquema da Investigação Preliminar do Manual do ACI.
 Fonte: ACI, 364.1, 1999.

Pode-se verificar uma correlação entre as etapas da Investigação Preliminar do Manual do ACI com a Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja (Figura 4.29).

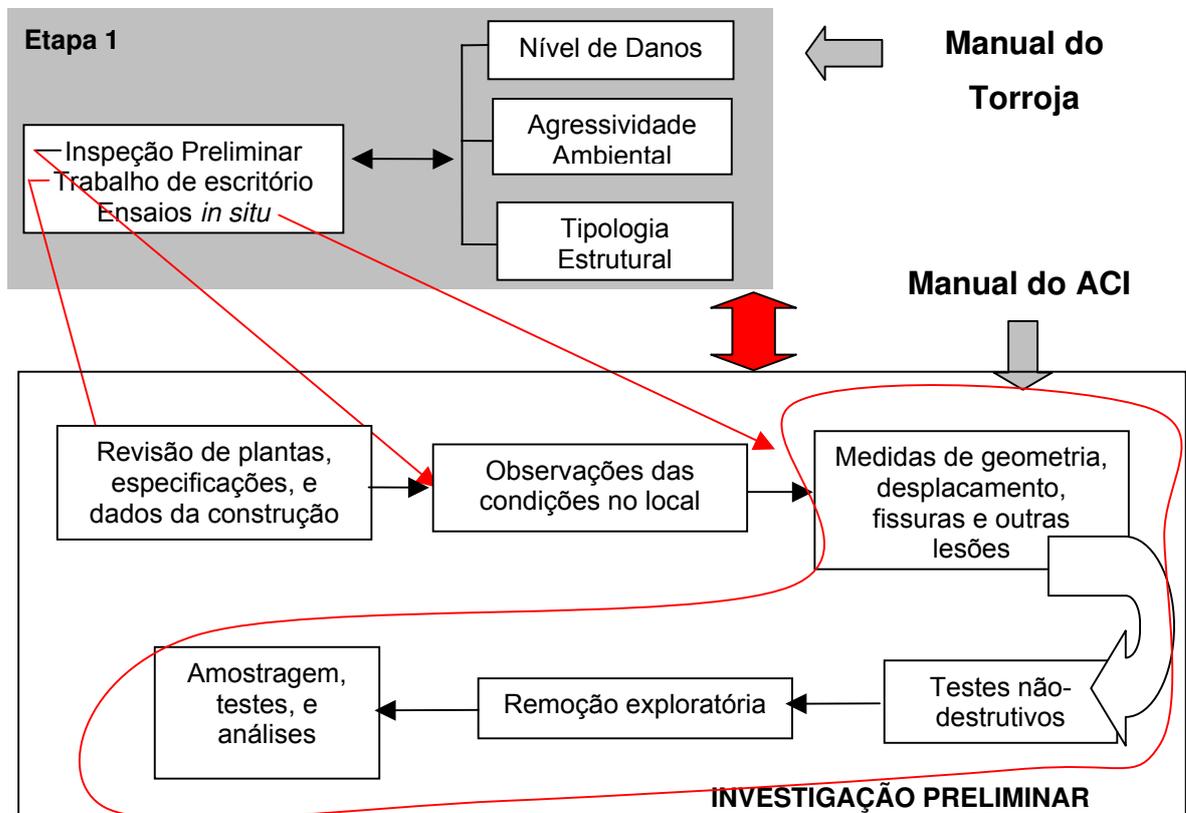


Figura 4.29. Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Investigação Preliminar do Manual do ACI.

Verifica-se ainda, que através das informações da Investigação Preliminar do Manual do ACI, será possível verificar a necessidade ou não de uma Investigação Detalhada.

Pode-se representar o proposto na Investigação Detalhada do Manual do ACI conforme a Figura 4.30.

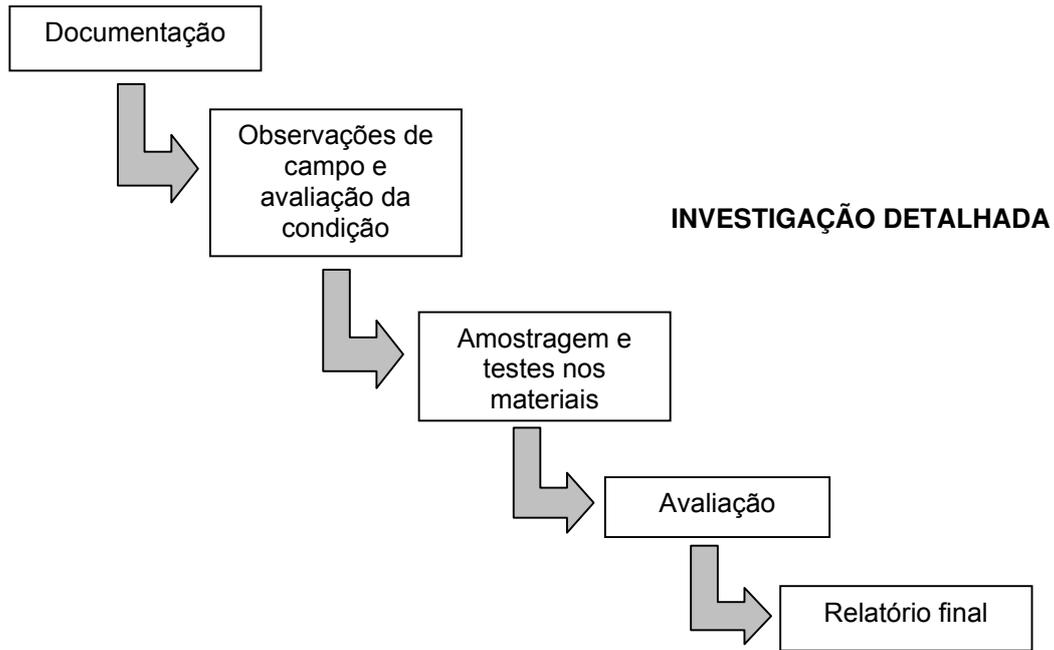


Figura 4.30. Esquema da Investigação Detalhada do Manual do ACI.
Fonte: ACI, 364.1, 1999.

Verifica-se que as etapas da Investigação Detalhada do Manual do ACI são basicamente as mesmas da Avaliação Detalhada do Manual do Torroja. Pode-se verificar as correspondências conforme a Figura 4.31.

Verifica-se que o Manual do ACI não trata do prognóstico do problema. Pode-se verificar ainda que a correspondência entre Relatório Final (Manual do ACI) e Estratégia (Manual do Torroja) está no fato de que no Manual do ACI está estabelecido que no Relatório Final deve-se retratar o Plano de Ação, estimar os custos e realizar uma programação para a ação.

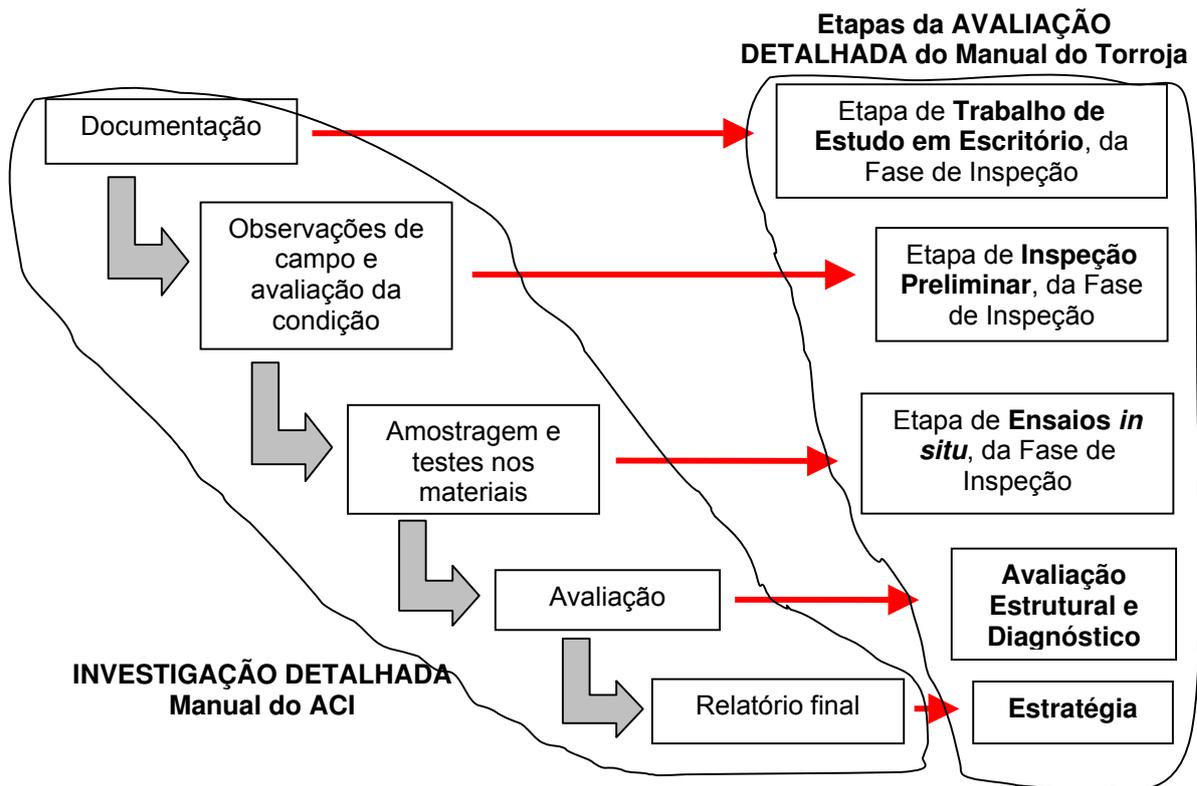


Figura 4.31. Correspondência: Etapas da Avaliação Detalhada do Manual do Torroja versus Investigação Detalhada do Manual do ACI.

4.2.2.5 Manual do Torroja versus Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras (ANDRADE, 1992)

O Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras será citado como Manual de Andrade.

A metodologia proposta no Manual de Andrade para inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto afetadas por corrosão de armaduras está dividida em Inspeção Preliminar e, conforme o caso, Inspeção Detalhada, que estão apresentadas nos fluxogramas das Figuras 4.32, 4.33 e 4.34.

É importante descrever, que quando o técnico tem uma larga experiência anterior em corrosão de armaduras, a Inspeção Preliminar pode ser suficiente para definir uma reparação ou solução do problema. Em outros casos será necessária uma Inspeção Detalhada, pormenorizada, com uma ampla campanha de ensaios, para caracterizar a extensão do dano. Em alguns casos, a inspeção detalhada é realizada juntamente com a reparação (ANDRADE, 1992).

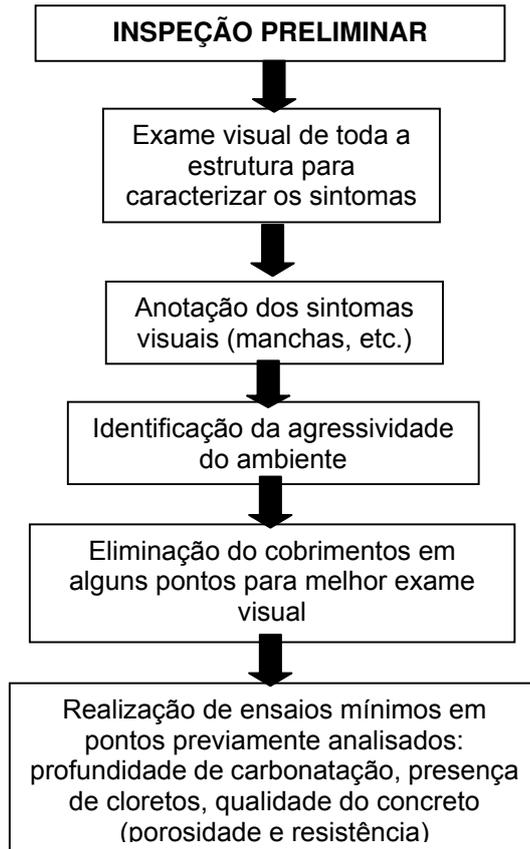


Figura 4.32. Fluxograma de Inspeção Preliminar do Manual de Andrade. Fonte: Andrade, 1992.



Figura 4.33. Correspondência entre Inspeção Prévia e Inspeção Detalhada do Manual de Andrade. Fonte: Andrade, 1992, p.54.

Verifica-se que antes da Inspeção Detalhada há a realização de uma Inspeção Prévia e uma programação para a Inspeção propriamente dita (Figura 4.33).

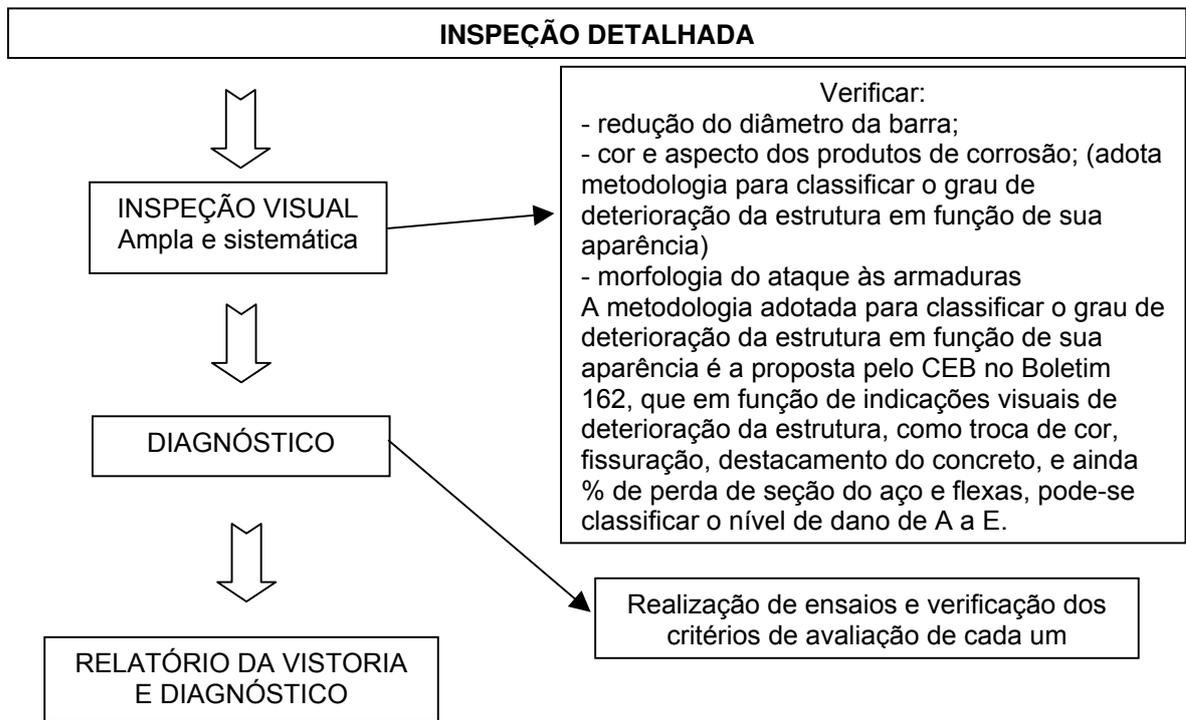


Figura 4.34. Esquema de Inspeção Detalhada do Manual de Andrade.
Fonte: Andrade, 1992.

No Manual de Andrade não são abordados aspectos de comportamento estrutural, devido que para isso seria exigido um estudo muito maior daquele pretendido no Manual (ANDRADE, 1992).

Pode-se verificar na Figura 4.35, que a metodologia adotada para Inspeção Preliminar de estruturas no Manual de Andrade abrange partes da Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja. Não é mencionado na Inspeção Preliminar do Manual de Andrade o trabalho de escritório, para levantamento de informações da estrutura e do meio.

Em comparação com a metodologia adotada no Manual do Torroja, verifica-se que a Inspeção Detalhada do Manual de Andrade poderia corresponder à Etapa de Inspeção da Avaliação Detalhada do Manual do Torroja, uma vez que é realizada uma inspeção visual detalhada da estrutura, acompanhada de uma ampla campanha de ensaios (Figura 4.34). Porém o Manual de Andrade, assim como na

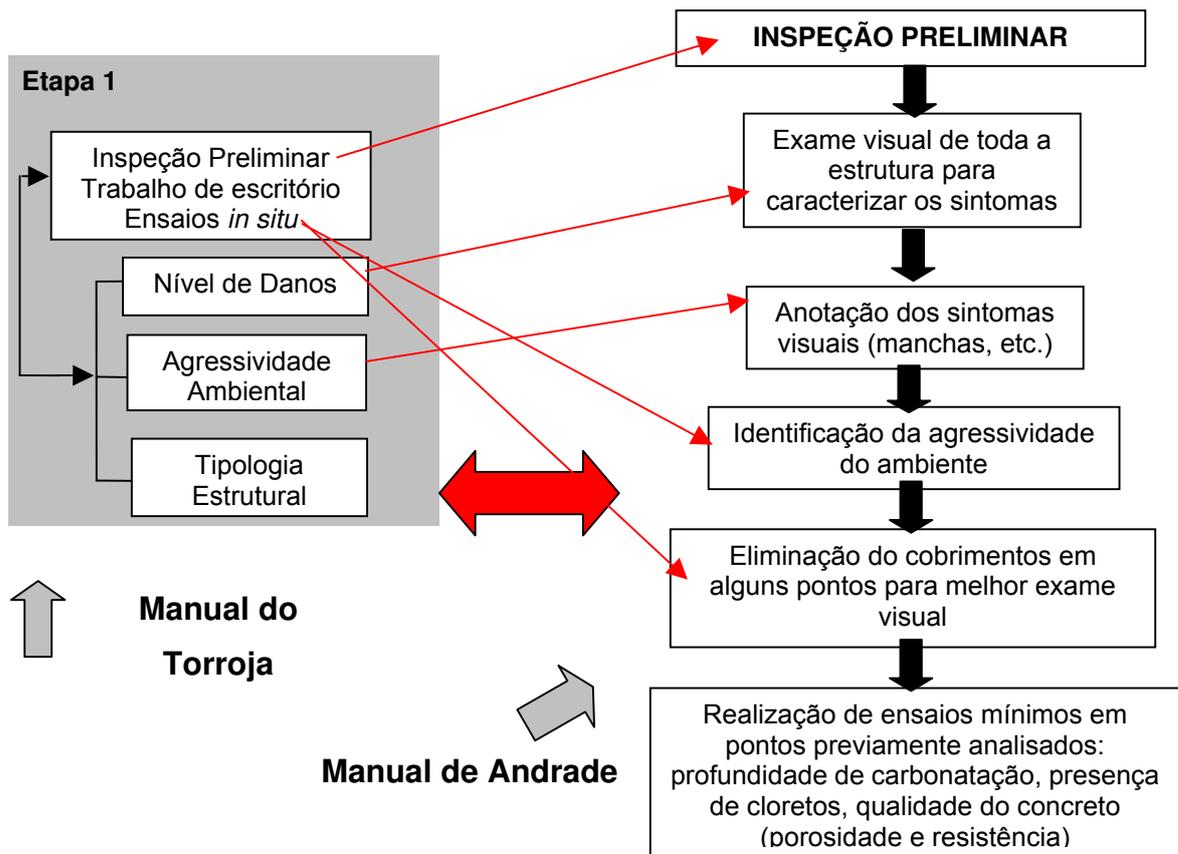


Figura 4.35. Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus Inspeção Preliminar do Manual de Andrade.

Inspeção Preliminar, também não menciona o trabalho de escritório, que é parte da metodologia do Manual do Torroja.

A Avaliação Detalhada do Manual de Andrade termina com o diagnóstico (Figura 4.34) da estrutura através apenas da avaliação dos critérios de cada ensaio realizado, não havendo correspondência com as demais etapas do Manual do Torroja, de Avaliação Estrutural, Diagnóstico e Prognóstico.

Uma particularidade do Manual de Andrade está na aplicação da metodologia adotada para classificar o grau de deterioração da estrutura em função de sua aparência, proposta pelo CEB no Boletim 162 (1983), que em função de indicações visuais de deterioração da estrutura, como troca de cor, fissuração, destacamento do concreto, e ainda % de perda de seção do aço e flechas, pode-se classificar o nível de dano de A a E. Porém, essa classificação é apenas usada pelo Manual de Andrade em uma etapa final, onde menciona que através dessa classificação, é possível estimar a resistência mecânica residual da estrutura, e prever sua urgência

de intervenção, em função de duas tabelas apresentadas, elaboradas através do preconizado no Boletim 162 do CEB (1983), sem maiores detalhes.

Cabe ressaltar que o Manual de Andrade parece ser o precursor do Manual do Torroja, podendo ser realizada não apenas uma simples comparação entre eles, mas sim uma análise sobre sua evolução, porém esse não foi o objetivo do trabalho.

4.2.2.6 Manual do Torroja versus metodologia adotada na tese de livre docência: Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado (HELENE, 1993)

O proposto na tese: Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado, será citado como Metodologia de Helene.

A metodologia proposta por Helene para diagnóstico e prognóstico de estruturas de concreto afetadas por corrosão de armaduras está apresentada no fluxograma da Figura 4.36.

Pode-se verificar na Figura 4.37, que a sistemática adotada na primeira parte da Metodologia de Helene corresponde a Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja.

Verifica-se ainda, que na Metodologia proposta por Helene, a etapa de Diagnóstico baseia-se nas observações e medições obtidas na primeira parte da metodologia e nos critérios de avaliação de cada tipo de ensaio realizado na estrutura. Apesar dessa etapa ter o mesmo nome, e seu resultado ter a mesma importância que o Diagnóstico (Etapa 2) do Manual do Torroja, as duas metodologias se diferem bastante na forma de obtenção do diagnóstico, uma vez que no Manual do Torroja há toda a sistemática para obtenção do índice de dano estrutural (IDE).

A Metodologia de Helene também possui outra parte que corresponde à Etapa 3 do Manual do Torroja, de prognóstico, semelhante a ela.

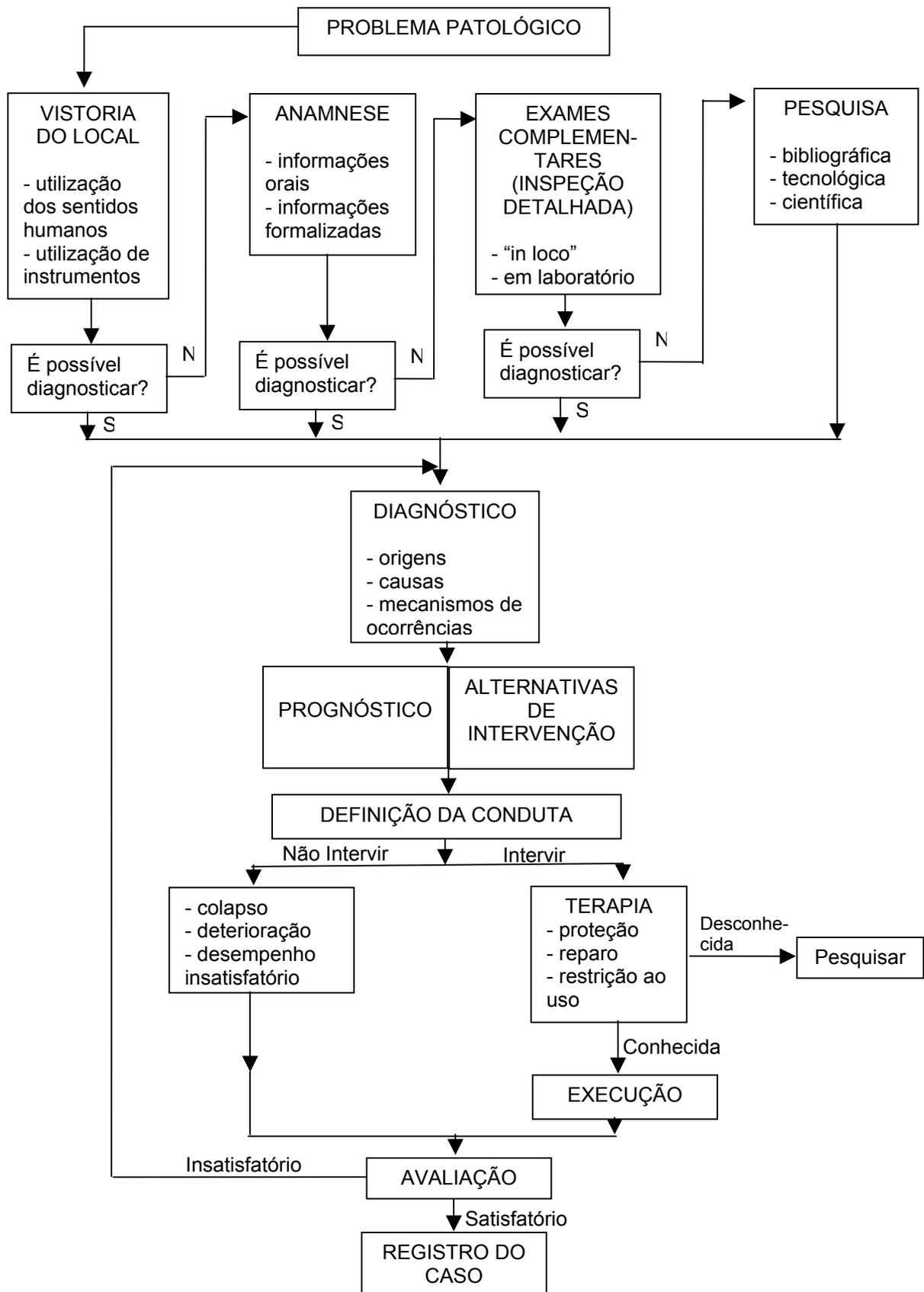


Figura 4.36. Seqüência geral de análise de uma estrutura com problemas patológicos da Metodologia de Helene.
 Fonte: Helene, 1993, p. 160.

Deve-se considerar, porém que não são abordados aspectos de comportamento estrutural na Metodologia de Helene. E ainda, a metodologia permite que após a primeira vistoria da estrutura, caso já possa ser diagnosticado o problema, não há a necessidade de passar para a segunda etapa que seria a anamnese do problema. E assim sucessivamente, em cada etapa posterior, caso já tenha sido possível obter o diagnóstico do problema, não é necessário seguir para a etapa seguinte.

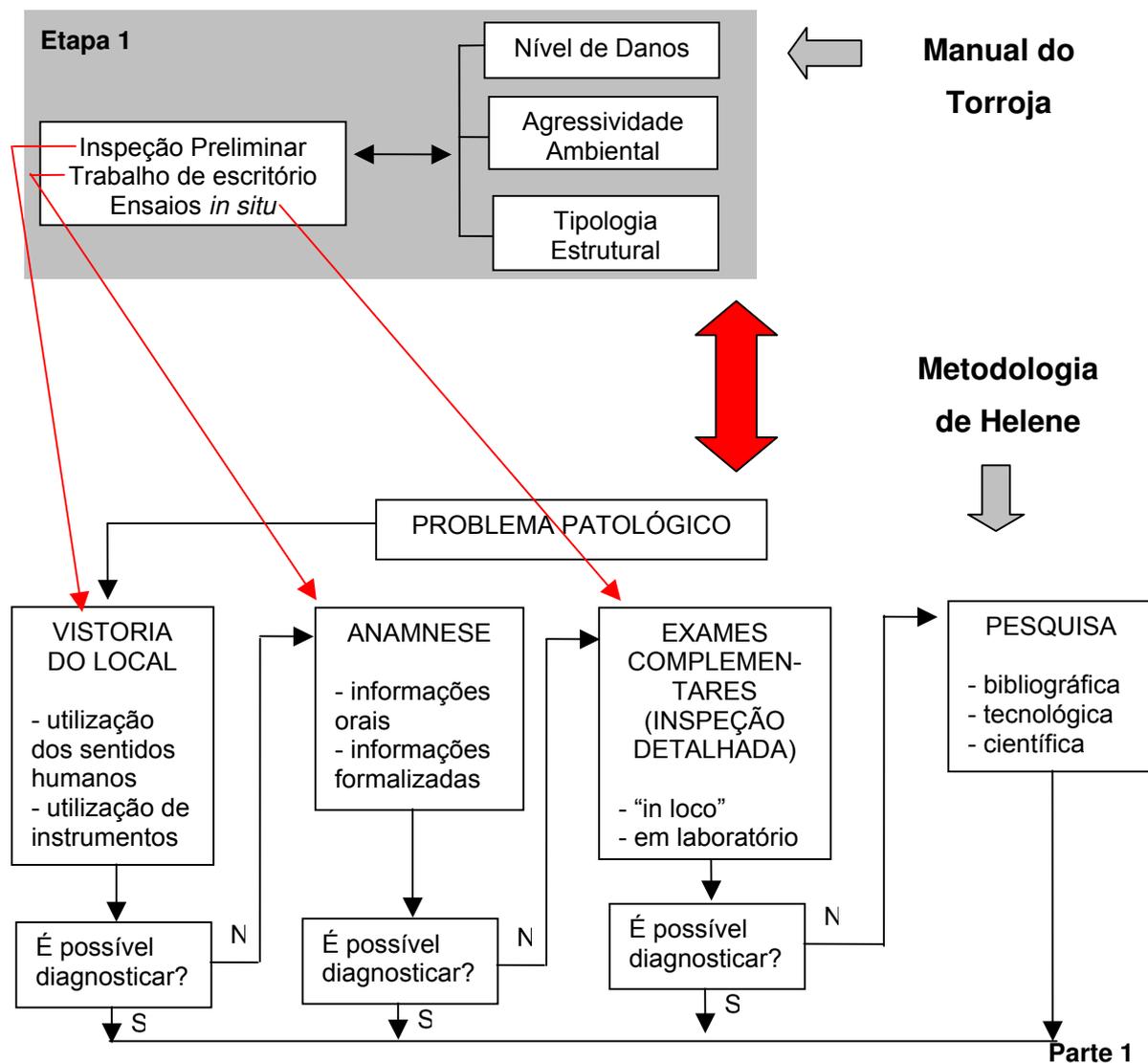


Figura 4.37. Correspondência: Etapa 1 da Avaliação Simplificada do Manual do Torroja versus primeira parte da Metodologia de Helene.

4.2.2.7 Manual do Torroja versus metodologia apresentada na dissertação de mestrado: Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre (LANER, 2001)

O proposto na dissertação: Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre, será citado como Metodologia da FUNDATEC/UFRGS (Fundação Universidade-Empresa de Tecnologia e Ciências/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a coordenação do LEME - Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais).

A metodologia proposta pela FUNDATEC/UFRGS estabelece critérios para valoração do problema manifestado, equaciona os mesmos de forma ponderada, pelo seu grau de importância, através de elementos agrupados que, por sua vez, tem seu peso na determinação do grau de risco da estrutura (LANER, 2001). A metodologia está apresentada no fluxograma da Figura 4.38.

Para a subdivisão das obras em Famílias de Elementos, entende-se em dividi-las em seus elementos componentes, cada grupo deles formando as denominadas Famílias de Elementos, sendo elas: instalações diversas, encontros, instalações pluviais, pavimento, juntas de dilatação, aparelhos de apoio, pilares e tabuleiros (vigas e lajes da superestrutura, vigas no caso de pontes) (LANER,2001).

Para o cálculo do FI, primeiro procede-se à atribuição de uma nota para cada manifestação patológica observada, em função de sua intensidade. As notas são atribuídas conforme a escala a seguir, que varia de 0 a 4 (LANER, 2001):

- 0 – elemento em perfeitas condições, sem lesões;
- 1 – elemento em bom estado, lesões leves;
- 2 – elemento em estado razoável, lesões toleráveis;
- 3 – elemento em más condições, lesões graves; e
- 4 – elemento em péssimas condições, estado crítico.

Posteriormente calcula-se a nota final (FI), correspondente à média das notas atribuídas (LANER,2001).

Para a atribuição do fator FR, se considera a importância de cada tipo de elemento, dentro do conjunto de elementos em que a obra foi subdividida, em função de sua responsabilidade no comportamento estrutural e bom desempenho da mesma. Para pontes e passarelas varia da seguinte forma, em escala crescente com a importância do elemento (LANER,2001):

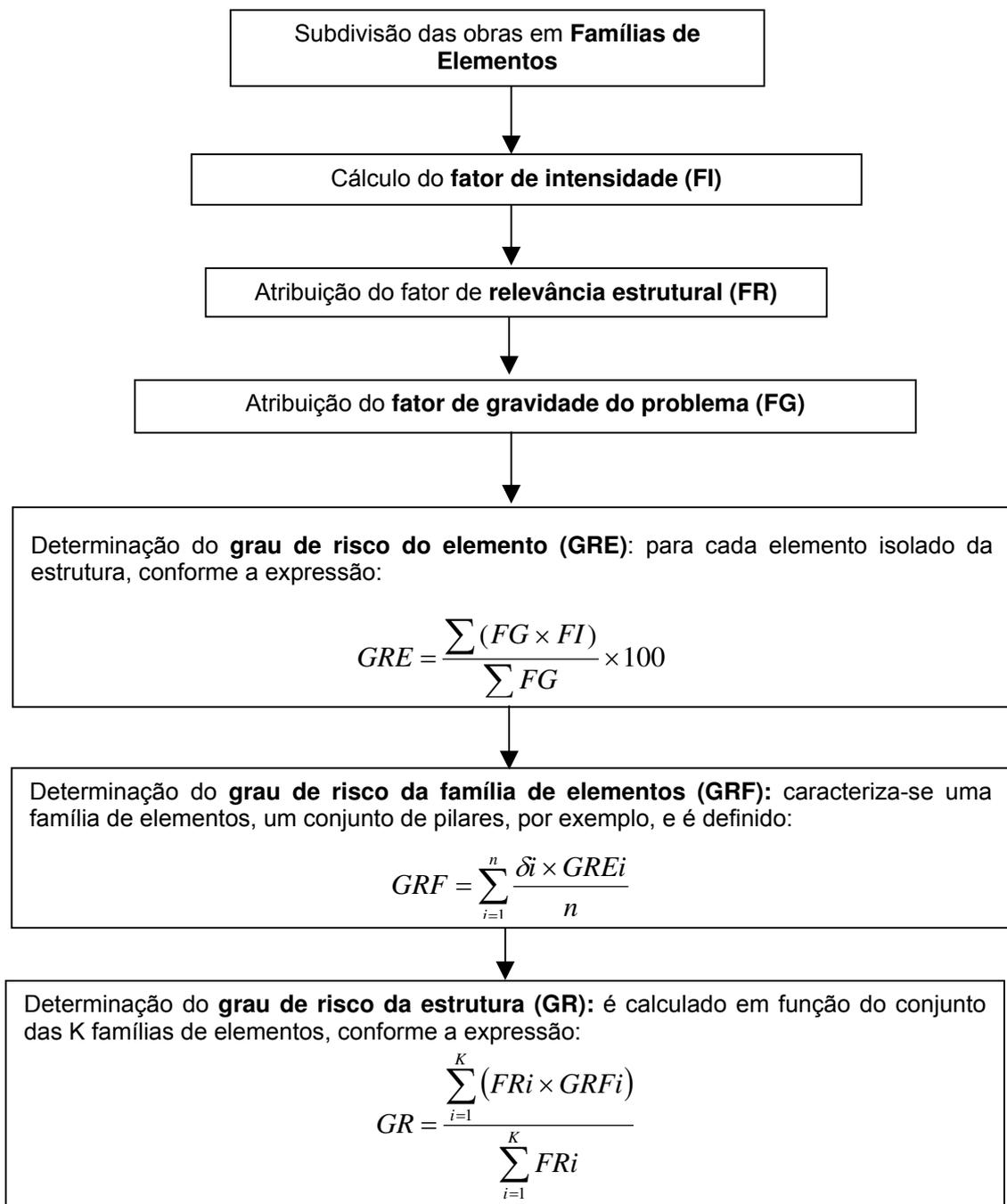


Figura 4.38. Esquema proposto na Metodologia da FUNDATEC/UFRGS.
Fonte: Laner, 2001.

3 - instalações diversas e condições gerais;

- 5 - encontros, instalações pluviais e vigas laterais;
- 6 - pavimento, juntas de dilatação e aparelhos de apoio;
- 8 – pilares; e
- 10 - tabuleiros (mais importante)

Para viadutos, varia da seguinte forma, em escala crescente com a importância do elemento, como segue (LANER,2001):

- 1 - instalações diversas;
- 2 - encontros;
- 3 – instalações pluviais e pavimento;
- 4 – juntas de dilatação e aparelhos de apoio; e
- 5 – pilares, vigas e tabuleiros (mais importante)

Para a atribuição do fator FG, se considera o provável grau de comprometimento estrutural ou de desempenho causado pela manifestação patológica detectada sobre um elemento. Para que esse fator fosse definido, foram estabelecidos quais os problemas mais relevantes quanto aos aspectos de durabilidade e segurança estrutural (sobrecargas, falta de cobrimento, entre outros) e, para cada um deles, foi examinado sob que forma seus efeitos foram manifestados (fissuração, corrosão, entre outros). Assim, para cada problema específico, e em função do elemento que apresenta o problema, foi estabelecida uma nota dentro de uma escala de 0 a 10. Vale ressaltar que a mesma manifestação patológica pode ter importâncias diferenciadas segundo o elemento considerado e sua relevância no contexto estrutural (LANER,2001).

Para a determinação GRE, tem-se que para cada manifestação patológica apresentada por um elemento corresponde a um valor para FG e, conforme sua intensidade, um valor para FI é atribuído. O somatório de FG representa a soma dos valores atribuídos para todas as manifestações patológicas integrantes da planilha de inspeção de um dado elemento (LANER,2001).

Para a determinação do GRF, tem-se: n é o número de elementos componentes da família, GRE o grau de risco de cada elemento, e δ é um coeficiente de majoração,

calculado pela expressão da Equação 4.7, e evidencia elementos altamente danificados, aumentando sua contribuição no cálculo do GRF. Esse reduz a possibilidade de dispersão de um elemento em estado crítico dentro de uma família de elementos em bom estado (LANER,2001).

$$\delta = \sqrt{\frac{(n - m) + 2}{2}} \text{ para } GRE > LIM \quad \text{Equação 4.7}$$

$$\delta = 1 \text{ para } GRE \leq LIM$$

Onde: m é o número de elementos da família com GRE > LIM, LIM é o valor de GRE acima do qual um elemento está comprometido. O Quadro 4.12 apresenta os valores de LIM para alguns elementos, no caso de obras-de-arte.

Elemento	LIM
Pilares	100
Aparelhos de apoio	200
Encontros	95
Juntas de dilatação	210
Tabuleiros	100

Quadro 4.12. Valores de LIM.

Fonte: Laner, 2001, p. 67.

Para a determinação do GR, tem-se: K é o número de famílias de elementos presentes em cada obra, FR é o fator de relevância estrutural do elemento e GRF é o grau de risco da família de elementos (LANER,2001).

Os valores de GR classificam a estrutura em função da escala apresentada no Quadro 4.13. É importante ressaltar que nesta classificação o termo risco não quer significar necessariamente colapso da estrutura, mas sim um conjunto de disfunções acumuladas pela obra que a fazem merecer maior ou menor cuidado ou brevidade quanto a sua recuperação, conforme o Quadro 4.13 (LANER,2001).

Grau de Risco	GR
Baixo	0 – 100
Médio	100 – 200
Alto	200 – 300
Crítico	> 300

Quadro 4.13. Grau de risco.

Fonte: Laner, 2001, p. 68.

Verifica-se que a metodologia apresentada pela FUNDATEC/UFRGS em pouco se assemelha à metodologia de diagnóstico de estruturas de concreto do Manual do

Torroja, porém apresenta uma forma diferente de avaliar o problema manifestado, e portanto, é importante que seja apresentada.

4.2.2.8 Conclusões das comparações das metodologias de diagnóstico

Pode-se verificar resumidamente na Tabela 4.1 as correspondências obtidas nas comparações das metodologias de inspeção e diagnóstico estudadas.

Ficou claro nas comparações das metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com o Manual do Torroja, que nenhum dos outros manuais apresenta uma metodologia semelhante à apresentada para realizar o diagnóstico (Etapa 2) na Avaliação Simplificada do Manual do Torroja, com levantamento do IDE. Esse é um ponto muito forte da metodologia do Manual do Torroja, e que nenhum outro Manual aqui estudado se assemelha.

Tabela 4.1. Correspondências entre as metodologias estudadas. (cont.)

Manuais / metodologias	Manual do Torroja (MT)			Avaliação Detalhada (AD)
	Avaliação Simplificada (AS)			
	Etapa 1 (Inspeção)	Etapa 2 (Diagnóstico)	Etapa 3 (Prognóstico)	
Manual do CYTED (MC)	A 1ª parte da Inspeção Preliminar do MC (exame visual, antecedentes e análises, ensaios gerais) corresponde a esta etapa no MT . Porém, no MC , ao contrário do MT , após o levantamento dos antecedentes e o exame visual da estrutura, pode-se elaborar um pré-diagnóstico da estrutura, sem necessidade de medições e ensaios.	A 2ª parte da Inspeção Preliminar do MC (Pré-diagnóstico; urgência de intervenção; avaliação; diagnóstico; prognóstico; recomendação) possui a mesma nomenclatura da Etapa 2 do MT , porém, na etapa que há a avaliação, diagnóstico e prognóstico da estrutura, com o levantamento detalhado do índice de dano estrutural (IDE) no MT , está representada por apenas um quadro no fluxograma do MC , sem detalhamento de sua forma de obtenção ou critérios para a mesma.		Assim como no MT , no MC , não sendo possível estabelecer o diagnóstico e prognóstico da estrutura somente com a Inspeção Preliminar (AS do MT), realiza-se então a Inspeção Detalhada (AD do MT). Na Inspeção Detalhada do MC é descrito detalhadamente, assim como no MT , os ensaios necessários a serem realizados na estrutura, e suas etapas são basicamente as mesmas da AD do MT . E ainda, assim como no MT , o MC relata que a Avaliação Estrutural é realizada por um engenheiro estrutural. Um ponto controverso está no fato do MC estabelecer que a Avaliação Estrutural pode ser realizada de forma simplificada, através de indicadores de danos.

Legenda: MT, Manual do Torroja; AS, Avaliação Simplificada; AD, Avaliação Detalhada; MC, Manual do CYTED; MB, Manual de Barcelona; MIV, Manual do Instituto Valenciano; MACI, Manual do ACI; MA, Manual de Andrade; MH, Metodologia de Helene; MF, Metodologia da FUNDATEC/UFRGS.

Tabela 4.1. Correspondências entre as metodologias estudadas. (cont.)

Manuais / metodologias	Manual do Torroja (MT)			
	Avaliação Simplificada (AS)			Avaliação Detalhada (AD)
	Etapa 1 (Inspeção)	Etapa 2 (Diagnóstico)	Etapa 3 (Prognóstico)	
Manual de Barcelona (MB)	O pré-diagnóstico do MB , corresponde as etapas de Inspeção Preliminar e Trabalho de escritório, da Etapa 1 da AS do MT . A realização de ensaios in situ na estrutura e retirada de amostras constante da Etapa 1 da AS do MT , constam somente na etapa de Estudos Prévios / Diagnóstico do MB .		No MB não há referência quanto ao prognóstico da estrutura.	A etapa de Estudos Prévios / Diagnóstico do MB corresponde à AD do MT , no que caracteriza como Verificação da Estabilidade.
Manual do Instituto Valenciano (MIV)	A metodologia para inspeção de estruturas do MIV somente abrange a Etapa 1 da AS do MT . O MIV diferencia-se ainda do MT na metodologia adotada para estimação do dano e risco, constante na etapa de Realização de Provas e Ensaios.	A metodologia do MIV não contempla as Etapas 2 e 3 da AS do MT		
Manual do ACI (MACI)	Verifica-se uma correlação entre as etapas de Investigação Preliminar do MACI com a Etapa 1 da AS do MT . Com as informações da Investigação Preliminar do MACI pode-se ainda verificar a necessidade ou não de uma Investigação Detalhada.		O MACI não trata do prognóstico do problema.	As etapas de Investigação Detalhada do MACI são basicamente as meãs da AD do MT .

Legenda: MT, Manual do Torroja; AS, Avaliação Simplificada; AD, Avaliação Detalhada; MC, Manual do CYTED; MB, Manual de Barcelona; MIV, Manual do Instituto Valenciano; MACI, Manual do ACI; MA, Manual de Andrade; MH, Metodologia de Helene; MF, Metodologia da FUNDATEC/UFRGS.

Tabela 4.1. Correspondências entre as metodologias estudadas. (conclusão)

Manuais / metodologias	Manual do Torroja (MT)			Avaliação Detalhada (AD)
	Avaliação Simplificada (AS)			
	Etapa 1 (Inspeção)	Etapa 2 (Diagnóstico)	Etapa 3 (Prognóstico)	
Manual de Andrade (MA) ^a	A metodologia para a Inspeção Preliminar do MA abrange partes da Etapa 1 da AS do MT . Não é mencionado na Inspeção Preliminar do MA o trabalho de escritório.	Uma particularidade do MA está na aplicação da metodologia adotada para classificar o grau de deterioração da estrutura, em função de sua aparência, proposta pelo CEB. Porém essa classificação é apenas usada no MA em uma etapa final, podendo através dela estimar a resistência mecânica residual da estrutura e prever sua urgência de intervenção.		No MA não são abordados aspectos de comportamento estrutural. A Inspeção Detalhada do MA poderia corresponder à Etapa de Inspeção da AD do MT , uma vez que é realizada uma inspeção visual detalhada da estrutura, acompanhada de uma ampla campanha de ensaios. Porém, o MA , também não menciona o trabalho de escritório, que é parte da metodologia do MT .
Metodologia de Helene (MH)	A 1ª parte da MH (vistoria ao local, anamnese, exames complementares) corresponde a Etapa 1 da AS do MT . Porém, a MH permite que após a primeira vistoria na estrutura, caso já possa ser diagnosticado o problema, não há a necessidade de passar para a segunda etapa, que seria a anamnese, e assim sucessivamente, em cada etapa posterior.	A etapa de Diagnóstico da MH difere na metodologia do MT na forma de obtenção do diagnóstico, uma vez que no MT há toda a sistemática para obtenção do IDE.	Há uma parte na MH que corresponde à Etapa 3 da AS do MT , semelhante a mesma.	Na MH não são considerados aspectos de comportamento estrutural.
Metodologia da FUNDATEC/UFRGS (MF)	A MF em pouco se assemelha à metodologia do MT, porém apresenta uma forma diferente de avaliar o problema manifestado.			

Legenda: MT, Manual do Torroja; AS, Avaliação Simplificada; AD, Avaliação Detalhada; MC, Manual do CYTED; MB, Manual de Barcelona; MIV, Manual do Instituto Valenciano; MACI, Manual do ACI; MA, Manual de Andrade; MH, Metodologia de Helene; MF, Metodologia da FUNDATEC/UFRGS.

Nota: (a) – Cabe ressaltar que o MA parece ser o precursor do MT, podendo ser realizada não apenas uma simples comparação entre eles, mas sim uma análise sobre sua evolução, porém esse não foi objetivo deste trabalho.

Já a Etapa 1 do Manual do Torroja é encontrada em quase todos os outros Manuais aqui estudados, verificando-se apenas pequenas variações.

E quanto a Etapa 3 do Manual do Torroja, de prognóstico, alguns manuais apenas apresentam um estudo sobre as questões de vida útil residual, mencionando a extrapolação no tempo.

Já as comparações com a Avaliação Detalhada do Manual do Torroja foram poucas, e quando existiram, pouco falavam sobre a Avaliação Estrutural. A grande parte dos manuais considera uma Avaliação Detalhada da estrutura como sendo a realização de um maior número de ensaios e testes nas estruturas, o que no Manual do Torroja é indispensável para a Avaliação Estrutural posterior.

4.3 OUTRAS METODOLOGIAS

É importante relatar que existe uma série de outros manuais, principalmente internacionais, que tratam de inspeção em estruturas de concreto, mais precisamente em pontes, viadutos e túneis.

A partir da leitura desses manuais, conseguiu-se sintetizar seus pontos principais e elaborar os esquemas apresentados a seguir. Verifica-se que basicamente todos eles apresentam a mesma estrutura. Cabe ressaltar, que não se pretende aqui exaurir os manuais estudados, uma vez que não haveria tempo hábil, objetivando, no entanto, apresentar outros dados importantes para a inspeção de estruturas de concreto, e principalmente para o inventário das mesmas. Outro objetivo do estudo desses manuais, é que possam vir a auxiliar, juntamente com as metodologias de inspeção e diagnóstico estudadas anteriormente, a elaboração do modelo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto.

A grande maioria dos manuais estudados baseiam-se nos seguintes documentos: *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) Manual for Condition Evaluation of Bridges* (AASHTO, 1994), que discute vários itens que devem ser armazenados, a partir de relatórios de inspeção de pontes; e o *Bridge Inspector's Training Manual/90* (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, [19--]), também da AASHTO; que juntamente com alguns documentos suplementares discutem os procedimentos de inspeção e preparação de relatórios detalhados sobre os elementos da estrutura, nos Estados Unidos. Em geral, os manuais estudados são documentos elaborados para o Programa Nacional de

Inspeção de Pontes, dos Estados Unidos, e utilizam os dados obtidos nos relatórios de inspeção das estruturas como base para o armazenamento desses dados no inventário das mesmas.

Juntamente com os dois documentos da AASHTO descritos anteriormente, os requisitos necessários aos Estados Americanos, para o Programa Nacional de Inspeção de Pontes estão descritos no *National Bridge Inspection Standards (NBIS)* (1988), onde seus itens principais estão apresentados esquematicamente na Figura 4.39.

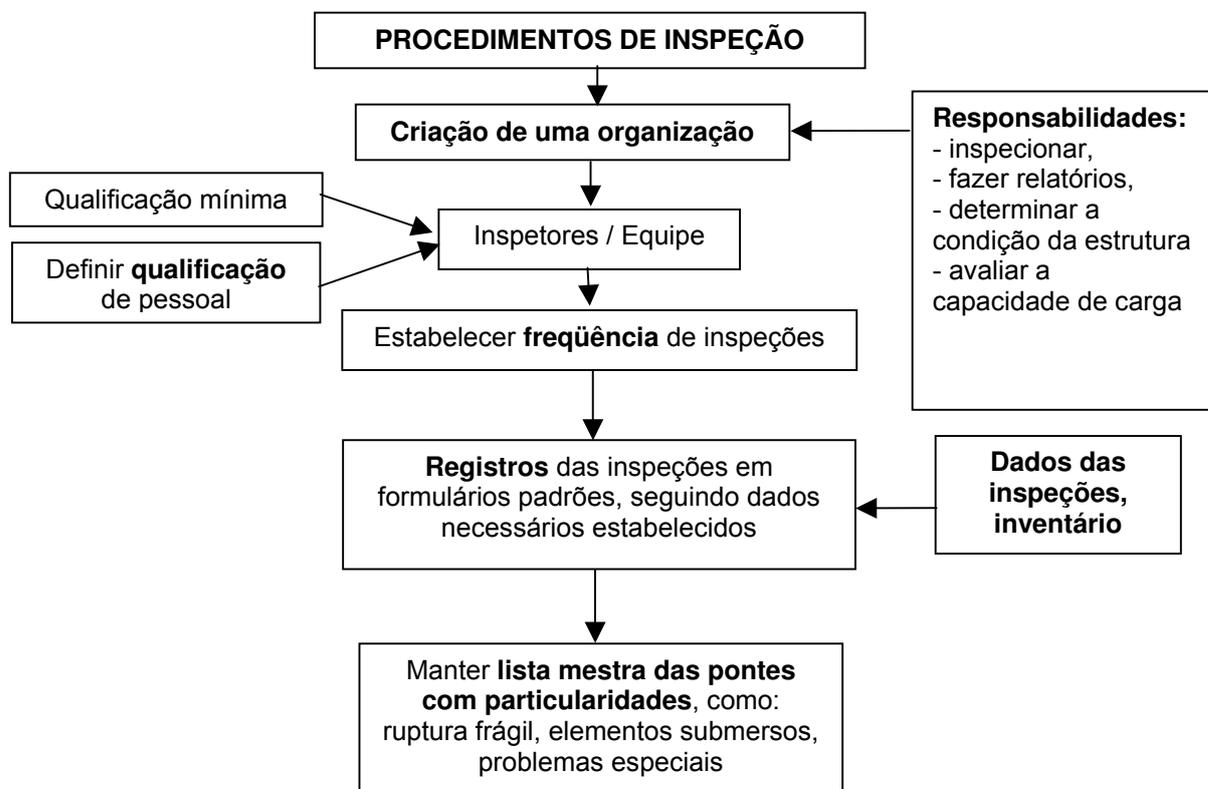


Figura 4.39. Esquema de procedimentos de inspeção e requisitos.
Fonte: NBIS, 1988.

Para o armazenamento dos dados de inventário das estruturas, o guia *Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges* (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1995), do Departamento de Transportes dos Estados Unidos, e da *Federal Highway Administration (FHWA)*, apresenta relação dos dados necessários, inclusive avaliação da condição da estrutura, e forma de obtenção dos mesmos, servindo de base para os outros manuais que tratam dos dados para inventário. Esse guia de códigos pode ser

usado pelos Estados, Federações ou outras agências dos Estados Unidos, mas estas também usar o seu próprio manual, criado no formato deste.

Os manuais estudados ainda, na sua grande maioria, avaliam visualmente as patologias da estrutura, verificando sua condição.

Conforme o NBIS (1988), cada Estado deve preparar e manter um inventário de todas as pontes.

O Quadro 4.14 relaciona os manuais estudados e observações sobre os mesmos. Posteriormente serão apresentados os esquemas, elaborados por este autor, com base nos pontos principais levantados das metodologias adotadas nos manuais.

Manual	Observações
Washington state bridge inspection manual (WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Baseia-se nos requisitos do NBIS e da FHWA; - Manual guia para inspetores quanto à inspeção e códigos de inventário de pontes. - Ver Figura 4.40.
Michigan structure inventory and appraisal coding guide (MICHIGAN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Somente apresenta a listagem dos dados necessários de entrada no inventário das estruturas (programa de computador), baseados nos campos do FHWA.
Bridge inspection manual: for inventory and appraisal of Alabama bridges (ALABAMA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Baseia-se nos requisitos do NBIS e da FHWA.; - Objetiva servir de referência para inspetores de pontes, bem como para treinamento de outros inspetores; - Ver Figura 4.41.
Bridge inspection manual do Departamento de Transportes de Ohio (OHIO DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Baseia-se nos requisitos do Código do Estado de Ohio e da FHWA; - Ver Figura 4.42.
Bridge inspection manual (TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Baseia-se nos requisitos da FHWA e da AASHTO; - Objetiva servir de guia para o pessoal de inspeção de pontes e auxilia na consistência da inspeção e avaliação da estrutura; - Ver Figura 4.43.
Bridge inspection pocket coding guide e Oregon NBI coding guide: for inventory and appraisal of Oregon bridges (OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1999; 2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Ver Figura 4.44.
Fundamentals of bridge maintenance and inspection e bridges inspection manual (NEW YORK STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1997)	<ul style="list-style-type: none"> - Objetiva apresentar a anatomia de pontes e identificar os elementos que necessitam de inspeção periódica; identificar atividade de manutenção, e prover opções de reparação e reabilitação para os elementos; - Ver Figura 4.45.

Quadro 4.14. Outros manuais e observações. (cont.)

Manual	Observações
Highway and rail transit tunnel inspection manual (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION; FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION, 2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Criado para inspeção de obras civis, bem como componentes mecânicos, elétricos e outros sistemas componentes dos túneis; - Ver Figura 4.46.
Bridge inspection, maintenance, and repair (DEPARTMENTS OF THE ARMY AND THE AIR FORCE, 1994)	<ul style="list-style-type: none"> - Preparado pelo governo, para inspeção, manutenção e reparação de instalações militares; - Ver Figura 4.47.
A guide to bridge inspection and data systems for district engineers e bridge inspector handbook (TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY OVERSEAS UNIT, 1988)	<ul style="list-style-type: none"> - O Manual do Overseas explicita que para se realizar uma gestão efetiva de pontes, há a necessidade de realizar coleta regular de dados, com armazenamento dos mesmos, levantando a condição atual da ponte. Esses dados são usados para preparar as manutenções ou substituições na ponte, e realizar a programação das mesmas; - Ver Figura 4.48.
Norma DNIT: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: procedimento; e Manual do DNIT: manual de inspeção de pontes rodoviárias (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2004 e BRASIL, 2004)	<ul style="list-style-type: none"> - O Manual é baseado na bibliografia disponível da FHWA e AASHTO, e fixa condições para realização de inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido, podendo, também, serem aplicadas em inspeções de pontilhões e bueiros, que são pontes, inclusive apoios, com vão livre igual ou inferior a seis metros; e estrutura de drenagem, construída sob a rodovia, atravessando todo o corpo estradal, respectivamente; - Ver Figura 4.49.
BRIME (Bridge Management in Europe) (FEHRL, 1999) o REHABCON (REHABCON MANUAL, 2004).	<ul style="list-style-type: none"> -Dois projetos importantes para gestão de estruturas. - São projetos grandes, realizados em parceria entre países e entidades, com objetivo de estudar as principais ferramentas para Sistemas de Gestão de estruturas, sistemas estes informatizados, estudando seus módulos, ferramentas, e princípios para critérios de decisão.

Quadro 4.14. Outros manuais e observações. (cont.)

Manual	Observações
<p>BRIME (Bridge Management in Europe) (FEHRL, 1999) o REHABCON (REHABCON MANUAL, 2004).</p>	<p>- O BRIME tem como objetivos: o desenvolvimento de um módulo para sistemas de gestão de pontes, mantendo o menor custo possível, incluindo o efeito de tráfego, vida residual da estrutura, para uma apropriada estratégia de manutenção de pontes, mais econômica; desenvolver uma estrutura de sistema de gestão de pontes na rede europeia e identificar entradas para implementar o sistema, como condição da estrutura, capacidade de carga, razão de deterioração; e ainda faz uma revisão dos sistemas de gestão de pontes existentes, elaborando um ao final; seus resultados finais são formulados para auxiliar no dia-a-dia da gestão da estrutura e auxiliar na formulação da estratégia (FEHRL, 1999).</p> <p>- Houve a necessidade de criar métodos quantitativos para avaliar o tipo dos problemas e seus efeitos na durabilidade e resistência das estruturas, bem como técnicas para avaliar a capacidade de carga das mesmas, suplantando os outros sistemas já criados em muitos países, sistemas apenas qualitativos, baseados em inspeções visuais e testes simples (FEHRL, 1999).</p> <p>O projeto foi dividido em 8 pacotes, descritos a seguir, divididos pelos países participantes do projeto, com o intuito de levantar o conhecimento e estudar os assuntos (FEHRL, 1999):</p> <p>Pacote 1: Classificação da condição da estrutura (Eslovênia);</p> <p>Pacote 2: Avaliação da capacidade de carga de pontes existentes, incluindo métodos baseados no risco (Alemanha e França);</p> <p>Pacote 3: Modelagem da deterioração de estruturas e efeitos da deterioração na capacidade de carga (Reino Unido);</p> <p>Pacote 4: Modelagem da razão de deterioração (Noruega);</p> <p>Pacote 5: Decisão de reparo, reabilitação ou substituição da estrutura (Espanha);</p> <p>Pacote 6: Priorização de pontes em termo das necessidades de reparo, reabilitação ou melhorias (Eslovênia);</p> <p>Pacote 7: Revisão dos sistemas de gestão de pontes e desenvolvimento de um sistema (França e Reino Unido);</p> <p>Pacote 8: Coordenação do Projeto (Reino Unido).</p> <p>- Apresenta uma importante revisão bibliográfica sobre o assunto em seu documento final, o Deliverable D14 – Final Report, disponível na Internet. Trata dos sistemas importantes, avaliação das estruturas, métodos computacionais de decisão.</p> <p>- O Rehabocon é também um projeto elaborado em parceria com diversas organizações da Suécia, Reino Unido e Espanha. Tem como objetivos o desenvolvimento prático de um Manual de Sistema de gestão e reparos para estruturas existentes, como edificações, pontes, barragens, etc. Objetiva ainda apresentar metodologia, através da experiência dos parceiros, em avaliação estrutural e decisão da ação a tomar (REHABCON MANUAL, 2004).</p> <p>- Trata do processo de gestão, relatando os módulos necessários para o sistema de gestão da avaliação de estruturas; métodos de avaliação de estruturas deterioradas: baseia-se no Manual do Torroja; estabelece os requisitos de performance das estruturas; e discute técnicas de reparo, princípios e ferramentas para avaliação da ação a ser tomada e métodos de otimização para escolha das técnicas de reparo a serem empregadas.</p> <p>- Apresenta em seus anexos uma revisão dos Sistemas de Gestão existentes, sistemas estes computadorizados, como o Pontis. Retrata suas principais ferramentas e módulos.</p>
<p>Norma NBR 9452: Vistorias de pontes e viadutos de concreto (NBR 9452) (ABNT, 1986)</p>	<p>- É um dos documentos nacionais relevantes sobre o assunto;</p> <p>- Ver Figuras 4.50 e 4.51.</p>

Quadro 4.14. Outros manuais e observações. (conclusão)

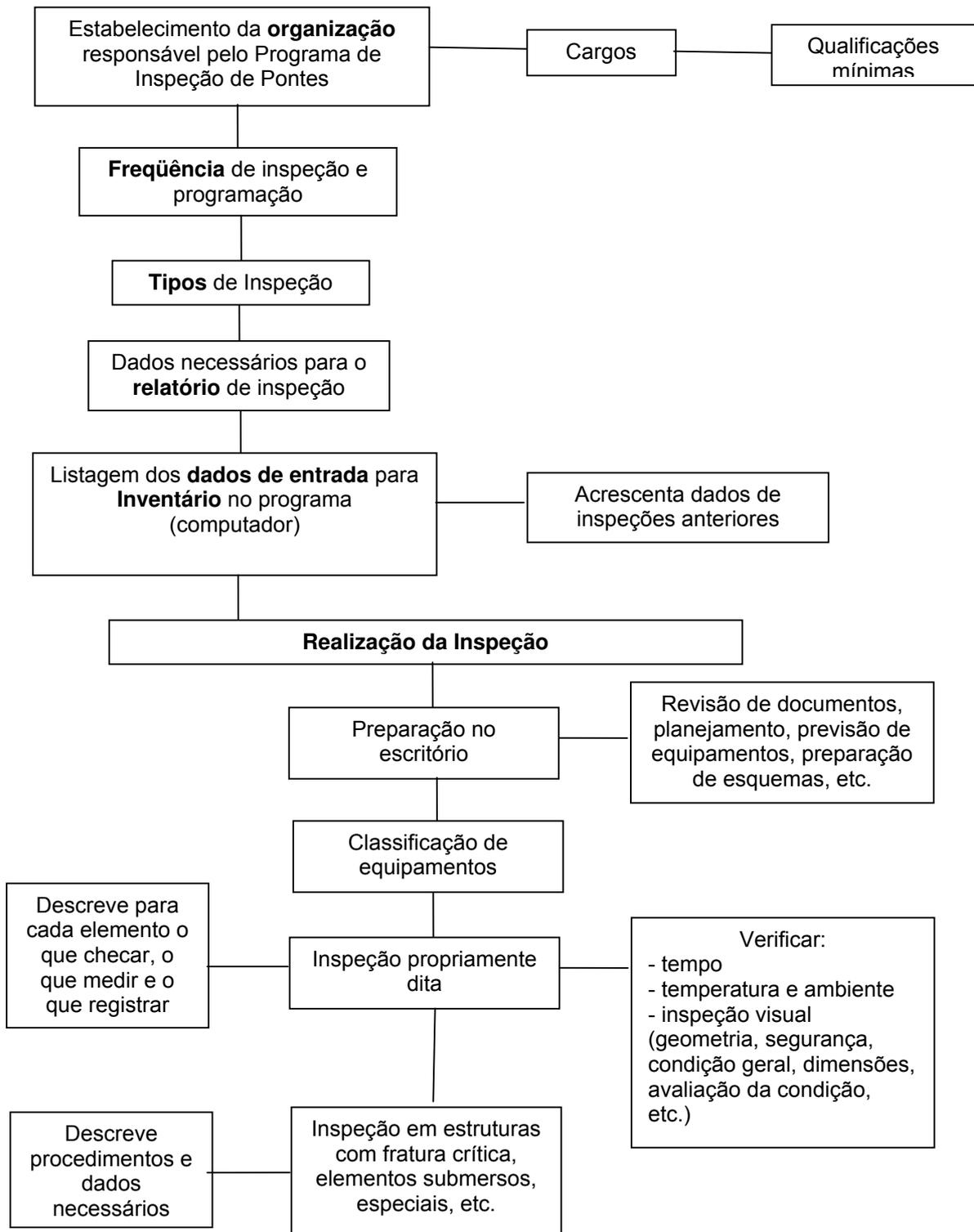


Figura 4.40. Esquema do manual Washington State bridge inspection manual. Fonte: Washington State Department of Transportation, 2002.

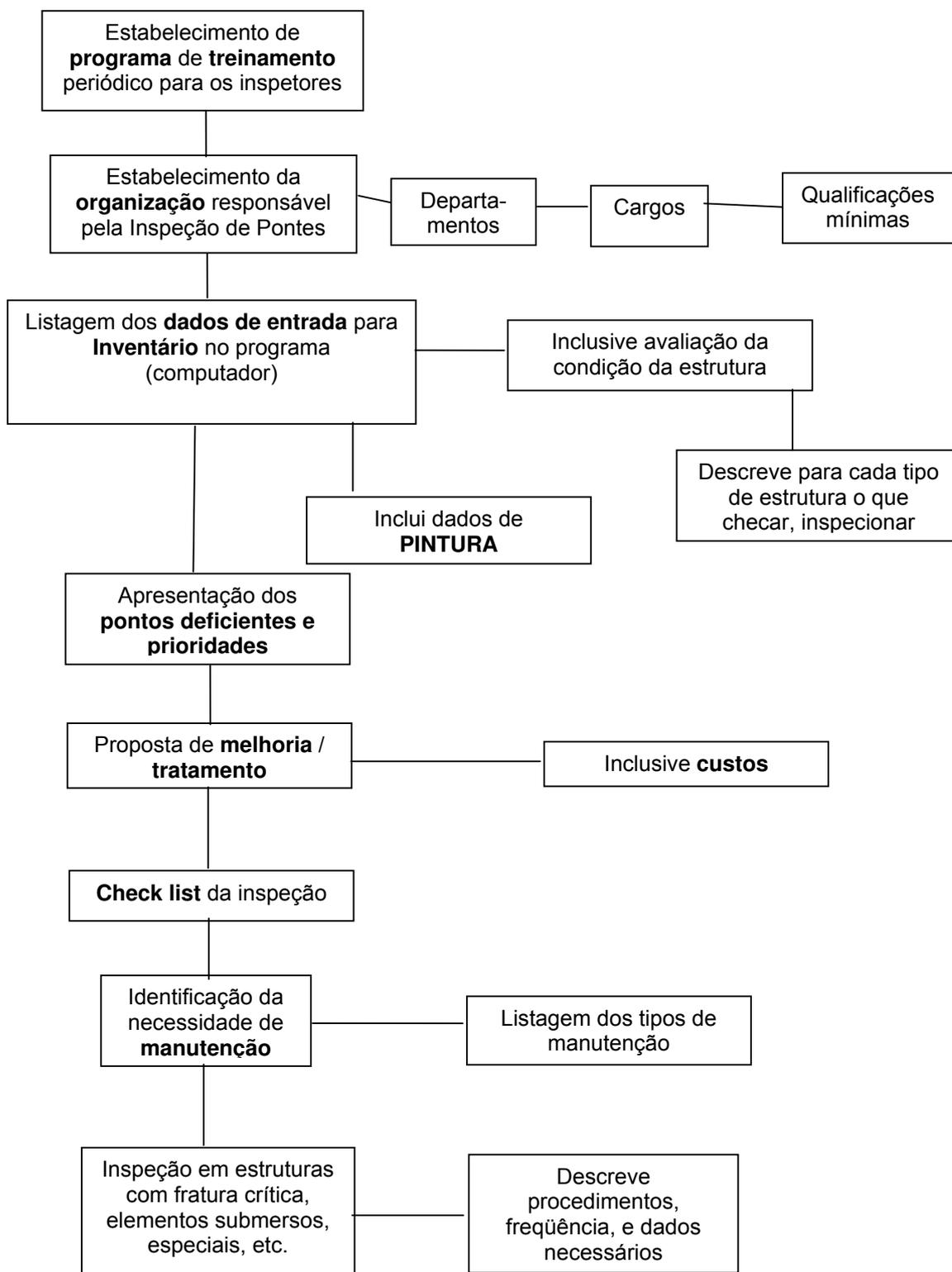


Figura 4.41. Esquema do manual Bridge inspection manual: for inventory and appraisal of Alabama bridges.

Fonte: Alabama Department of Transportation, 2002.

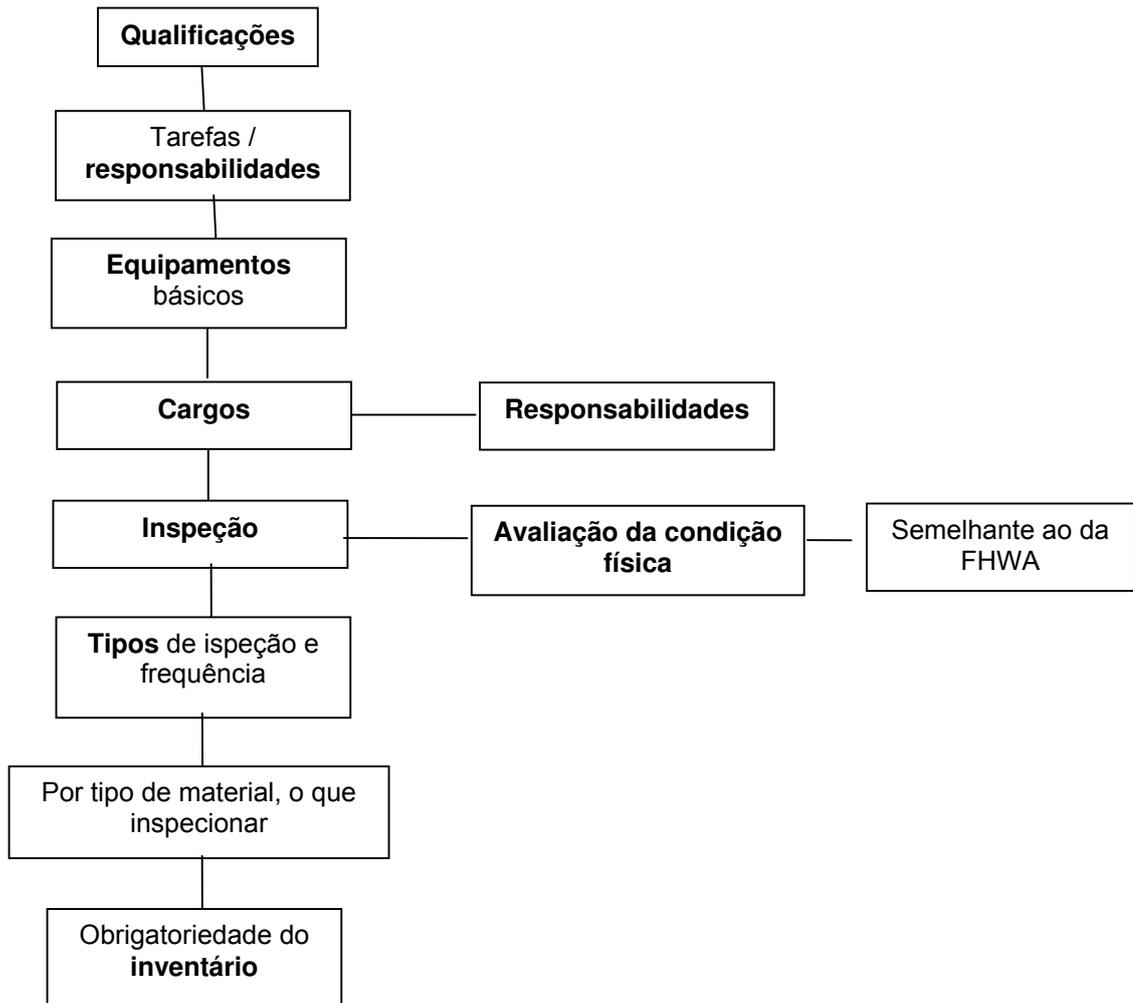


Figura 4.42. Esquema do manual Bridge inspection manual do Departamento de Transportes de Ohio. Fonte: Ohio Department of Transportation, 1998.

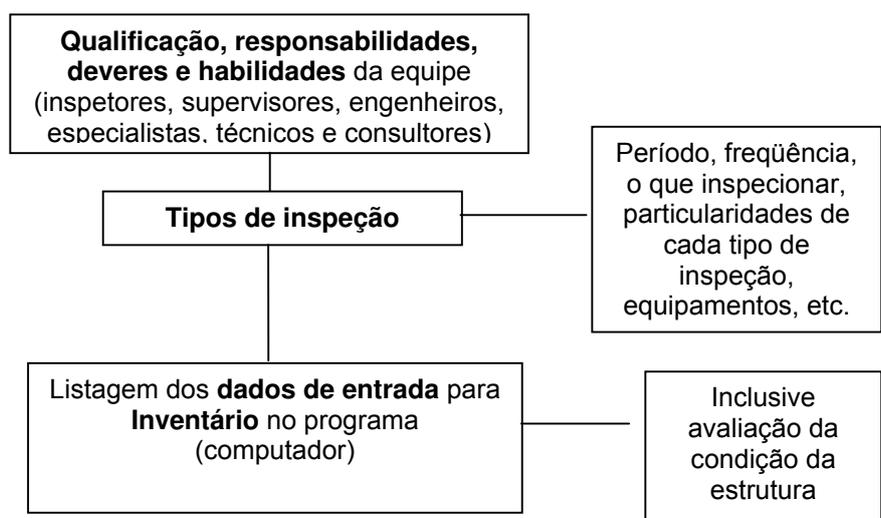


Figura 4.43. Esquema do manual Bridge inspection manual. Fonte: Texas Department of Transportation, 2002.

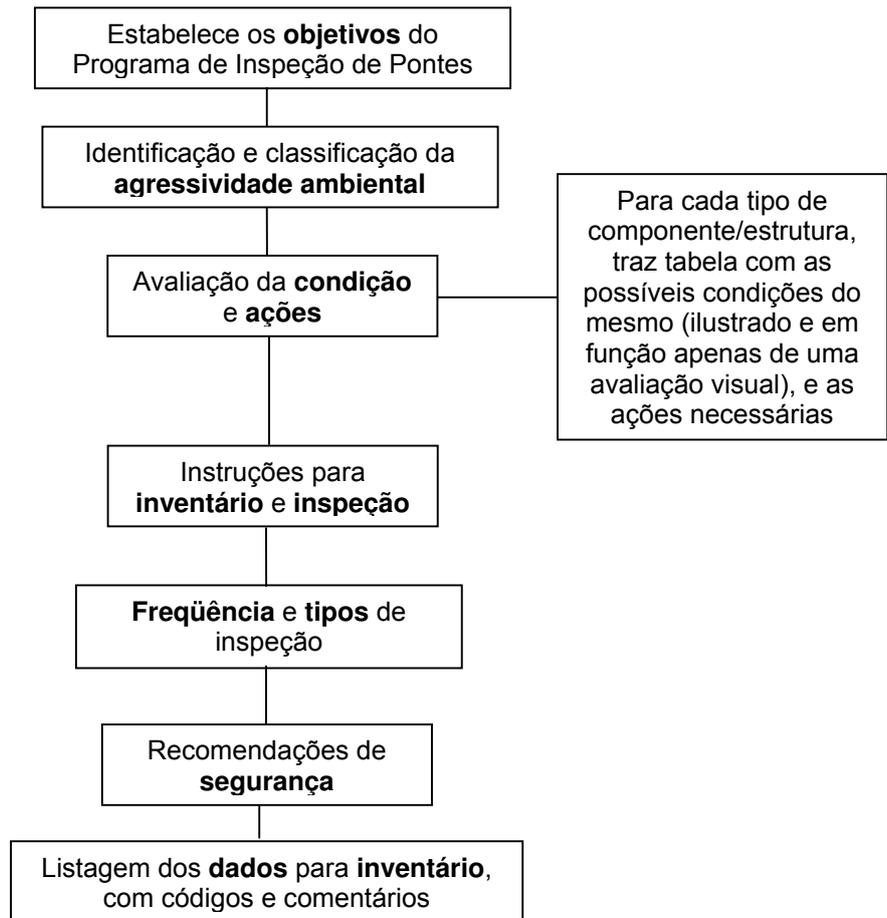


Figura 4.44. Esquema do manual Bridge inspection pocket coding guide e Oregon NBI coding guide: for inventory and appraisal of Oregon bridges.
 Fonte: Oregon Department of Transportation, 1999; 2003.

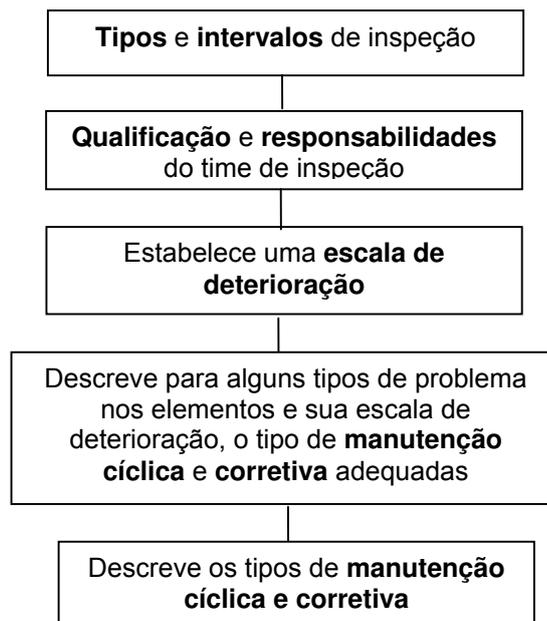


Figura 4.45. Esquema do Manual de Fundamentals of bridge maintenance and inspection e bridges inspection manual.
 Fonte: New York State Department of Transportation, 1997.

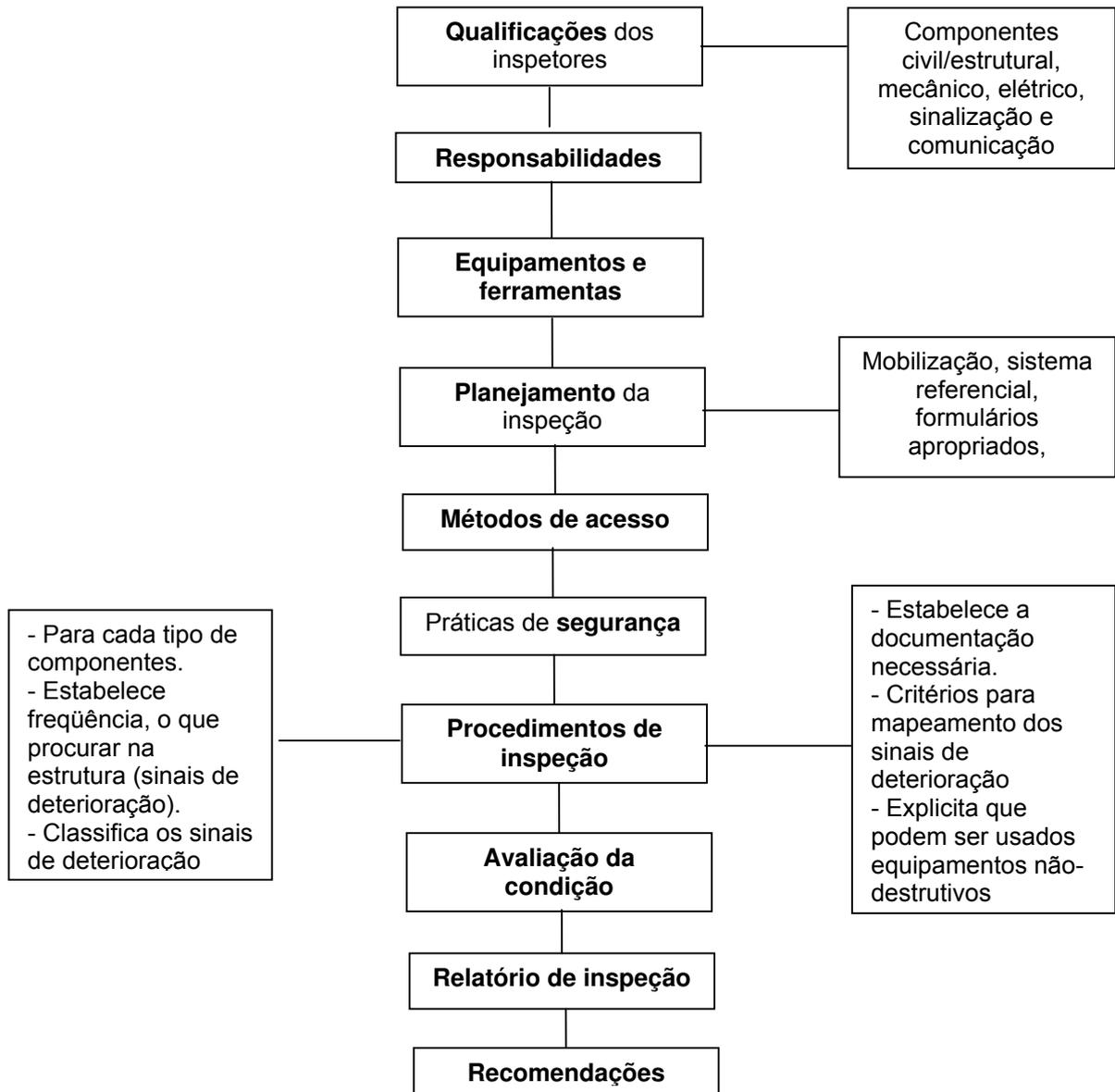


Figura 4.46. Esquema do manual Highway and rail transit tunnel inspection manual.
 Fonte: Federal Highway Administration; Federal Transit Administration, 2003.

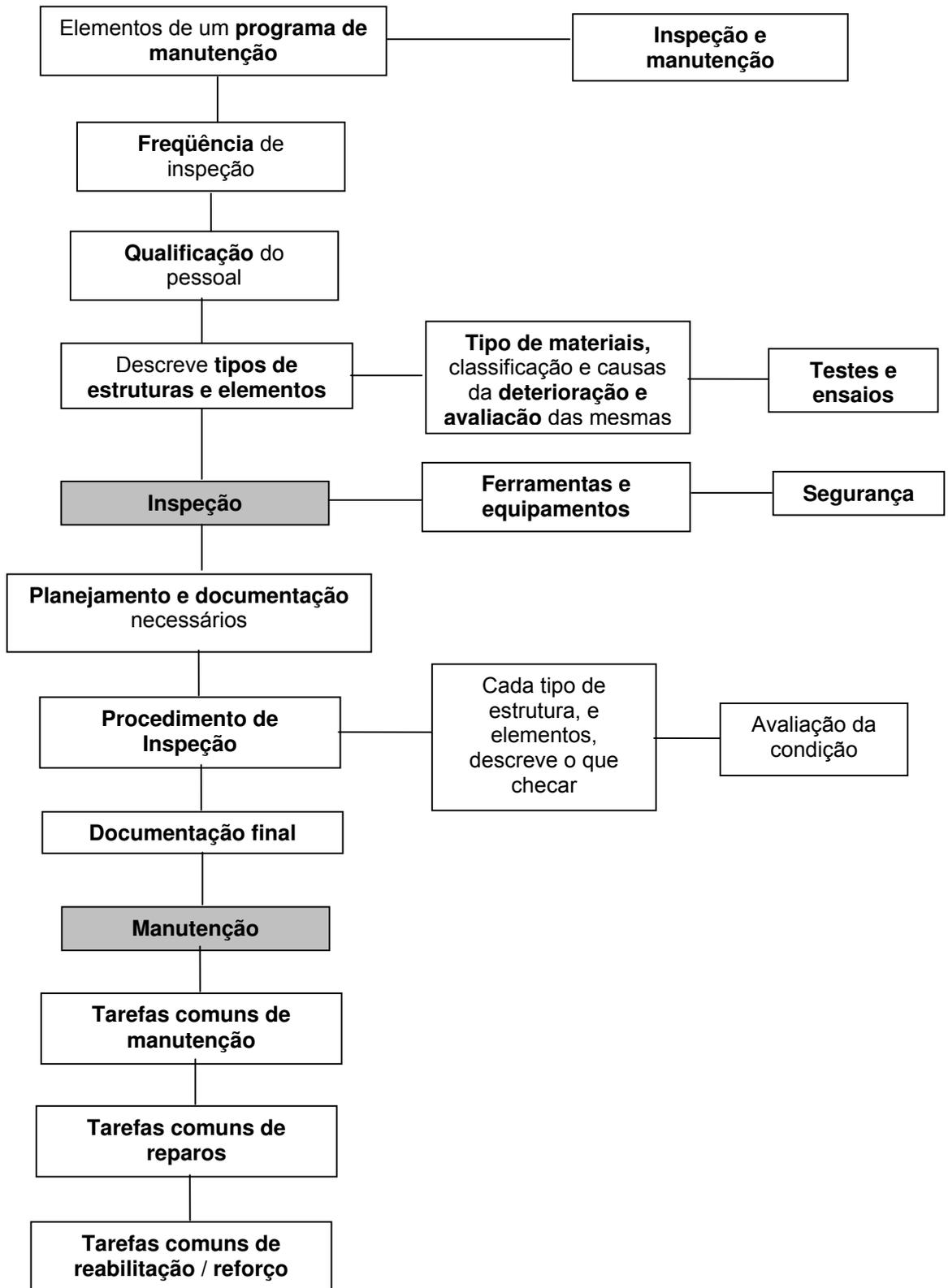


Figura 4.47. Esquema do manual Bridge inspection, maintenance, and repair.
 Fonte: Departments of the Army and the Air Force, 1994.

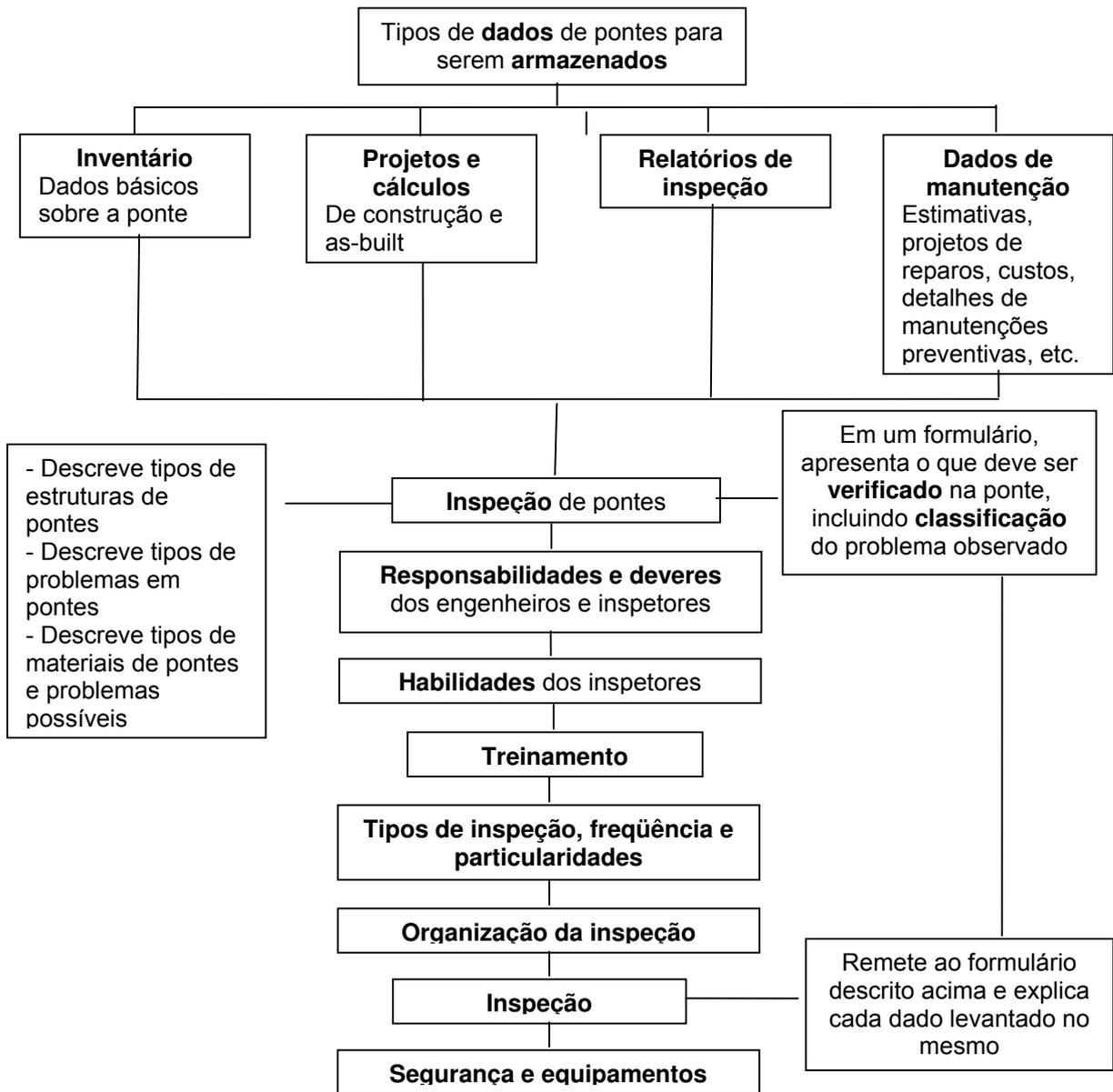


Figura 4.48. Esquema do manual A guide to bridge inspection and data systems for district engineers e bridge inspector handbook.

Fonte: Transport and road research laboratory overseas unit, 1988.

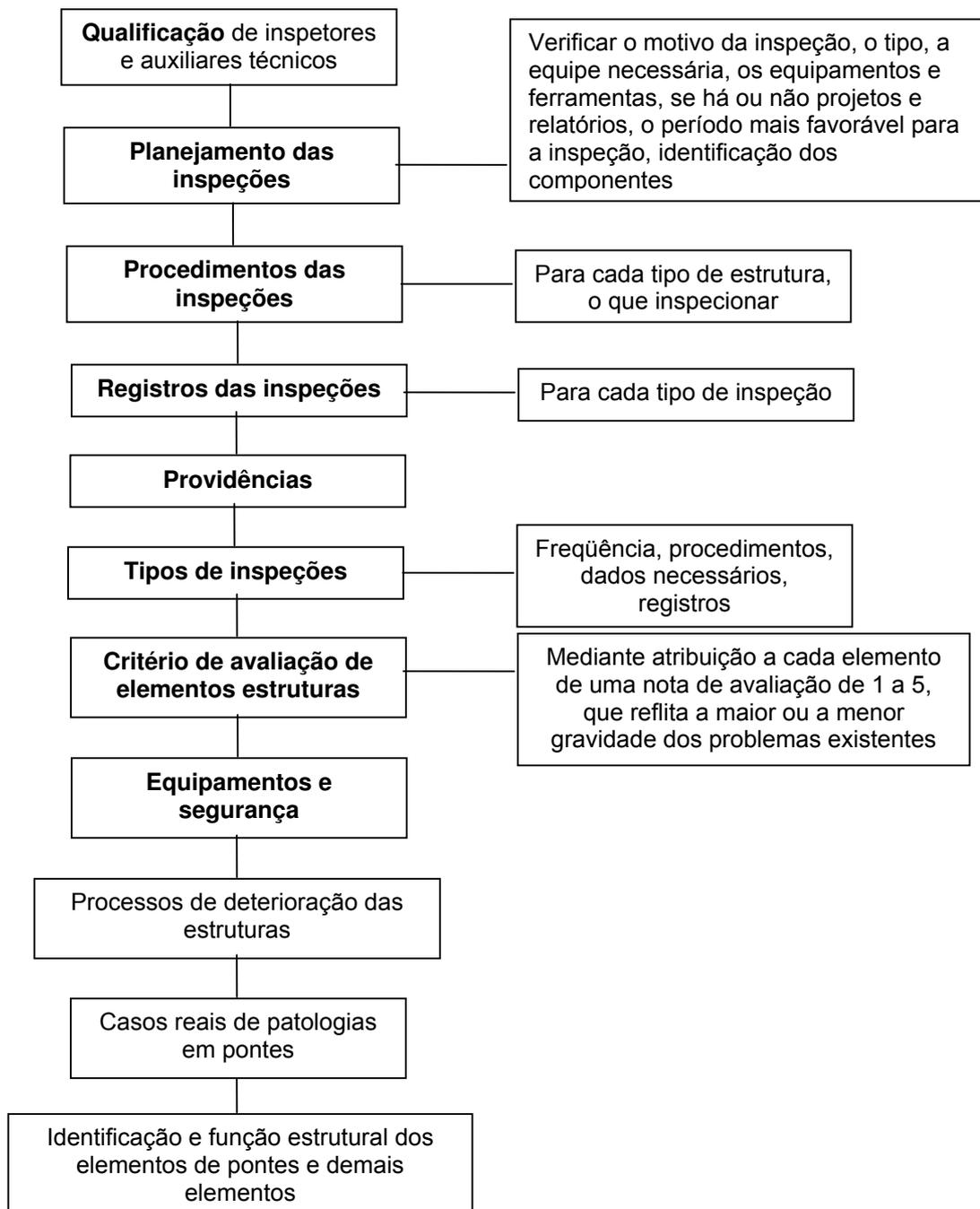


Figura 4.49. Esquema da Norma DNIT: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: procedimento; e do Manual do DNIT: manual de inspeção de pontes rodoviárias.

Fonte: Ministério dos Transportes, 2004 e Brasil, 2004.

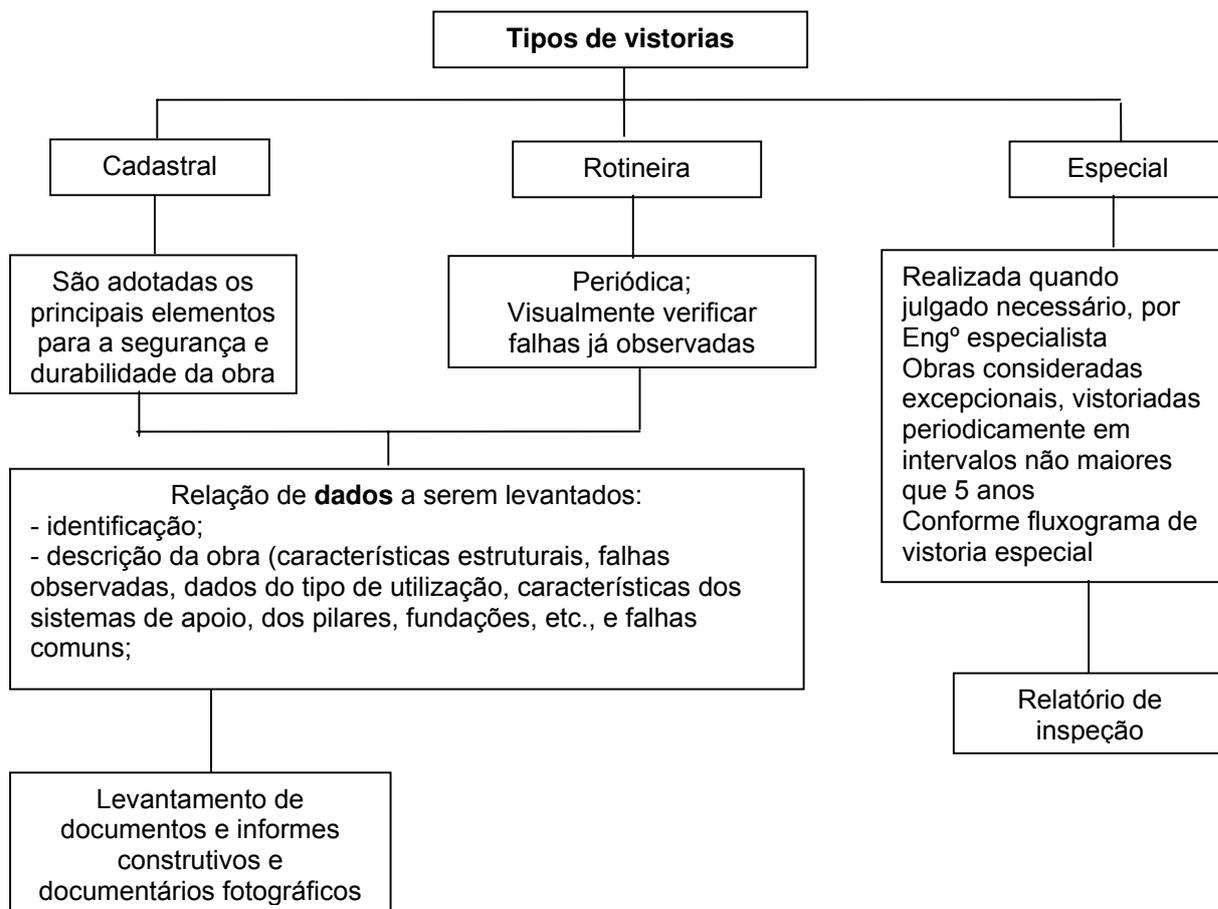


Figura 4.50. Esquema de vistorias proposto na NBR 9452.
Fonte: ABNT, 1986.

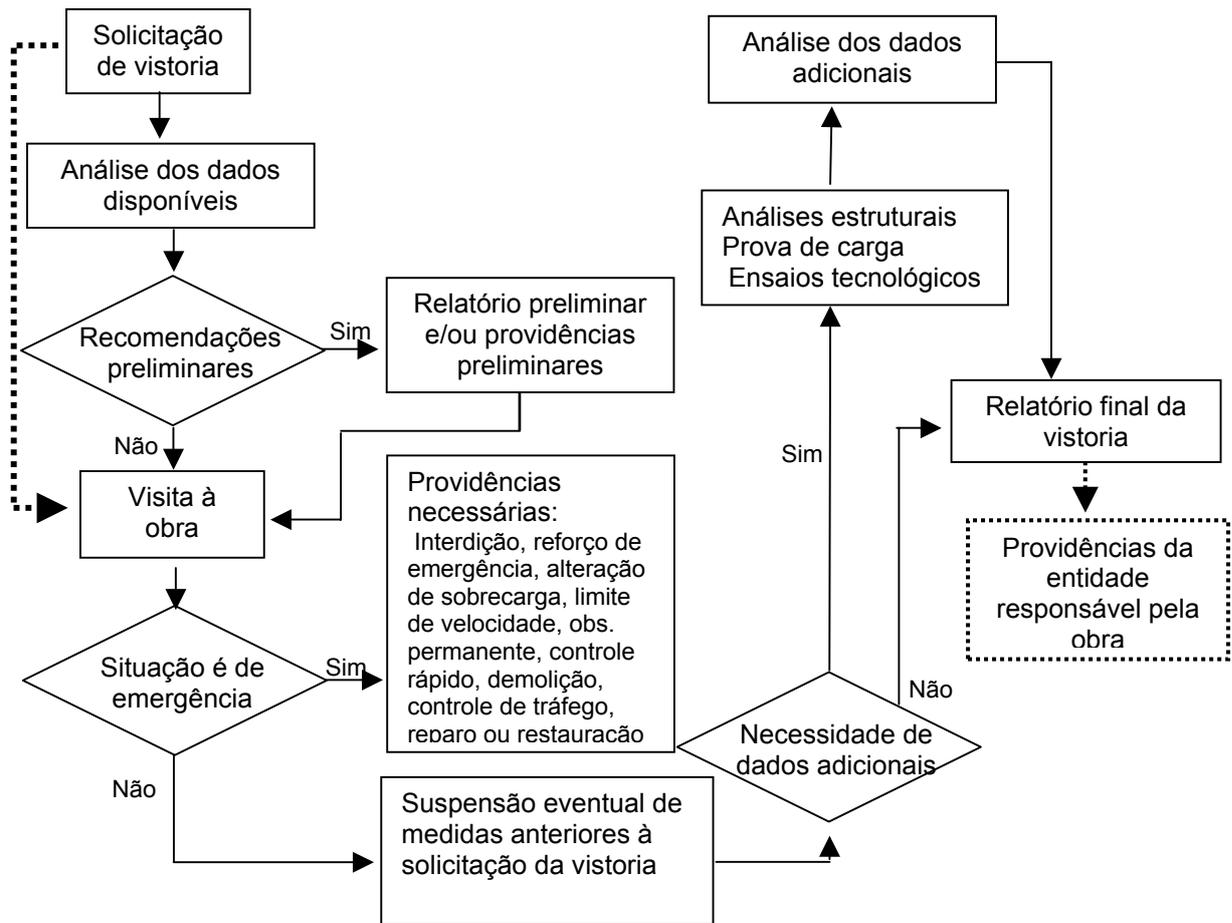


Figura 4.51. Fluxograma de vistoria especial da norma NBR 9452.
Fonte: ABNT, 1986, p.13.

CAPÍTULO 5

DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE GESTÃO DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

5.1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo tem como objetivo apresentar os resultados dos estudos de caso realizados nas instituições públicas do Estado do Espírito Santo, na forma dos seus aspectos relevantes e importantes para este trabalho.

A partir dos dados obtidos nos estudos de caso, realiza-se um diagnóstico do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto no Estado do Espírito Santo.

5.2 ESTUDOS DE CASO

5.2.1 Estudo de caso na instituição A

5.2.1.1 Perfil do entrevistado A

Engenheiro civil, primeiro engenheiro da Secretaria de Obras e Diretor Operacional do Setor de água e esgoto. Diretor Operacional do Setor de água e esgoto há 8 meses e na Secretaria de Obras há 3 anos e meio. Somente trabalhou na instituição A nesses dois setores.

5.2.1.2 Caracterização da instituição A

Entrevista realizada em Setembro de 2005. Instituição dedicada à administração municipal. Município com 84 anos, e um total de 112.615 habitantes, com 91.234

habitantes em área urbana. Uma área de 1783,90 Km² e densidade populacional de 63,13 hab/Km². Destaca-se pelo pólo da indústria do vestuário (GAZETA ON LINE).

Segundo o entrevistado A, a instituição conta com aproximadamente 2300 funcionários, incluindo áreas que não são de engenharia. No setor de engenharia é composta por 3 engenheiros, possuindo aproximadamente 120 obras em utilização.

Segundo o entrevistado A, a instituição possui sob sua administração uma ponte construída em torno do ano de 1920, uma ponte mais atual, construída há 15 anos, bem como escolas públicas, prédios públicos, redes de drenagem com aproximadamente 300 a 400Km de extensão.

A forma de contratação de obras da instituição, segundo o entrevistado A é a seguinte: na maioria das vezes as obras são realizadas por administração direta, porém, quando há muitos serviços em execução podem ser solicitados alguns tipos de serviços terceirizados, como sondagem, laboratórios, etc.

5.2.1.3 Aspectos técnicos

O entrevistado A descreve que a manutenção preventiva como:

“[...] o que a gente gostaria de fazer em tudo, realmente não dá. É você saber o que provavelmente pode acontecer e você ir tomando as medidas para evitar que cheguem as vias de fato e você precise de uma manutenção corretiva”.

E a manutenção corretiva “[...] é a que depois que ruiu, ou arrebentou, ou quebrou, você vai ter que fazer a ação”.

O entrevistado A caracteriza, de forma duvidosa o diagnóstico de estruturas como sendo quando um calculista, ou outra pessoa faz a análise sobre as questões de vida útil, ruptura, riscos da estrutura.

Vida útil das estruturas, de acordo com o entrevistado A, é “[...] o tempo que a estrutura suporta sem riscos, não precisa quebrar não, mas sem riscos estruturais, por exemplo, uma deflexão maior do que a possível, uma vibração maior do que a possível, aquele trabalho, trânsito ou aquele peso que ela está suscetível”. E vida residual de estruturas, o entrevistado A retrata como o tempo depois que chega ao

limite de segurança, o restante de tempo do limite de segurança até a ruptura da estrutura.

Segundo o entrevistado A, a instituição A não realiza manutenção preventiva estrutural na maioria das estruturas, nem mesmo nas pontes, caracterizando que trabalha “apagando incêndios”. Porém o entrevistado A relata que sabem onde são os pontos críticos, mas não há equipe disponível para realizar um trabalho preventivo, porque a equipe existente está, na maioria das vezes, envolvida em trabalhos corretivos, que são mais urgentes que os preventivos.

Não há um setor centralizado responsável pelas manutenções, porém trabalhos de manutenção como limpeza em telhados, caixas de esgoto, por exemplo, são de responsabilidade da gerência que trabalha na edificação.

As únicas estruturas onde a instituição A realiza manutenção preventiva são as redes de drenagem, galerias de águas pluviais, através de limpeza e desobstrução rotineiras, diárias, com duas equipes próprias da secretaria de obras e na época de chuvas essa equipe é aumentada para em torno quatro.

O processo de observação e levantamento de problemas nas edificações é realizado pelas pessoas que trabalham na edificação. Não há uma frequência para inspecionar as estruturas, há o atendimento a uma solicitação. Normalmente quando aparece algum problema o responsável pela edificação solicita a visita de uma pessoa do setor de engenharia da instituição, que faz a verificação visual do problema, analisa e levanta o que é necessário realizar. Esse processo é caracterizado como uma manutenção corretiva na estrutura.

Quando há a necessidade, tiram-se fotografias e elaboram-se laudos das inspeções realizadas, porém o arquivamento desses documentos não é constante, a organização às vezes é aleatória, não existindo um rigor, um critério para arquivo, sequer um banco de dados.

A obtenção de fotografias é tida como uma exceção, não é uma regra. Não são tiradas para montagem de banco de dados ou arquivo da estrutura, é bastante aleatório, e seu arquivamento ainda não tem critérios, às vezes não se sabe onde estão arquivadas, ou ainda são arquivadas com identificação equivocada.

Ensaio para verificação da durabilidade das estruturas, para realizar o diagnóstico, como profundidade de carbonatação, profundidade de cloretos, dentre outros não são realizados.

Não há um documento, um manual de instrução quanto às inspeções, manutenções e intervenções necessárias. A maioria do que se faz é momentânea, pontual, podendo-se consultar um calculista, ou laboratório.

Não há realização de treinamentos para aprimoramento dos conhecimentos das equipes, conta-se com a prática dos encarregados envolvidos nas atividades.

Sobre o questionamento de manter um histórico das estruturas, um inventário, um banco de dados, foi informado que é muito difícil existir. Há uma pasta para todas as obras que são executadas, com projetos, croquis, tudo que tem é guardado nessa pasta, mas não há critérios para o arquivamento. Foi caracterizado ainda, pelo entrevistado A que às vezes a continuidade dos processos não acontece devido a mudanças na administração da instituição, onde pode não se dar o devido valor aos documentos arquivados.

Na percepção do entrevistado A, o que mais preocupa a instituição hoje são as inúmeras construções executadas por processos construtivos completamente errados, os chamados “puxadinhos”, e definido por uma pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) como Teoria do Sobrado, que diz que a cultura da família alemã e italiana, grande parte da colonização da cidade sede da instituição, é juntar toda a família perto da mãe, do pai, do irmão, construindo prédios de até 5 andares em locais de topografia extremamente desfavoráveis e sem nenhum projeto ou critérios, chegando a absurdos de pilares dos primeiros pavimentos possuírem seções menores que os superiores. Para reduzir esses problemas observados, a instituição está construindo casas populares para tirar essas pessoas desses locais de risco.

Registra-se ainda, segundo o entrevistado A, que há dificuldade de realização de ensaios na fase de construção de estruturas, para estruturas menores, como edificações. A solução adotada para contornar esse problema foi trabalhar com estruturas simples, como muro de gravidade em concreto ciclópico. Já os artefatos

pré-moldados, como manilhas e blocos, são exigidos das contratadas, em cláusula no contrato, que apresentem certificado de ensaios dos mesmos.

Segundo o entrevistado A, procura-se fazer as edificações em geral com apenas um andar, para facilitar a execução e não necessitar de ensaios e/ou controle de qualidade mais sofisticado, e ainda realiza-se uma boa seleção das empresas contratadas.

5.2.1.4 Aspectos gerenciais e financeiros

Segundo o entrevistado A, não é possível determinar quanto se gasta em recuperação de estruturas na instituição. E ainda a idade média das estruturas em que ocorre recuperação varia bastante, de 10 a 70 anos para estruturas e pontes de 20 a 100 anos.

Não é registrada a idade da estrutura em que ocorreu a primeira manutenção corretiva, o que há é o conhecimento de quando foi realizada pelas pessoas envolvidas.

Foram realizadas apenas em torno de 5 (cinco) manutenções corretivas estruturais nas estruturas da instituição, segundo o entrevistado A. Manutenção em escolas, porém é feita uma ou duas por ano, mas há anos que não se realiza nenhuma.

Não há um levantamento de quantos m² ou m³ de reparos em estruturas, uma vez que este tipo de manutenção é bastante esporádica, porém é possível, mais facilmente se levantar quantos Km de rede de drenagem é limpa, que, segundo o entrevistado A chega em torno de 10Km por ano ou que é reparada.

Segundo o entrevistado A, há conhecimento de que há um aumento nos custos de intervenção nas estruturas, caso ela seja executada na fase de projeto ou na fase de uma manutenção corretiva, porém não há a mensuração deste aumento de custos; cogitou-se algo na faixa de 1000%.

Segundo o entrevistado A, a vida útil das estruturas de concreto sob a administração da instituição varia bastante, depende das condições de projeto, materiais, geometria, etc.

Os critérios levados em consideração na tomada de decisão para intervenção de uma estrutura deteriorada, segundo a percepção do entrevistado A, são o grau de importância e risco da estrutura, sendo 90% risco de vidas e 10% nível de utilidade da estrutura.

Segundo o entrevistado A, não há critérios para exigir dos contratados a vida residual da estrutura, após uma recuperação. A exigência é feita apenas na construção da estrutura, em função das garantias de responsabilidade do Código Civil. Serviços de manutenção dependem do julgamento realizado.

Não há um plano de inspeção, intervenção ou de manutenção nas edificações e pontes em geral. A elaboração de um plano de metas para execução dessas inspeções, intervenções, ou manutenções é considerada pelo entrevistado A como uma utopia, em função de não haver estrutura suficiente para tal, de não haver pessoal disponível, etc.

Segundo o entrevistado A, há consciência de que muita coisa pode ser melhorada, porém a falta de pessoal e de recursos impossibilita essa melhoria. Muitas vezes é necessário ser “polivalente”, cuidando de um projeto de um enroncamento de R\$15 Milhões, ao mesmo tempo fazendo medições, prestações de contas, dentre outras coisas.

A instituição hoje tem uma visão estratégica, segundo o entrevistado A, buscando prevenir que problemas futuros venham a ocorrer. Uma das ações é na aprovação de loteamentos, onde passou a exigir que os loteamentos criados sejam entregues com toda a infra-estrutura necessária e com rampas com inclinação inferiores a 20%, criando assim condições favoráveis para o assentamento das pessoas, e não como anteriormente era realizado, onde isso não era cobrado, criando-se loteamentos em condições precárias de infra-estrutura e de encostas.

5.2.2 Estudo de caso na instituição B

5.2.2.1 Perfil do entrevistado B

Engenheiro Civil, Assessor Técnico da Secretaria de Obras. Trabalha na Secretaria de Obras há 4 anos, sendo o único lugar em que trabalhou na instituição B.

5.2.2.2 Caracterização da instituição B

Entrevista realizada em Outubro de 2005. Instituição dedicada à administração municipal. Município com 131 anos, e um total de 322.518 habitantes, com 320.965 habitantes em área urbana. Uma área de 551,10 Km² e densidade populacional de 585,21 hab/Km². Destaca-se como maior pólo industrial do Estado do Espírito Santo (GAZETA ON LINE). Segundo o entrevistado B, a instituição B possui aproximadamente 7000 funcionários, dentre os diversos setores, sendo que no setor de engenharia possui 7 engenheiros, 3 ou 4 arquitetos e alguns técnicos.

A instituição B possui sob sua administração, segundo o entrevistado B, edificações de uma maneira geral, como postos de saúde, creches, escolas e obras rodoviárias em geral, com muitas galerias pré-fabricadas, pontes não muito grandes e tubulações de concreto para águas pluviais.

Segundo o entrevistado B, as obras da instituição B são executadas por empresas contratadas, porém os trabalhos de manutenção corretiva, ou recuperação nas estruturas, tanto podem ser executados por pessoal da instituição, como podem ser de equipes contratadas. Há, porém uma equipe para manutenção geral, manutenção de serviços gerais.

5.2.2.3 Aspectos técnicos

O entrevistado B faz as seguintes definições de manutenção preventiva, manutenção corretiva e diagnóstico de estruturas, respectivamente:

São vistorias periódicas nas estruturas [...] para falar a verdade, eu não conheço métodos de manutenção preventiva, a não ser vistorias. Não sei se existe algum produto que possa ser utilizado como manutenção. Na verdade eu não conheço, eu só conheço, o que eu conheço é só essa, da vistoria, visual, e a partir daí delibera se tem que fazer uma recuperação ou se a estrutura está boa.

É quando existe alguma anomalia [...].

É o resultado da vistoria, então o engenheiro ou a equipe de técnicos que fazem essa vistoria, vão elaborar um relatório. O relatório irá informar como está a estrutura. Isso é o diagnóstico.

Por vida útil de estruturas, o entrevistado B entende “[...] o tempo que ela é utilizada, sem problemas”; e por vida residual de estruturas o tempo “depois que surge uma anomalia séria, que ela é recuperada, então a partir daí é chamada vida residual”.

Segundo o entrevistado B, a instituição B não realiza manutenções preventivas nas estruturas de concreto, somente são realizadas manutenções corretivas, que tanto podem ser realizadas por pessoal da instituição como por empresa contratada. A escolha da equipe para a execução da manutenção corretiva depende da localização da estrutura, se houver uma equipe contratada no local, realizando outros serviços, com equipamentos para a realização da manutenção, os quais a instituição não os dispõe, então a mesma é contratada para a realização dos serviços de manutenção. Segundo o entrevistado B, a instituição B realiza, porém manutenções gerais nas estruturas, através de uma equipe de manutenção de serviços gerais.

No entanto, realizam-se inspeções periódicas, uma vez por ano, normalmente na metade do ano, nas estruturas de concreto, de maneira a realizar o diagnóstico das mesmas. Essas inspeções são visuais e são realizadas por uma equipe composta normalmente, por engenheiros, arquitetos e técnicos da secretaria de obras, não havendo um setor específico para esses trabalhos. Tira-se então uma semana na metade de cada ano para a realização de visitas e vistorias às obras. No entanto, não são realizadas em todas as obras, mas na maioria delas.

Caso seja detectado, por algum usuário de uma edificação ou outra pessoa algum problema em uma estrutura, então faz-se uma vistoria entre aquelas periódicas anuais.

Segundo o entrevistado, elabora-se um relatório sumário das inspeções periódicas, apenas para nortear os trabalhos de reparos.

Segundo o entrevistado B, normalmente não são realizados ensaios durante as inspeções, somente são realizados quando se detecta algum problema maior. Foi relatado apenas um caso em que houve a necessidade da realização de ensaios.

Caso seja detectado um problema como uma fissura maior, mais preocupante, manchas de corrosão, são apenas realizados reparos localizados nos pontos observados, por operários da própria instituição, que já possuem algum conhecimento na forma de reparar. Segundo o entrevistado, não há a preocupação de verificar se houve perda de seção das barras que estão em processo de

corrosão, porém se a mesma estiver muito deteriorada, pode haver reforço na ferragem, com limpeza do local, colocação de outra barra e concretagem no local.

Para a realização dos ensaios necessários nas estruturas que apresentam problemas são utilizados equipamentos de terceiros, uma vez que a instituição não os possui. No único exemplo que pôde ser citado pelo entrevistado B, ocorrido de necessidade de realização de ensaios, basicamente foram realizados ensaios com esclerômetro e alguns outros instrumentos que o entrevistado B não soube informar. A empresa terceirizada realizou os ensaios e enviou os resultados para a instituição, onde a própria equipe da instituição, formada por uma comissão de técnicos elaborou o relatório com avaliação da estrutura.

Não há nenhum documento, manual que sirva de orientação para as inspeções periódicas ou manutenções; as mesmas são realizadas através da experiência de alguns profissionais envolvidos. Também, não há nenhum treinamento documentado e determinado para esses responsáveis, o que existe são os profissionais com experiência transmitem seus conhecimentos aos outros profissionais que o acompanham nas inspeções e manutenções, na forma de se detectar um problema, uma deterioração.

Caso sejam detectados problemas maiores nas inspeções das estruturas, pode-se necessitar tirar fotografias dos problemas para uma melhor avaliação dos mesmos, ou ainda pode-se gerar a elaboração de relatórios com o diagnóstico das mesmas, com a utilização de fotografias para retratar os problemas verificados. As fotografias que não fazem parte de um relatório são arquivadas.

Não existe um banco de dados das estruturas. Os projetos são todos arquivados, no entanto, os dados das vistorias não são gravados, pois são elaborados relatórios sumários, norteados os trabalhos de correção.

Os relatórios gerados, tanto nas inspeções periódicas, como nas inspeções maiores que necessitem de ensaios não possuem uma forma de armazenamento padronizada; não há critérios. Eles existem, estão na instituição, no entanto não há uma pasta específica ou mesmo um departamento específico para tratar desses assuntos.

5.2.2.4 Aspectos gerenciais e financeiros

Não há uma média estimada de custos realizados nas recuperações de estruturas; é avaliado para cada caso, porém o histórico refere-se a pequenos reparos localizados nas estruturas, com custos baixos.

Não há uma estatística da idade média de estruturas recuperadas, mas já houve caso de estrutura com apenas 5 anos necessitar de reparos.

Não há um levantamento da quantidade média de estruturas recuperadas, mas na experiência do entrevistado, ele registrou que é inferior a 10 estruturas por ano. E são reparos pequenos, como reposição de cobrimento, na maioria das vezes.

Não é realizado um levantamento de quantos m, m² ou m³ de estruturas são reparados.

Há consciência do aumento nos custos de intervenção nas estruturas, caso ela seja executada na fase de projeto ou na fase de uma manutenção corretiva.

Não se pode afirmar qual tem sido a vida útil média das estruturas da instituição, uma vez que o entrevistado não possuía esse dado.

Sobre a vida residual das estruturas, não se pode ter uma conclusão, uma vez que o entrevistado só participa das vistorias há 5 anos, não tendo informações anteriores, e que as estruturas há 5 anos vistoriadas por ele não apresentaram problemas.

Não há um valor específico de orçamento da instituição destinado à inspeção ou manutenção de estruturas. Como a equipe de inspeção periódica são funcionários da instituição, o custo está diluído no orçamento da instituição. Já o custo dos serviços de correção é estimado e se verifica a possibilidade ou não de realizar os serviços.

O entrevistado B explicita que as empresas que realizam reparos nas estruturas têm que dar garantias nos contratos, quanto o tempo de vida após a recuperação e os critérios são explicitados no contrato, e ainda que há um acompanhamento de técnicos da instituição na realização dos trabalhos, para verificação do cobrimento, por exemplo.

A definição da técnica a ser empregada na recuperação é realizada pela instituição, em comum acordo entre os envolvidos, porém a empresa que irá executar os serviços pode dar sugestões.

5.2.3 Estudo de caso na instituição C

5.2.3.1 Perfil do entrevistado C

Engenheiro Civil, porém sem um cargo específico dentro da instituição, uma vez que não é funcionário da mesma. Presta serviços à instituição há 10 anos por um contrato firmado entre a instituição e o Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo (ITUFES) e a Fundação Ceciliano Abel de Almeida. O contrato foi firmado para suprir uma necessidade da Instituição que não possuía profissional da área de concreto.

O entrevistado C trabalhou durante estes 9 anos no setor de projetos da instituição, vinculado à Secretaria de Obras, porém também realizava vistorias e elaborava laudos sobre a situação das estruturas. Há 1 ano está responsável somente pelas vistorias, fiscalização e avaliações das estruturas e obras.

5.2.3.2 Caracterização da instituição C

Entrevista realizada em Outubro de 2005. Instituição dedicada à administração municipal. Entrevista realizada em Setembro de 2005. Instituição dedicada à administração municipal. Município com 455 anos, e um total de 291.941 habitantes, com 291.941 habitantes em área urbana. Uma área de 88,80 Km² e densidade populacional de 3288,9 hab/Km² (GAZETA ON LINE).

Possui sob sua administração edificações, como postos de saúde, creches, escolas, pontes, dentre outras.

Até pouco antes da data da entrevista, a instituição fazia praticamente todos os projetos, porém a partir de pouco tempo vem contratando um projeto completo, um pacote, mas ainda pode haver algum projeto que seja elaborado na instituição, projetos pequenos. Suas obras são executadas por empresas contratadas. A recuperação quando é pequena, é realizada através de um procedimento elaborado pelo entrevistado C, e uma equipe contratada executa. Quando a recuperação é um

trabalho maior, é contratada equipe para elaboração do projeto de recuperação e para execução da obra.

5.2.3.3 Aspectos técnicos

Por manutenção preventiva de estruturas de concreto, o entrevistado C entende “[...] aquela que você faz periodicamente para corrigir todas aquelas patologias, para você não deixar chegar no estado crítico” e por manutenção corretiva entende como “[...] correção das patologias que por ventura venham a ocorrer”.

Segundo o entrevistado C, vida útil de estruturas de concreto é “[...] até a hora que a estrutura está plena, não é a hora que ela acaba, que ela cai, vida útil é na hora que termina o prazo, que ela já começa apresentar alguns problemas, não é a hora que ela está caindo” e vida residual é “[...] após a vida útil, é o tempo que ela tem até ruir”.

Segundo o entrevistado C, a instituição C não realiza manutenção preventiva nas estruturas.

A inspeção nas estruturas somente é realizada quando o problema está em estado bem adiantado, como uma fissura que já virou uma rachadura, por exemplo. Desta forma então, os usuários das unidades, normalmente o diretor, o coordenador, detectam o problema e solicitam que realize uma verificação do mesmo. O responsável, que no caso é o entrevistado, então vai ao local para realizar a inspeção.

Quando detectado um problema, uma inspeção visual é realizada pelo entrevistado, mesmo que não seja concreto aparente, e a partir daí é elaborado um laudo, com diagnóstico do problema através da simples inspeção visual, uma vez que a instituição não possui nenhum equipamento para realização de ensaios, nem mesmo para retirada do cobrimento para avaliação da estrutura, nem testes de profundidade de carbonatação. No laudo são informadas a gravidade e urgência da solução do problema. Normalmente, ainda no laudo são descritos os procedimentos para a recuperação do problema diagnosticado.

Quando há necessidade são tiradas fotografias e inseridas nos laudos elaborados.

Caso na inspeção visual seja detectado que a estrutura está bastante deteriorada, o entrevistado informou que no laudo que se elabora, o mesmo informa a necessidade e solicita que se contrate um profissional especializado na área para a realização de uma inspeção e diagnóstico mais rigorosos na estrutura. Para essa contratação não é necessário licitação, devido o valor não ser tão significativo.

Nessa inspeção e diagnóstico mais rigorosos na estrutura, realizados por empresa terceirizada, e acompanhados pelo entrevistado, como fiscal, é emitido também um laudo, porém mais detalhado e a partir dos resultados dos ensaios de durabilidade e outros ensaios realizados na estrutura. Nesse laudo são descritos procedimentos de recuperação, caso seja indicado, os quais são executados posteriormente pela instituição. A partir desse laudo, contrata-se equipe para elaboração do projeto de recuperação da estrutura, se o laudo assim determinar. Para a elaboração do projeto de recuperação há a contratação da equipe através de carta convite, com no mínimo 3 empresas.

Segundo o entrevistado C, não existe um documento, um manual ou procedimento da instituição que trate das patologias e tratamento das mesmas. Existe, porém, um documento, particular do entrevistado, de um curso realizado com Eng. Dr. Antônio Carmona Filho, com descrição de técnicas de reparos.

Não são realizados treinamentos internos, e ainda há dificuldade do entrevistado de receber apoio em cursos e congressos externos, os quais acha importantes para o seu aprimoramento, os quais realizada sob seu próprio custeio.

Sobre o armazenamento das informações, o setor de projetos possui um arquivo dos projetos das obras que, no entanto, não funciona na sua plenitude. Já os laudos e fotografias das inspeções realizadas são armazenados em uma pasta em poder do entrevistado. Não há, porém, um banco de dados ou inventário das estruturas, uma unificação desses registros.

O entrevistado C também relatou que todas as novas obras da instituição são projetadas baseadas na nova norma de concreto; e informou que muitos problemas verificados nas estruturas são decorrentes de erros de projeto, principalmente de arquitetura, que podem gerar problemas de durabilidade nas estruturas.

5.2.3.4 Aspectos gerenciais e financeiros

O entrevistado C informou que não há um levantamento da média estimada de custos de recuperação de estruturas. Porém, informou que como é realizada licitação para contratação da empresa que irá executar a recuperação da estrutura, e a recuperação é realizada baseada nos projetos de recuperação, o valor individual para cada estrutura existe.

O entrevistado C foi informado que não há um conhecimento da idade das estruturas, na inspeção ou recuperação das mesmas, portanto não há um levantamento da idade média das estruturas recuperadas. Apenas é conhecida a idade das estruturas para as mais novas, com necessidade de manutenção corretiva, porém que não foi causada por corrosão ou problema de vida útil, e sim por falhas de projeto ou de execução.

Não há um conhecimento de quantos m, m² ou m³ realiza-se de recuperação, porém o entrevistado C informou que é um valor pequeno, onde passam-se anos sem realizar uma recuperação, porém não que não seja necessário, o que acontece é que esse tipo de decisão no poder público são muito demoradas, somente quando não há outra escolha é que é liberado para realizar os reparos. Muitas vezes o que poderia ser uma pequena manutenção corretiva vira uma recuperação de vulto devido à demora da ação ou tomada de decisão.

Quando questionado sobre critérios levados em consideração na tomada de decisão para intervenção, o entrevistado C preferiu não responder. Porém, ficou notório que essa atitude se deve ao já mencionado quanto à demora na tomada de decisão do poder público para solução dos problemas já inspecionados, e diagnosticados nas estruturas. Muitas vezes, nos relatórios elaborados de estruturas que apresentam problemas pequenos, onde uma manutenção corretiva pontual seria muito mais barata que deixar o problema se agravar, gerando assim uma recuperação futura, maior e mais custosa, muitas vezes é negligenciado pelos dirigentes da instituição.

Segundo o entrevistado C, há outros casos ainda de existirem estruturas com diagnóstico indicando a necessidade de reparo, a mesma com muitos sinais de deterioração, e haver demora de 2 anos para a ação concreta.

Segundo o entrevistado C, não há um orçamento da instituição voltado para manutenção ou inspeção de estruturas.

Muitas vezes a etapa de reparos ou recuperação de uma estrutura não é acompanhada pelo entrevistado, que é quem realizou o diagnóstico da mesma, ficando a cargo de outros fiscais da instituição, guiados nos procedimentos e projetos de reparo ou recuperação.

5.2.4 Estudo de caso na instituição D, setor D.1

5.2.4.1 Perfil do entrevistado D.1

Engenheiro Civil, Diretor de Edificações há 2 anos. Trabalha há 18 anos na instituição. Já trabalhou no setor de projetos da instituição, porém sua maior atuação foi em execução de obras.

5.2.4.2 Caracterização da instituição, setor D.1

Entrevista realizada em Outubro de 2005. Instituição dedicada à administração estadual, onde o setor D.1 trata das edificações sob a administração da Instituição D. Possui aproximadamente 280 funcionários, sendo 100 no setor de Edificações (D.1). O setor de Edificações possui de 35 a 40 engenheiros nas variadas áreas, como projeto, instalações, execução.

A instituição possui hoje mais de 100 obras em andamento no Estado. Possui aproximadamente 3500 prédios, sendo 55 a 60% escolas, e o restante envolve edificações de outras Secretarias.

O setor de Edificações trabalha da seguinte forma: possui clientes, que são as diversas secretarias e escolas que solicitam os serviços. Possui engenheiros e arquitetos para elaborar projetos arquitetônicos, estruturais, instalações, etc., porém alguma coisa pode ser contratada. Os projetos são elaborados internamente até a capacidade da equipe, e o que a equipe não suportar, ou projetos grandes são contratados.

Pretensão do Setor D.1 da Instituição D, segundo a percepção do entrevistado D.1: terceirizar todos os serviços, para que os engenheiros e arquitetos da área de projetos da instituição sejam gestores de contratos de projetos.

Já as equipes para execução das obras do setor D.1 da instituição D são contratadas, por licitação, e acompanhadas por fiscais da instituição. As equipes de recuperação e ampliação também são contratadas.

5.2.4.3 Aspectos técnicos

O entrevistado D.1 não descreveu manutenção preventiva, corretiva, e vida útil de estruturas. Não soube dizer o que é vida residual de estruturas.

O entrevistado D.1 retrata o diagnóstico de estruturas como sendo “[...] fazer uma avaliação porque essa estrutura chegou a essa situação [...]”.

O entrevistado D.1 discute na instituição a criação de mais uma gerência além das de projetos e execução de obras, que já existem. Essa outra gerência seria de planejamento e manutenção, que catalogaria todos os prédios públicos, fotografar, ter projeto de tudo, identificar o tipo de estrutura, data da construção, um verdadeiro banco de dados das estruturas.

Hoje, o que acontece no setor D.1 da Instituição D, segundo o entrevistado D.1, são contratos chamados de S.O.S., com empresas responsáveis para realizar manutenções nos prédios públicos, dentre elas, a manutenção estrutural.

O entrevistado D.1 retrata que a manutenção estrutural realizada hoje é uma “[..] manutenção, digamos assim, de questões visuais [...] você vai nessa escola e faz uma recuperação de recobrimento [...]”.

Segundo o entrevistado D.1 não há uma inspeção periódica nas estruturas, nem mesmo uma manutenção preventiva.

Os serviços nas estruturas são realizados na medida da solicitação, devido não ter equipe específica para isso. Muitas vezes, ainda, quando se vai realizar uma reforma em um determinado prédio é que se verifica que o mesmo está com muitas trincas,

por exemplo, aí então, os engenheiros de estruturas vão ao local, fazem uma inspeção, relatam qual o problema e dizem qual a recuperação.

Na maioria das vezes, as pessoas que utilizam a edificação é que detectam o problema e solicitam a visita da instituição do responsável da instituição D, setor D.1.

Não existe nenhum documento ou manual com instruções para a realização de inspeções ou manutenções. Segundo o entrevistado D.1, a forma de execução da recuperação é mostrada pelo engenheiro que foi ao local e inspecionou e fica sendo um trabalho técnico e individual dele. A técnica a ser utilizada, logicamente que é discutida entre colegas, mas a opção final é do engenheiro que vistoriou a obra.

Para a avaliação de uma estrutura, quando solicitado, vai um engenheiro ao local, que normalmente é um calculista, inspeciona visualmente, pode até tirar fotografias, para discutir soluções com colegas, filmar o problema ou até levar o colega ao local para discussão.

Na medida da necessidade, determinada pelo engenheiro que vistoriou a obra, podem ser realizados ensaios, porém não é corriqueiro. Esses ensaios são basicamente ensaios de resistência do concreto, não havendo ensaios de durabilidade como profundidade de cloretos ou carbonatação.

Após análise dos problemas encontrados na estrutura, o engenheiro elabora projetos de recuperação, e procedimentos de execução, que passam a fazer parte da contratação da empresa que irá executar os reparos.

Após a criação do projeto de recuperação da estrutura, o mesmo é orçado, e se verificado que o valor é muito alto, pode gerar discussões maiores, com grupos de engenheiros, e até chegar à conclusão de demolir a estrutura.

Não há a realização de treinamentos específicos aos envolvidos. O entrevistado D.1 retrata que a experiência de cada engenheiro é o que aparece. Porém descreve que com a nova administração da instituição, tem tido bastante abertura para os funcionários realizarem cursos.

Não há um banco de dados ou inventário das estruturas, há apenas uma mapoteca, com tudo o que foi realizado. Há um setor de desenho dentro da gerência de projetos, onde são arquivados projetos de construção e recuperação.

5.2.4.4 Aspectos gerenciais e financeiros

Segundo o entrevistado D.1, a instituição D, setor D.1 não possui uma média do custo de recuperação de estruturas, mas deixou claro que se gasta muito pouco, porém relatou que há muitas reformas. Para o custo de reparos ou recuperações nas estruturas, relatou que são índices normais¹.

Para cada tipo de serviço de recuperação de estrutura, há no sistema de orçamento um valor atribuído a ele, devido já terem sido realizados. Há valores por m³ ou por m.

O entrevistado D.1 relatou ainda, o que ocorre muito de manutenção são manutenções em instalações, telhado, esquadrias, pintura.

Não há um levantamento da idade média das estruturas recuperadas, varia bastante.

Não há uma média de quantas estruturas são recuperadas anualmente, porém o entrevistado D.1 relatou que são bem poucas. Já em reparos estruturais, seria uma média de 10 a 12 edificações por ano.

Usualmente, não se realiza o levantamento de m, m² ou m³ recuperados, por obra, ou por ano, porém o entrevistado D.1 informou que esse dado pode ser conseguido facilmente.

Não há uma estimativa da vida útil média das estruturas.

O entrevistado D.1 explicita que a instituição é mais voltada a execução, devido à política existente nas instituições públicas. Se for exigido que uma nova obra seja executada, devido ao apoio político do governador ao prefeito de uma dada cidade, coisas desse tipo.

O entrevistado D.1 retrata que se fosse possível ter uma estrutura eficiente de manutenção, com todas as estruturas catalogadas, com o histórico, com a situação atual, com previsões de manutenções, as estruturas poderiam durar muito mais.

Também o entrevistado D.1 retrata, que hoje com a estrutura que possui a instituição não há como saber as condições das edificações, pois não há um banco de dados das mesmas.

Os critérios levados em consideração na tomada de decisão de intervenção de uma estrutura, segundo o entrevistado D.1 são custo, viabilidade de construção de uma nova obra, critérios políticos, aspectos visuais e valor histórico da edificação.

Não há um orçamento destinado à inspeção e manutenção de estruturas. No orçamento das secretarias é que pode ser previsto orçamento para reforma, e nesse orçamento de reforma entra a recuperação da estrutura. O ideal, segundo a percepção do entrevistado, seria haver um orçamento para a suposta secretaria de planejamento e manutenção que deveria ser criada.

Os critérios de cobrança de garantias de vida posterior à recuperação da estrutura da empresa contratada para executar os serviços são os seguintes: o projeto de recuperação e a definição do que vai ser executado são da instituição, e os serviços são fiscalizados pela instituição, logo a responsabilidade é voltada à instituição².

O entrevistado D.1 relata que a questão financeira em um país onde a divisão de renda é tão pequena, em que poucos têm muito e muitos têm tão pouco, o valor gasto em obras inacabadas poderiam resolver, através de manutenções, os problemas dos prédios existentes, alguns até abandonados.

Segundo o entrevistado D.1, se gasta em média hoje R\$450,00 a R\$600,00/m² em reformas de prédios públicos, um valor alto, onde a cada 2 prédios reformados

¹ Pode-se destacar neste ponto que, uma vez que não há dados levantados sobre os custos de manutenção de estruturas na instituição D, setor D.1 não há como afirmar que seus índices são normais, devido não haver padrão de referência para tal.

² Nota-se aí que a responsabilidade e garantia de vida da estrutura voltar para a instituição não se caracteriza como uma boa adoção. Verifica-se que seria melhor a instituição cobrar dos contratados estas garantias, de preferência em contrato.

poderia-se construir outro. Verifica-se que se houvesse um planejamento adequado de manutenções, isso não aconteceria.

Fazendo-se uma conta com o valor gasto em obras na instituição nesse ano, segundo o entrevistado D.1, que foram R\$100 milhões, dividindo-se esse valor pelas 3500 obras da instituição, obteríamos um valor de R\$28.000,00 por prédio, ou seja, seriam aproximadamente R\$30.000,00, que se aplicados sistematicamente em manutenção reduziria bastante o custo com reparos e recuperação, sendo fundamental para a economia.

5.2.5 Estudo de caso na instituição D, setor D.2

5.2.5.1 Perfil do entrevistado D.2

Engenheiro Civil, formado em 1977, Diretor Geral da instituição. Trabalha na instituição, no quadro permanente desde 1981. É diretor geral da instituição desde abril de 2004.

Na instituição trabalhou no interior, como chefe de residência, chefe regional, chefe de diretoria de conservação e manutenção, chefe de divisão de construção e pavimentação, diretor de infra-estrutura e agora diretor geral. Passou por todos os setores da instituição, do mais simples até a diretoria geral.

5.2.5.2 Caracterização da instituição, setor D.2

Entrevista realizada em Outubro de 2005. Instituição dedicada à administração estadual, onde o setor D.2 trata das infra-estruturas sob a administração da Instituição D. Possui aproximadamente 280 funcionários, sendo 140 no setor de infra-estrutura (D.2). O setor de infra-estrutura possui de 36 engenheiros e alguns técnicos.

É responsável pela manutenção de rodovias e aproximadamente de 800 a 1200 pontes e viadutos.

Durante algum tempo a instituição desenvolvia seus projetos, porém hoje há uma equipe na instituição que entende de projeto, conhece, e os projetos são licitados,

contratados de empresas construtoras ou projetistas, e uma equipe da instituição acompanha o desenvolvimento dos mesmos, realizando análise crítica dos mesmos.

As obras para execução dos projetos são contratadas, através de licitações. Os serviços de conservação, que são serviços pequenos, simples de serem executados, são executados por equipe da instituição. Quando há algum problema eventual, que pode ser até de emergência, é contratada empresa, em caráter seletivo, por licitação ou emergencial, para reforço ou recuperação.

5.2.5.3 Aspectos técnicos

O entrevistado D.2 descreve 3 tipos de manutenção: a rotineira, a preventiva e a corretiva. Rotineira, aquela que é feita periodicamente, como limpeza. A preventiva, algumas ações para corrigir de forma preventiva, ações do desgaste natural, mesmo com uso correto, intemperismo, vandalismo, para que a peça não se deteriore e cause um dano na estrutura. Muitas vezes com custo bem baixo se realiza uma boa manutenção preventiva.

Por diagnóstico de estruturas, o entrevistado D.2 entende como:

[...] fazer uma inspeção visual e ensaios, destrutivos e não destrutivos, realizando um exame patológico do concreto e com isso se chega a um diagnóstico, determinando se aquela estrutura foi executada de acordo com projeto, se o seu uso está conforme previsto, e então se diagnostica se a estrutura está atendendo as condições do termo de referência de elaboração da obra [...].

O entrevistado D.2 relata ainda que o diagnóstico é realizado para auxiliar na conclusão sobre o comportamento da estrutura. É quando se verifica no exame visual que a mesma apresenta algum problema e com auxílio de ensaios destrutivos ou não (ensaios físicos, visuais, controles geométricos, monitoramentos), chegar a uma conclusão. O diagnóstico ainda é uma ferramenta para a escolha correta da intervenção e realização da manutenção.

O entrevistado D.2 estabelece que a vida útil da estrutura é sempre uma previsão, e um dado importante para o projeto e cálculo, sendo muito importante a execução da obra e os materiais empregados.

Também o entrevistado D.2 descreve vida residual como aquela após a vida útil, porém sem apresentar problemas.

A essência de uma estrutura, segundo o entrevistado D.2, significa ter um projeto, materiais empregados, execução e uso. Para que a mesma funcione em plenitude necessita ter um bom projeto, os materiais empregados devem ser de boa qualidade, a execução deve ser bem realizada e o uso deve ser conforme o projetado. Desta forma sua vida útil será aumentada, bem como sua vida residual.

O entrevistado D.2 relata que possuem estruturas próximas ao ambiente marinho, que é bastante agressivo, onde já houve a necessidade de grandes intervenções, porém realizadas muito aquém do necessário.

Há no setor D.2 da instituição D, um contrato de manutenção/conservação da malha rodoviária, inclusive das obras de arte, onde são realizadas inspeções rotineiras, porém não há um monitoramento especial nas obras de arte.

Existe uma determinação de um Órgão, ao qual a instituição é vinculada, para que as obras de arte possuam sua capacidade em peso bruto total estabelecidos. Para atender à determinação, a instituição está desenvolvendo um termo de referência, para contratação de uma empresa que faça todo o diagnóstico das estruturas da instituição, e ainda estará nos próximos meses aplicando um concurso para seleção de pessoal para aumentar o quadro de pessoal da instituição, estabelecendo assim uma nova fase da instituição.

Existiu, porém na instituição no setor D.2, um contrato no início do ano de 2005, para a equipe percorrer todas as pontes sob a administração da instituição, realizando um levantamento de suas características, bem como dos problemas observados, tirando-se fotografias e realizando um diagnóstico através da inspeção visual. No entanto, chegou-se à conclusão que esse trabalho não estava sendo realizado de forma adequada, tornando-se um paliativo da verdadeira intenção da instituição, e foi abortado.

Nas inspeções rotineiras, caso sejam detectados problemas menores, realiza-se pequenas manutenções, dentro do orçamento do contrato de conserva, e supervisionado pelo fiscal da instituição. Fica a cargo do contrato de conserva realizar ensaios, caso necessários. Se verificado que é um problema maior, o responsável aciona a direção da instituição.

Não há um período pré-determinado para as inspeções rotineiras, porém a cada ano a instituição faz um diagnóstico, um levantamento de como estão as estruturas. O que acontece é que a instituição possui sua área de atuação dividida em 13 contratos de conservação/manutenção, e para cada contrato possui 1 engenheiro fiscal. O fiscal percorre semanalmente a malha rodoviária sob a administração da instituição, e por ter um bom conhecimento do assunto, e dos pontos críticos, das épocas críticas, determina que no período chuvoso, por exemplo, sejam limpos todos os bueiros, todas as valetas de proteção, caracterizando como uma manutenção preventiva. O entrevistado D.2 caracteriza ainda, que não há um diagnóstico grande.

Caso seja detectado na inspeção rotineira um problema maior, fora do orçamento do contrato de conserva, a alta direção da instituição é informada, que toma as devidas ações. Geralmente, há a consulta a empresas, que dão apoio à instituição, através de um contrato de consultoria, gerando menores custos à instituição, uma vez que não necessita ter esses profissionais constantemente na instituição.

Os ensaios de durabilidade como cloretos, carbonatação, potencial de corrosão, resistividade elétrica podem ser realizados caso detectado um problema maior na estrutura.

Segundo o entrevistado D.2, basicamente o que se realiza nas estruturas são inspeções visuais, porém quando se verifica um determinado nível de problema, auxiliados até por algum ensaio, que a estrutura já apresenta sinais de desgaste excessivo, deformação, deslocamento, deterioração, então há um controle no tráfego, e a instituição passa a agir, esta ação significa realizar um diagnóstico melhor, das causas dos problemas encontrados, com a realização dos ensaios de durabilidade e avaliação da estrutura. A partir daí, é elaborado projeto de recuperação, caso possível recuperar a estrutura, com a indicação dos procedimentos para sua execução. Ou ainda pode haver o caso da demolição da estrutura ser a melhor escolha.

Quando há a necessidade de todo esse trabalho de diagnóstico e avaliação estrutural da estrutura, é realizado posteriormente o arquivamento desses dados.

Não há um setor responsável na instituição para somente realizar inspeções e manutenções nas estruturas. O que existe são as pessoas que trabalharam na construção, que conhecem as estruturas, que fazem esse tipo de serviço. Mas, o entrevistado D.2 relata ainda, que a tendência é que em pouco tempo seja criado um setor específico para esses tipos de serviço, e ainda que as outras instituições públicas também terão que criar seus próprios setores.

A instituição D.2 utiliza como embasamento para realização de inspeções de obras de arte um manual do antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), também encontrado no Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR).

O entrevistado D.2 acredita que a instituição desempenhou bem o seu papel, quando construiu as rodovias sob sua administração, sendo necessário agora realizar uma boa operação dessa via.

Não existe um banco de dados ou inventário das estruturas, porém a instituição, setor D.2 está tentando criar um, buscando recuperar dados das obras. Outro dado que contribuirá para a criação do banco de dados são os diagnósticos das estruturas, conforme já comentado, o qual a empresa para realizá-lo está para ser contratada. Como hoje tudo é informatizado, todos os arquivos das obras novas são armazenados.

Não há treinamentos constantes com as equipes responsáveis pela inspeção e manutenção das estruturas, porém alguns engenheiros da instituição realizaram cursos ministrados pelo antigo DNER sobre conservação de rodovias, baseados no manual do DNER. O treinamento tratava dos custos para remuneração de serviços de inspeção e manutenção em estruturas, contratação desses serviços, com prática sobre o assunto. O entrevistado relata ainda que as pessoas que executam os serviços vão aprendendo com a prática.

Haverá, dentro em breve, uma capacitação dos profissionais da instituição, dentro de um contrato firmado para isso.

5.2.5.4 Aspectos gerenciais e financeiros

Não há um levantamento da média de custos de recuperação de estruturas. O entrevistado D.2 relata ainda, que nos últimos 3 governos houve uma total ausência

de investimentos na área, e portanto, com os poucos recursos disponibilizados, desde financeiros até humanos, os casos emergenciais das rodovias estão sendo tratados, portanto ainda não há condições de estruturar a instituição com um banco de dados das estruturas.

Quanto à estimativa da idade média das estruturas recuperadas, o entrevistado D.2 descreve que é relativo, em determinada região, devido ao tráfego de carretas de transporte de granito, a idade para reforço tem sido muito mais cedo que as demais estruturas.

Quanto à média de estruturas recuperadas, o entrevistado D.2 descreve que a instituição está fazendo muita recuperação, no sentido de onde havia pontes de até 15m com tabuleiro em madeira, estão sendo substituídas por concreto, com uma média de 15 a 20 substituições anuais, já recuperação nas pontes de concreto, em média realizam-se 2 a 3 por ano.

Quanto a estimativa de m, m² ou m³ de recuperação nas estruturas, o entrevistado D.2 descreve que esse levantamento é feito por unidade de ponte. Avaliando que o comprimento médio das pontes é de 15m, num total de 1200 pontes, teríamos algo em torno de 18Km de pontes; pode-se dizer que são realizadas em média 80 a 100m de recuperação anuais, porém construção de novas pontes ou substituição de madeira por concreto seria 3 vezes esse valor (dos 80 a 100m).

O entrevistado D.2 destaca que a filosofia no poder público é sempre fazer o valor mais barato possível, porém que um bom projeto, muitas vezes pode ter um custo inicial maior, e uma economia ao longo do tempo com custos em manutenção. Com relação a esses conceitos, explicita que a instituição tem procurado executar projetos mais bem elaborados, pensando na economia futura, o que muitas vezes tem que ser muito bem explicado aos fiscais das prestações de contas, porque não foi executada a solução mais barata.

O entrevistado D.2 relata que os critérios levados em consideração na tomada de decisão quanto à intervenção de uma estrutura são, em primeiro lugar o contexto da rodovia ao qual a estrutura está inserida, seguidos do seu estado de conservação e a garantia de manter uma vida em serviço igual ao que já foi utilizada, atendendo ao tráfego utilizado.

O entrevistado D.2 descreve que a inércia³ de uma estrutura é muito grande, uma vez que não há como aumentar sua capacidade de carga após a construção, porém os veículos que nela trafegam têm uma indústria muito dinâmica, com grande tecnologia, que aumenta sua capacidade de carga a cada dia. Esse ponto pode gerar problemas para a administração dessas estruturas, que estão se deteriorando muito mais rapidamente, pois não há uma resposta na mesma velocidade. O entrevistado D.2 relata ainda, que já existem estruturas detectadas com problemas, que a qualquer momento podem gerar surpresas desagradáveis.

Segundo o entrevistado D.2, a administração atual da instituição, ao assumir, encontrou 85% das rodovias sob sua administração em estado de mau a péssimo, porém já conseguiu reverter o quadro para 50% de bom.

O entrevistado D.2 retrata que até agora os engenheiros da instituição têm sido engenheiros “bombeiros”, onde quando aparece um “incêndio” eles têm que apagar. Não há uma programação de ações, ou um planejamento a longo prazo sobre as questões de inspeção e manutenção de estruturas, porém a instituição hoje está atravessando uma nova fase, uma fase boa em termo de investimentos, mas o ano de 2006 é um ano político e infelizmente a instituição sofre com isso, sendo levada a atender “necessidades políticas”, podendo até acontecer da diretoria da instituição ser trocada.

5.2.6 Estudo de caso na instituição E

5.2.6.1 Perfil do entrevistado E

Engenheiro Civil, Coordenador Geral da instituição. Trabalha na instituição há 3 anos.

³ Presume-se que o entrevistado D.2 quis dizer com a palavra inércia, que não se pode alterar facilmente uma estrutura depois de construída.

5.2.6.2 Caracterização da instituição E

Entrevista realizada em Novembro de 2005. Instituição dedicada à administração federal. Possui aproximadamente 40 funcionários diretos da instituição, distribuídos na sede e nas 3 unidades locais, distribuídas em pontos do Estado.

A estrutura organizacional é composta pela Coordenação geral, na sede, serviços de engenharia, área de projetos e meio ambiente, área de planejamento e controle, área administrativa, setor de cadastros e licitações, setor de operações rodoviárias.

A instituição E possui sob sua administração rodovias e obras de arte no percurso das rodovias, inclusive as áreas dentro da faixa de domínio da rodovia. Aproximadamente 60 obras, sendo obras de arte especial são 28.

Todo serviço, não somente de execução de obras, mas também de projeto é terceirizado, através de processos licitatórios. O coordenador geral é o principal responsável pela fiscalização e coordenação dos projetos e obras, e delega as atividades às unidades locais, em que normalmente os responsáveis são engenheiros, com o cargo de Supervisor da Unidade Local, ou Supervisor de Engenharia ou Supervisor Administrativo.

5.2.6.3 Aspectos técnicos

O entrevistado E descreve manutenção preventiva de estruturas de concreto como a forma de “[...] evitar que o concreto sofra qualquer tipo de danos, a partir da corrosão, do recalque diferencial [...]”, manutenção corretiva como “[...] quando você já tem o problema [...] quando você pega o guarda-corpo de uma ponte com ferragem exposta [...] estar tirando o que deteriorou e recuperando [...]”.

Descreve diagnóstico de estruturas como “[...] fazer um levantamento da estrutura e dos problemas que tem nela, ou para uma manutenção preventiva ou corretiva”.

Para o entrevistado E, vida útil de estrutura “[...] é o tempo que ela é dimensionada para se manter estável [...]” e vida residual de estrutura é “[...] quando ela atravessa a vida útil e ainda tem alguma sobrevida pela frente”.

A instituição E realiza inspeções e manutenção preventiva nas estruturas, como limpeza, retirada de material solto, limpeza de junta de dilatação, mensalmente, ou se algum fato chama atenção, pode ser realizada uma manutenção corretiva.

Os trabalhos de inspeção e manutenção preventiva são realizados por empresa contratada dentro de um contrato de conservação e supervisionadas pelos fiscais das unidades locais. Caso seja detectado um problema maior a instituição é informada que avalia o mesmo.

Há 3 anos é realizado levantamento da situação de todas as pontes e viadutos, anualmente, juntamente com equipe da administração superior da instituição, ou emergencialmente se houver necessidade, e esses dados ficam armazenados em CD-ROM para consulta.

A unidade local também tem a responsabilidade de realizar a supervisão dos trabalhos de inspeção e manutenção preventiva da empresa contratada, porém não tem um setor específico para isso.

Nas inspeções, quando detectados problemas são tiradas fotografias dos mesmos, inclusive em nível de detalhes, pela própria unidade local.

A sede é dotada de um laboratório, utilizado caso as unidades locais detectem a necessidade de realizar algum ensaio como a retirada de corpos de prova, por exemplo.

Caso a unidade local detecte algum problema que está fora do escopo do contrato de manutenção, a equipe de laboratório da sede é acionada que vai ao local para realizar uma inspeção visual na estrutura e alguns ensaios caso julgados necessários.

Se a equipe de laboratório verificar que não tem condições de dar um diagnóstico preciso da situação da estrutura, necessitando de mais ensaios, por exemplo, a instituição solicita que a equipe do laboratório do IPR realize o diagnóstico. Caso a equipe do IPR não conseguir uma resposta, então é contratada equipe terceirizada para avaliar o problema.

Se houver a necessidade de contratação de empresa terceirizada para realizar o diagnóstico da estrutura, a mesma fornece um relatório, uma vez que é aberto um processo administrativo, ficando o relatório arquivado.

Existe registro eletrônico da situação das pontes sob a administração da instituição, com o histórico de todas elas. Porém não estão arquivados nesse registro os projetos, somente a avaliação do estado atual da ponte.

São aplicados cursos periódicos aos profissionais da instituição no IPR. E ainda, a instituição segue todos os documentos emitidos pelo IPR, inclusive documentos descrevendo os processos de inspeção e manutenção, e normas. E segue esses documentos para a realização dos ensaios nas estruturas.

5.2.6.4 Aspectos gerenciais e financeiros

O entrevistado E relata que a instituição tem sido muito penalizada pela falta de recursos, uma vez que qualquer reparo ou recuperação depende de recursos. E ainda, há um levantamento dos problemas, diagnóstico das estruturas, uma previsão da necessidade dos recursos e até a ordem de estruturas prioritárias.

Tendo os recursos, há um levantamento, quantificação das necessidades de serviços, elabora-se o projeto, contrata-se o projeto, detalha-se, faz-se uma planilha, específica e contrata-se os serviços.

Não há uma estimativa dos custos de recuperação de estruturas. O entrevistado E relata que na verdade, a instituição não tem realizado recuperação nas estruturas, devido não serem liberados recursos para recuperação, e ainda que a idade de projeto das estruturas em média é de 40 anos, e que quase todas as estruturas sob a administração da instituição estão nessa faixa de idade, e bastante deterioradas, portanto no momento de serem recuperadas.

Segundo o entrevistado E não há uma média de estruturas recuperadas, devido não ter sido liberada verba para isso, e nem terem sido realizadas grandes recuperações, no entanto relata que quase todas as obras precisam ser recuperadas. Após começarem a realizar as recuperações das quais estão aguardando recursos, será montado um histórico da quantidade média de estruturas recuperadas.

Como comentado anteriormente, o entrevistado E relata que há 3 anos é realizado levantamento da situação de todas as pontes e viadutos, anualmente, juntamente com equipe da administração superior da instituição, ou emergencialmente se houver necessidade, e esses dados ficam armazenados em CD-ROM para consulta.

O entrevistado E relata que há no país muitos problemas em pontes e viadutos irrecuperáveis, que a qualquer momento podem vir a cair ou ruir.

O entrevistado E retrata que há falta de profissional capacitado na área, uma vez que há muitos anos a instituição não contratava, e as escolas não tiveram mais interesse na área. Logo, há muitos profissionais que não são da área rodoviária trabalhando na área. Relata ainda que há a necessidade de se investir em infraestrutura de transportes.

5.2.7 Análise da sistemática adotada nas instituições pesquisadas

Para facilitar a compreensão dos resultados obtidos, na Tabela 5.1 procura-se sintetizar o diagnóstico realizado do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto no Estado do Espírito Santo. Para a elaboração da Tabela 5.1 foram levantados os aspectos relevantes do ponto de vista do diagnóstico e da gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto.

Tabela 5.1. Tabela comparativa das instituições. (cont.)

Aspectos relevantes	Instituições					
	A	B	C	D		E
				D.1	D.2	
ASPECTOS TÉCNICOS						
Realiza manutenção preventiva nas estruturas?	N	N	N	N	S	S
Realiza manutenção corretiva nas estruturas?	S	S	S	S	S	S
Há um setor responsável somente para as questões de inspeção e manutenção de estruturas?	N	N	S ¹	N	N	N ²
Os ocupantes da estrutura realizam manutenção preventiva como limpeza de telhados, de caixas de esgoto?	S	S ¹	NM	NM	NM	NM
Realiza manutenção preventiva nas redes de drenagem periodicamente?	S	NM	NM	NM	NM	NM
Realiza inspeções periódicas nas estruturas, com equipe responsável para tal, para levantamento dos problemas?	N	S	N	N	S	S ¹

Legenda: (S) Sim (N) Não (NM) Não mencionado

Tabela 5.1. Tabela comparativa das instituições. (cont.)

Aspectos relevantes	Instituições					
	A	B	C	D		E
				D.1	D.2	
ASPECTOS TÉCNICOS						
São tiradas fotografias em todas as inspeções realizadas?	N	N	N	N	N	N
São tiradas fotografias dos problemas mais relevantes detectados?	S	S	S	S	NM	S
Há critérios para armazenamento das fotografias tiradas?	N	N	N ¹	NM	NM	NM
	1 – As fotografias assim como laudos são armazenados pelo entrevistado.					
Elabora relatórios/laudos de todas as inspeções realizadas nas estruturas?	N	S	S	NM	NM	NM
Elabora relatórios/laudos das inspeções nas estruturas somente em alguns casos mais relevantes?	S	NM	NM	NM	NM	NM
	N	N	N ¹	N	NM	NM ²
Há critérios para o arquivamento dos relatórios/laudos elaborados?	1 – Os laudos são arquivados em uma pasta pelo próprio entrevistado, e ficam em seu poder. 2 – Porém há um levantamento da situação atual de todas as estruturas.					
Realiza ensaios nas inspeções iniciais da estrutura?	N	N	N	N	N	N
	N	S	N ¹	N	N ²	S
Realiza ensaios para a caracterização do diagnóstico da estrutura?	1 – Para a realização de um primeiro diagnóstico utiliza apenas a inspeção visual. 2 – Caracterizou porém que se houver necessidade pode realizar algum tipo de ensaio, como resistência.					
	N	NM	S ¹	N	S ²	S
Realiza ensaios de durabilidade, como carbonatação, teor de cloretos, resistividade, potencial de corrosão, dentre outros?	1 – Esses ensaios são realizados apenas caso haja um problema maior, e é contratada uma empresa para efetuar um diagnóstico maior. Essa empresa então realiza esses ensaios. 2 – Se detectado um problema maior, através de uma consultoria.					
Há algum documento, ou manual com instruções para realização das inspeções?	N	N	N	N	S	S
	N	N	N ¹	N	S	S
Há algum documento, ou manual com instruções para a realização das manutenções?	1 – O entrevistado apenas elabora um procedimento para as manutenções corretivas menores, baseado na experiência e literatura sobre o assunto, e quando é uma recuperação maior, há projetos de recuperação com procedimentos, elaborados por empresa contratada.					
	N ¹	N ²	N ³	N	N ⁴	S
São realizados treinamentos aos envolvidos em inspeção e manutenção de estruturas?	1 – Usa prática dos encarregados para realizar os serviços de manutenção corretiva. 2 – O conhecimento dos mais experientes é passado para os menos experientes. 3 – O entrevistado participa de congressos e cursos por conta própria. 4 – Realizou um treinamento inicial voltado para área de custos. Está programado treinamento para capacitação dos funcionários.					

Legenda: (S) Sim (N) Não (NM) Não mencionado

Tabela 5.1. Tabela comparativa das instituições. (cont.)

Aspectos relevantes	Instituições					
	A	B	C	D		E
				D.1	D.2	
ASPECTOS GERENCIAIS E FINANCEIROS						
	N ¹	N ²	N ³	N	N	N ⁴
Há algum histórico, banco de dados ou inventário das estruturas?	<p>1 – Existe apenas uma pasta, para cada obra, em que são armazenadas as informações da mesma, porém sem critérios.</p> <p>2 – Há apenas um arquivo dos projetos, os relatórios não ficam no mesmo arquivo.</p> <p>3 – Há um arquivo de projetos, no setor de projetos, e as fotografias e relatórios das inspeções são armazenadas com o próprio entrevistado.</p> <p>4 – Porém há um levantamento da situação atual de todas as pontes e viadutos.</p>					
Há uma estimativa média do custo de recuperação de estruturas?	N	N	N	N	N	N
	N ¹	N	N	N	N	N ²
Há uma estimativa da idade média das estruturas que foram recuperadas?	<p>1 – A idade é bem variável.</p> <p>2 – Não há registro de muitas recuperações de estruturas.</p>					
	N ¹	NM	N	N	N	N
Há registro da idade das estruturas no seu primeiro reparo?	<p>1 – Normalmente a idade não é conhecida, somente se alguém da equipe de inspeção participou da construção da estrutura.</p>					
	N ¹	N	N ²	N ³	S ⁴	N ⁵
Há uma estimativa média da quantidade de estruturas com manutenção corretiva ou recuperação?	<p>1 – Poucas estruturas apenas necessitaram de recuperação estrutural, em torno de 5.</p> <p>2 – Poucos trabalhos foram realizados devido à dificuldade na liberação de verbas.</p> <p>3 – Uma estimativa boa para reparos em estruturas seria 10 ou 12 por ano.</p> <p>4 – 2 a 3 por ano.</p> <p>5 – Não há registro de muitas recuperações de estruturas.</p>					
	S ¹	N ²	N ³	S	NM	NM
Há grande incidência de manutenção corretiva em geral (não estrutural) nas estruturas?	<p>1 – Principalmente em escolas.</p> <p>2 – Em média apenas 10 por ano, pequenos reparos.</p> <p>3 - Poucos trabalhos foram realizados devido à dificuldade na liberação de verbas.</p>					
	N ¹	N	N ²	N	S ³	NM
Há um levantamento de quantos m, m ² ou m ³ em média são reparados ou recuperados nas estruturas?	<p>1 – Manutenção estrutural é esporádico, há levantamento de manutenção em geral, não estrutural.</p> <p>2 – São poucos as recuperações nas estruturas realizadas.</p> <p>3 – Estimativa realizada pelo entrevistado, oralmente.</p>					
	N ¹	N ²	N ³	N	NM	NM ⁴
Há conhecimento da vida útil média das estruturas?	<p>1 – É muito variável.</p> <p>2 – Não tem esse dado.</p> <p>3 – Não há conhecimento da idade na vistoria.</p> <p>4 – Não houve muitas recuperações de estruturas.</p>					

Legenda: (S) Sim (N) Não (NM) Não mencionado

Tabela 5.1. Tabela comparativa das instituições. (conclusão)

Aspectos relevantes	Instituições					
	A	B	C	D		E
				D.1	D.2	
ASPECTOS GERENCIAIS E FINANCEIROS						
Há conhecimento da vida residual média das estruturas?	NM	N	N ¹	N	NM	NM
	1 – Pouco tempo ainda para avaliar.					
Possui critérios na tomada de decisão para a intervenção a ser realizada nas estruturas?	S	NM	NM	S	S	NM
	N ¹	N ²	N	S	NM	NM
Há critérios para cobrança dos contratados de vida restante após a recuperação de uma estrutura?	1 – Comenta das garantias constantes no Código Civil. 2 – Diz apenas que os contratados devem dar garantias.					
Há um orçamento destinado à inspeção e manutenção de estruturas?	N	N	N	N	NM	NM

Legenda: (S) Sim (N) Não (NM) Não mencionado

É conveniente ressaltar alguns pontos principais apresentados na Tabela 5.1. Para a apresentação desses pontos conforme a seguir (Tabela 5.2), os dois setores, D.1 e D.2 da instituição D, foram considerados como 2 (dois) dados independentes, e portanto considerou-se a amostra total igual a 6 (seis).

Tabela 5.2. % dos pontos principais.

ITEM	SIM	NÃO	NÃO MENCIONOU
ASPECTOS TÉCNICOS			
Realiza manutenção preventiva nas estruturas	33%	67%	-
Possui um setor responsável somente para as questões de inspeção e manutenção de estruturas	17%	83%	-
Realiza ensaios para caracterização do diagnóstico de estruturas	33%	67%	-
Possui algum documento ou manual com instruções para realização das inspeções nas estruturas	33%	67%	-
Possui algum documento ou manual com instruções para realização das manutenções nas estruturas	33%	67%	-
Realiza treinamentos com os envolvidos em inspeção e manutenção de estruturas	17%	83%	-
Possui histórico, banco de dados ou inventário das estruturas	0%	100%	-
ASPECTOS GERENCIAIS E FINANCEIROS			
Possui estimativa média do custo de recuperação de estruturas	0%	100%	-
Possui estimativa média da quantidade de estruturas com manutenção corretiva ou recuperação de estruturas	17%	83%	-
Possui levantamento de quantidade de m, m ² ou m ³ em média reparados ou recuperados nas estruturas	16,5%	67%	16,5%

5.2.7.1 Comentários das definições e conceitos abordados nas entrevistas

Verifica-se nas definições sobre manutenção preventiva e corretiva de estruturas de concreto que algumas vezes são equivocadas, um exemplo é caracterizar a manutenção corretiva como a realizada depois que ruir, quebrar, ou ainda quando

existe alguma anomalia, mesmo que de pequena intensidade; e caracterizar manutenção preventiva como somente a realização de vistorias periódicas nas estruturas.

Quanto à definição de diagnóstico de estruturas de concreto, houve casos de não existir certeza na resposta; e ainda de defini-lo como apenas a caracterização de como está a estrutura, sem maiores detalhes. Apenas uma instituição caracteriza sua importância, que segundo Helene (1993) é de identificar e descrever precisamente o mecanismo, origens e causas responsáveis pelo problema patológico na estrutura.

Nas definições de vida útil de estruturas de concreto, quase todos a caracterizam como o tempo de vida da estrutura sem problemas maiores, com riscos, estando a mesma plena e estável; o que caracteriza que há um bom entendimento sobre a definição do termo.

Quanto à definição de vida residual de estruturas, houve um equívoco quando a define como o tempo depois que chega o limite de segurança até a ruptura; e ainda houve entrevistado que não soube responder, porém a maioria definiu como sendo o período após a vida útil da estrutura, sem maiores problemas, não se distorcendo muito a definição de Andrade (1992), que descreve vida residual de uma estrutura deteriorada por corrosão de armaduras como “[...] período de tempo no qual a estrutura ainda pode cumprir sua função a qual foi calculada sem custos importantes de manutenção”.

5.2.7.2 Considerações dos resultados obtidos

Pôde-se concluir, e até mesmo através da expressão usada por alguns dos entrevistados, que até o momento os engenheiros das instituições têm sido “engenheiros bombeiros”, que em situações onde aparece um “incêndio” eles têm que apagar, não havendo uma programação das ações, ou um planejamento em longo prazo sobre as questões de inspeção e manutenção das estruturas.

Verifica-se que a maioria das instituições não realiza manutenções preventivas periódicas nas estruturas, sendo esse um ponto importante para garantir a vida útil para a qual a estrutura foi projetada.

Outro aspecto relevante evidenciado nas entrevistas é que nenhuma das instituições possui um banco de dados ou inventário das estruturas; o que há muitas vezes é um arquivamento de projetos, e posteriormente, e separadamente um arquivamento dos relatórios das inspeções realizadas, o que dificulta o trabalho de avaliar o histórico da estrutura, e possíveis causas de deterioração, e ainda de haver um conhecimento de dados da estrutura e situação atual. O registro em banco de dados, com as observações da situação das estruturas levariam à análise e aprendizado das questões de manutenção e custos, possibilitando uma melhor tomada de decisão para a gestão das estruturas com vistas à durabilidade.

Outro fator importante a ser discutido é relativo a treinamentos e capacitação de pessoal. Quase todas as instituições não realizam treinamentos com seus funcionários, deixando muitas vezes que o conhecimento seja passado de pessoa para pessoa. Ou ainda, os trabalhos são realizados por pessoal que não tem a capacitação necessária para a realização dos mesmos.

Não há, praticamente em todas as instituições, um setor específico para os trabalhos de inspeção e manutenção de estruturas, aproveitando-se os profissionais envolvidos com outras atividades, e como dito anteriormente, nem sequer treinando-os. É importante nesse ponto, apresentar como proposta de melhoria para a gestão de uso e manutenção de estruturas nas instituições, a criação de uma Gerência de Uso e Manutenção de Estruturas, responsável por gerenciar todo o processo de inspeção e manutenção das estruturas, e principalmente responsável por catalogar todas as edificações da instituição, com relatório fotográfico, dados de projeto como tipo da estrutura, data da construção, e outros dados relevantes para a realização de uma boa gestão. Responsável ainda, por prever e proporcionar capacitação e treinamentos as equipes.

Outro ponto levantado, é que não há, na maioria das instituições, um guia ou manual de referência para inspeção e manutenção de estruturas; onde o que é realizado de inspeção ou manutenção, e muitas vezes, a escolha dos ensaios a serem realizados para o diagnóstico, ou mesmo dos procedimentos para realização dos serviços de reparos e recuperação nas estruturas, fica a critério do profissional que está envolvido naquela estrutura, podendo variar de profissional para profissional, evidenciando que não há uma construção sistemática do conhecimento. Com isso,

outra sugestão é a elaboração e adoção de guias ou manuais de referência para inspeção e manutenção de estruturas, incluindo tipos de ensaios a serem realizados e procedimentos dos mesmos.

Pôde-se verificar ainda, que muitas das instituições faz manutenção corretiva com o auxílio apenas da avaliação visual da estrutura, sem utilização de equipamentos específicos de diagnóstico, podendo não identificar a causa real dos problemas observados, tratando apenas os sintomas, e não eliminando a causa. Apenas algumas instituições realizam o diagnóstico efetivo da estrutura, e muitas vezes, auxiliados por empresas contratadas, uma vez que não possui os equipamentos necessários, nem pessoal capacitado.

Como não há um banco de dados das estruturas nas instituições, o trabalho de levantamento de informações como número médio de estruturas recuperadas, custo médio de recuperação, quantidades de obras recuperadas (em m, m² ou m³), idade média de estruturas que sofreram recuperação, ou vida útil e vida residual médias das estruturas recuperadas, fica dificultado e trabalhoso. Pelo exposto, não há o levantamento desses dados nas instituições e, portanto, a tomada de decisão para previsão de orçamento na área de gestão de manutenção de estruturas fica dificultada. Pode-se verificar que é muito grave a situação das instituições não conhecerem os custos em manutenção, onde muitas vezes, os serviços de manutenção estão incorporados em serviços de reformas.

Ficou bastante explícito nas entrevistas que os entrevistados têm consciência que o quanto antes as medidas de intervenção nas estruturas forem tomadas, menor será o custo para tal, e mais eficiente será o processo. Porém, ficou claro também que esse tipo de decisão (de manutenção de estruturas) é muito demorado no poder público, sendo realizado, muitas vezes, somente quando não há outra escolha, levando o que seria uma manutenção preventiva a uma recuperação de vulto, devido à demora da ação ou da tomada de decisão.

Pôde-se verificar ainda, que dois grandes fatores da dificuldade para a realização de uma boa gestão de uso e manutenção de estruturas públicas são em primeiro lugar, a falta de orçamento destinado aos serviços de inspeção e manutenção de

estruturas; e a falta geral de investimentos em inspeção e manutenção de estruturas, priorizando outros fatores em detrimento desses.

CAPÍTULO 6

PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL PARA GESTÃO DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

6.1 INTRODUÇÃO

A partir do diagnóstico realizado do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto em algumas instituições públicas do Estado do Espírito Santo no capítulo 5, podem-se identificar significativos problemas existentes no mesmo.

A fim de propor um modelo conceitual para gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto de instituições públicas, ao Estado do Espírito Santo, neste capítulo serão apresentados inicialmente conceitos sobre a teoria de sistemas, desenvolvimento e construção sustentável, para a posteriori, desenvolver o modelo conceitual.

6.2 ALGUNS CONCEITOS REFERENTES À TEORIA DE SISTEMAS

Para embasar o entendimento do modelo conceitual, é conveniente apresentar alguns conceitos do pensamento e estudo de sistemas.

Sistema pode ser definido como: “[...] um conjunto de elementos interrelacionados de qualquer tipo [...]” (ACKOFF, 1973, apud CALMON 1987, p. 7).

“Um sistema é mais do que a soma de suas partes, é um todo indivisível. Ele perde suas propriedades essenciais quando é considerado decomposto. Os próprios elementos de um sistema podem ser sistemas, e todo sistema pode ser parte de um grande sistema” (ACKOFF, 1973, apud CALMON 1987, p. 7).

Todos os subsistemas interagem entre si e se influenciam. Segundo Calmon (1987, p. 7),

“é válido salientar que a preocupação com os sistemas trouxe com ela um modo sistêmico de pensar e com ele a era de sistemas, na qual há maior interesse em considerar as coisas ou objetos em conjunto do que em tomá-los em separado”.

Esse modo sistêmico de pensar, quando aplicado aos problemas de sistemas, afirma Ackoff (1973), pode ser chamado de abordagem de sistemas.

Checkland (1983, apud CALMON, 1987) argumenta ainda, que um tipo particular de sistema altamente relevante, é o “sistema de atividades humanas”, definido como a seguir:

“Um sistema imaginário intencional que expressa alguma atividade humana com objetivo, atividade que poderia em princípio ser determinada no mundo real. Tais sistemas são imaginários no sentido de que eles não são descrições das atividades do mundo real, mas são construções intelectuais; são tipos ideais que são usados em debates sobre possíveis mudanças que devem ser introduzidas nas situações problema do mundo real” (CHEKLAND (1983, apud CALMON, 1987, p. 17).

Segundo Calmon (1987), é importante ressaltar que no contexto dos sistemas de atividades humanas, podem-se colocar quaisquer tipos de organizações nas quais se buscam tomar decisões.

Segundo Checkland (1984, apud CALMON, 1987), um conjunto estruturado das atividades ligadas entre si, pode ser tomado como “um sistema”, uma vez que estas atividades podem ser descritas em função propriedades emergentes, como hierarquia, comunicação e controle.

A definição de modelo conceitual, na metodologia de sistemas, compreende as atividades que o sistema deve executar (CALMON, 1987).

Checkland (1972, apud CALMON, 1987) desenvolveu uma metodologia de sistemas, que possui dois tipos de atividades: atividades que envolvem pessoas da situação problema e estabelecem-se no “mundo real” (estádios 1, 2, 5, 6 e 7) e as que estabelecem-se através do pensamento de sistemas, que podem ou não envolver pessoas da situação problema, o que depende das circunstâncias individuais do estudo (estádios 3, 4, 4a e 4b). A Figura 6.1 ilustra melhor os dois tipos de atividades, aquelas desenvolvidas no “mundo real” e aquelas que se desenvolvem através do pensamento de sistemas.

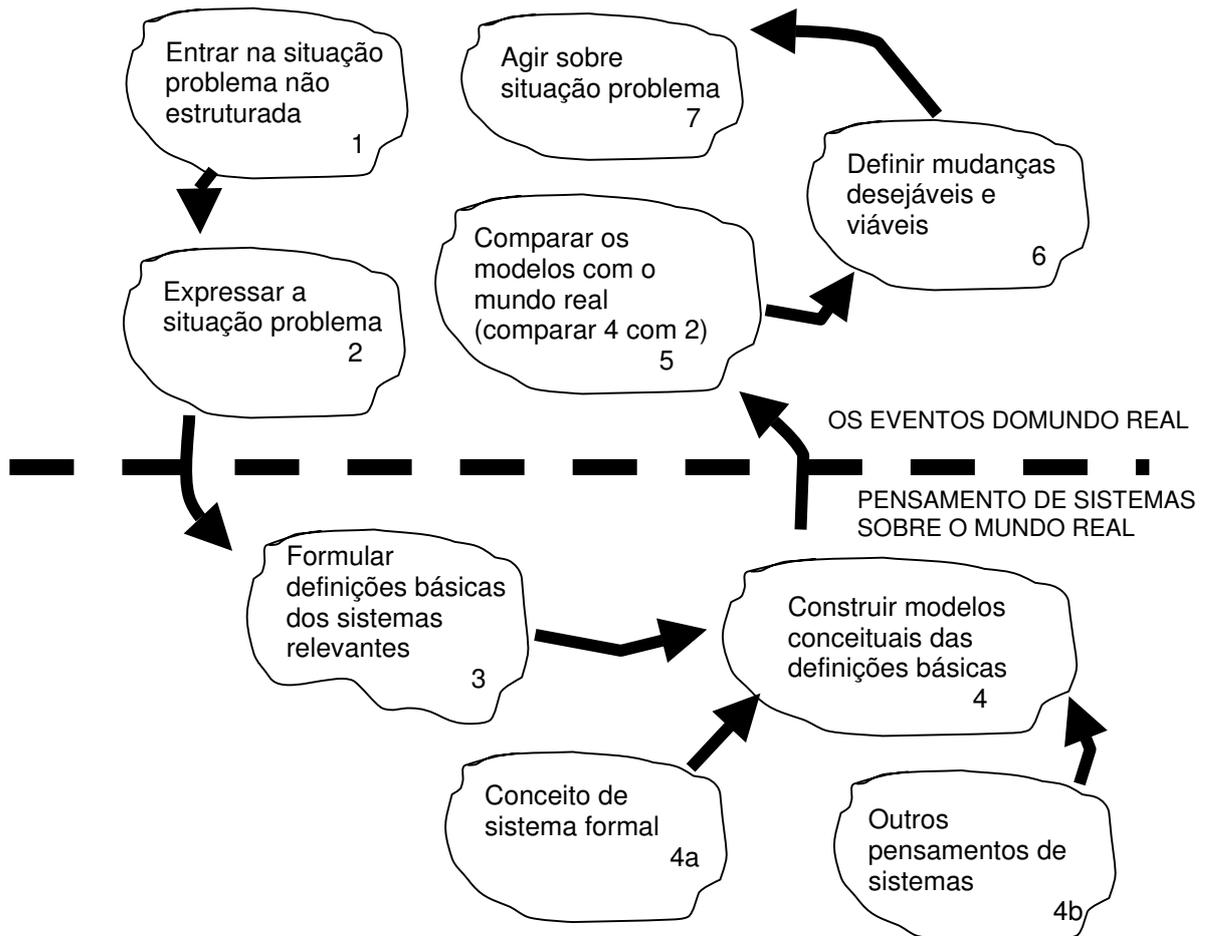


Figura 6.1. Metodologia de Checkland em resumo.
 Fonte: Checkland, 1972, apud Calmon, 1987, p. 41.

É importante enfatizar que a seqüência mostrada na Figura 6.1 deve ser lida de 1 a 7, o que torna mais apropriado descrevê-la, porém esta seqüência não tem que ser seguida obrigatoriamente no uso da metodologia. Em princípio, a aplicação da metodologia pode ser feita em qualquer estágio, inclusive a interação entre os vários estádios e o retrocesso durante a sua aplicação são essenciais, conforme tem mostrado a experiência dos que a tem usado. Deve-se usá-la como um quadro de referência em vez de como uma receita (CALMON, 1987).

Wilson (1984, apud CALMON, 1987) esclarece que na construção dos modelos conceituais, as atividades neles contidos são as mínimas necessárias para um dado nível de resolução, ou grau de detalhe. O nível de detalhe pode ser aumentado redefinindo-se um conjunto de atividades selecionadas ou cada atividade do modelo inicial, como um sistema e através do mecanismo das definições básicas, produzindo-se modelos conceituais num segundo nível de resolução. Desta forma,

os níveis de resolução podem cada vez mais ser aumentados, estabelecendo-se um processo de desenvolvimento hierárquico conforme ilustrado na Figura 6.2.

Calmon (1987, p. 47) ressalta ainda que, “um modelo conceitual é um modelo de um sistema de atividades e, portanto, estas atividades devem ser expressas por verbos [...] e montadas numa seqüência lógica”.

Uma visão mais completa da Teoria de Sistemas se encontra em Calmon (1987).

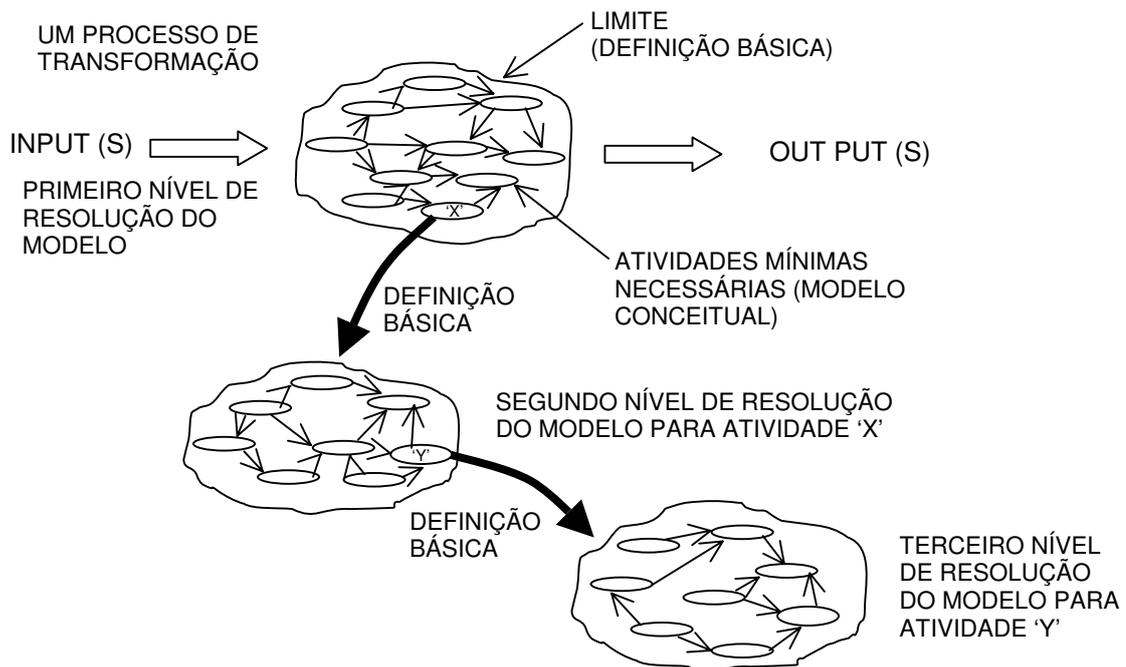


Figura 6.2. Desenvolvimento do modelo hierárquico de sistemas.
Fonte: Wilson, 1984, apud Calmon, 1987, p. 48.

6.3 ALGUNS CONCEITOS REFERENTES AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Segundo a visão de Capra (1999),

“‘sustentável’ não se refere apenas ao tipo de interação humana com o mundo que preserva ou conserva o meio ambiente para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras, ou que visa unicamente à manutenção prolongada de entes ou processos econômicos, sociais, culturais, políticos, institucionais ou físico-territoriais, mas uma função complexa, que combina de uma maneira particular cinco variáveis de estado relacionadas às características acima”.

Capra (1999) salienta ainda que, se podem aprender valiosas lições extraídas do estudo de ecossistemas, que são comunidades sustentáveis de plantas, de animais

e de microorganismos. E ainda, para compreender essas lições, precisa-se entender os princípios de organização das comunidades ecológicas (ecossistemas) e usar esses princípios para criar comunidades humanas sustentáveis.

“Os padrões sustentáveis de produção e de consumo precisam ser cíclicos, imitando os processos cíclicos da natureza”. “A parceria é uma característica essencial das comunidades sustentáveis” (CAPRA, 1999).

A população da Terra hoje consome aproximadamente de 7,8 toneladas de combustíveis fósseis não-renováveis por ano, devasta 180 mil Km² de florestas tropicais e bosques, e torna de 60 a 70 mil Km² de terras agrícolas improdutivas devido à erosão. Os efeitos desse enorme consumo são 22,3 bilhões de toneladas de dióxido de carbono lançados por ano na atmosfera e buracos na camada de ozônio (AGENDA21¹).

A construção civil é o setor que mais consome material. Matos e Wagner (1999, apud JOHN et al., 2001) estimam que nos EUA a construção civil é responsável pelo consumo de 75% do consumo total de materiais. A transformação destes materiais brutos em bens e muitas vezes a necessidade de transportar os materiais por longas distâncias exige uma quantidade adicional de recursos, ocasionando cargas ambientais significativas (JOHN et al., 2001). Recursos adicionais de manutenção, desmobilização e demolição são consumidos após a etapa de construção do ambiente construído. Em função disso, o setor é também responsável pelo consumo de parte significativa de energia, água e pela geração de poluentes (JOHN, AGOPYAN e SJÖSTRÖM, 2001, apud JOHN et al., 2001).

A construção e a demolição são também a maior fonte de resíduos. Estima-se que os resíduos da construção e demolição variam mundialmente de 163 a 3658 kg por capita (JOHN, 2000, apud JOHN et al., 2001).

O novo paradigma da produção é chamado de *ciclo fechado* (Curwell e Cooper, 1998, apud JOHN et al., 2001) ou modelo cíclico de produção (Craven et al., 1996,

¹ Agenda21: plano de ação mundial para promover o desenvolvimento sustentável.

apud JOHN et al., 2001). Neste modelo a utilização de todos os recursos empregados é otimizada e a geração de resíduos reduzida a um mínimo reciclável.

No setor da construção isto implica na produção de edifícios que podem ser mantidos e operados com o mínimo de recursos, facilmente melhorados ou reformados. O edifício é demolido somente quando estas operações não forem mais possíveis e os componentes obtidos da demolição são utilizados novamente em um “novo” edifício ou, se estes já tiverem atingido a sua vida útil, são reciclados (John, 2000, apud JOHN et al., 2001). Os componentes não são mais projetados para serem destinados a aterros ao final de suas vidas úteis.

A durabilidade, expressa pela distribuição de vida útil de um conjunto de componentes, desempenha uma função importante para a obtenção de uma construção sustentável. Ao relatar conceitos de construção sustentável do ponto de vista de diferentes países, levantados pela comissão W82 do CIB, Bordeaux (1999, apud JOHN et al., 2001) observa que em algumas línguas como o alemão, finlandês, romeno ou francês, “sustentável” é traduzido como “durável”.

Esta confusão entre sustentabilidade e durabilidade faz sentido pois “uma forma de aumentar a produtividade dos recursos é aumentar a vida útil dos produtos” (DeSimone e Poppof, 1998, apud JOHN et al., 2001). Por outro lado, aumentando-se a durabilidade reduz-se também a quantidade de resíduos de construção e demolição.

“O desafio de reduzir o impacto dos seres humanos sobre o planeta não é simples. Para muitas pessoas, alcançar o desenvolvimento sustentável significa assegurar acesso a mais recursos, não a menos, e em geral as soluções estão em corrigir estas desigualdades bem como atingir uma redução global do consumo e do desperdício” (AGENDA21).

"Desenvolvimento sustentável significa usarmos nossa ilimitada capacidade de pensar em vez de nossos limitados recursos naturais" (SIPILÄ).

“A humanidade tem a capacidade de tornar o desenvolvimento sustentável - de assegurar que ele atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades” (BRUNTLAND).

A construção sustentável, segundo Araújo ([19--?]):

“é um sistema construtivo que promove intervenções sobre o meio ambiente, adaptando-o para as necessidades de uso, produção e consumo

humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras”

Segundo o IDEHA ([19--?]), construção sustentável é:

“um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de habitação do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras”.

E ainda, a construção sustentável utiliza ecomateriais² e soluções tecnológicas e inteligentes para promover o bom uso e a economia de recursos finitos (água, materiais e energia não-renovável), bem como a redução da poluição e a melhoria da qualidade do ar no ambiente interno, e o conforto de seus moradores e usuários (ARAÚJO, [19--?]).

É importante apresentar o conceito de *lifetime engineering*, que está bastante ligado ao modelo conceitual proposto a seguir, que é um conceito em desenvolvimento na União Européia e instituições de pesquisa, onde as conclusões sobre o mesmo ainda não foram totalmente relatadas. O conceito de *Lifetime engineering* traz uma idéia inovadora, para solução de um dilema: produtos feitos para durarem um longo tempo e um curto tempo para o projeto, gestão e planejamento da manutenção. O conceito de *lifetime engineering* inclui: planejamento de investimentos e tomada de decisões, projeto integrado, gestão integrada e planejamento da manutenção, reutilização e reciclagem. Sua metodologia propõe desenvolver e utilizar parâmetros técnicos para otimizar e garantir o ciclo de vida, os mínimos requisitos humanos (funcionalidade, segurança, saúde, conforto) e economia, considerando aspectos culturais e ecológicos (KEINÄNEN e SARJA, 2002; SARJA, 2005).

Segundo SARJA (2005), as visões de futuro dos conceitos de *lifetime engineering* são: procura de critérios para construção sustentável, em todas as fases do ciclo de vida; e gestão do tempo de vida, que envolve predição, criação e otimização. A predição preconiza avaliar e modelar o uso futuro, a economia, a ecologia e os aspectos culturais para usar como critério para seleções entre soluções alternativas e produtos em todas as fases. A criação preconiza criar e encontrar soluções alternativas e tecnologias em todas as fases do processo. Já a otimização preconiza

² Pode-se entender por ecomateriais, materiais ecologicamente corretos.

realizar comparações entre soluções alternativas e produtos com aplicação de métodos racionais como critérios, correspondendo a critérios genéricos de tecnologia e nível arquitetônico.

6.4 MODELO CONCEITUAL PARA GESTÃO DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

Seguindo o preconizado na metodologia de sistemas de Checkland (1972, apud CALMON, 1987) procurou-se avaliar o problema (estádios 1 e 2) na forma de realização do diagnóstico do processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto em instituições do Estado do Espírito Santo. A partir daí, partiu-se para a formulação das definições (estádio 3) e construção do modelo conceitual (estádio 4), procurando realizar uma pequena comparação do modelo conceitual com o problema levantado (estádio 5). As demais etapas da metodologia de sistemas de Checkland, implantação e ação (estádios 6 e 7), não foram aqui implementadas.

Após a elaboração do diagnóstico da situação encontrada nas instituições públicas do Estado do Espírito Santo, referente ao processo de gestão de uso e manutenção das estruturas de concreto, pode-se elaborar um modelo conceitual de uso e manutenção de estruturas de concreto.

Toda a filosofia do modelo conceitual aqui proposto está baseada em conceitos da teoria de sistemas, conceitos do desenvolvimento e construção sustentáveis e nas premissas do *lifetime engineering*.

Antes da elaboração do modelo conceitual propriamente dito, procurou-se identificar alguns subsistemas relevantes do sistema da instituição pública hipotética³, sendo eles: meio ambiente, saúde, transportes, educação, segurança, econômico-financeiro, gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura (conhecido como Obras em instituições públicas), e os outros subsistemas componentes do sistema da instituição pública hipotética. Como o sistema a ser focado neste trabalho está dentro do sistema de gestão durabilidade de edificações e infra-estrutura, formulou-se como definição básica do mesmo o seguinte: um sistema da instituição pública

³ Que pode ser uma Prefeitura, por exemplo.

hipotética que deve eficientemente e eficazmente planejar, projetar, construir e manter suas edificações e infra-estruturas com a maior durabilidade e tempo de vida possível, visando o desenvolvimento e a construção sustentável e a otimização dos recursos financeiros.

O modelo conceitual desenvolvido, em um primeiro nível de resolução, está apresentado na Figura 6.3. Verifica-se que a instituição é vista como um sistema maior, constituído dos seus vários subsistemas. Uma vez que não é intenção aqui detalhar todos os subsistemas relevantes da instituição pública hipotética, optou-se por condensá-los nos outros subsistemas.

A identificação dos subsistemas relevantes do sistema da instituição pública hipotética foi realizada com intenção de fornecer maior compreensão em estádios posteriores do estudo do problema.

Na legenda da Figura 6.3, verifica-se que o símbolo apresentado representa interação existente entre os diversos subsistemas que compõem o sistema maior; e mostra ainda que há uma comunicação entre todos estes subsistemas. Há ainda a interação dos diversos subsistemas com o ambiente.

O sistema da instituição pública hipotética se comunica ainda com o sistema político existente; e ainda com o ambiente do sistema, ou seja, tudo que está fora do sistema da instituição pública, como outras organizações públicas ou privadas, e a população em geral (Figura 6.3).

O subsistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura, por sua vez, pode ser expandido e visto como um sistema e ser subdividido em subsistemas, mais detalhados, que são: planejamento, projeto, construção e uso e manutenção (Figura 6.3). Estes subsistemas constituem as etapas principais processos de concepção e uso e manutenção de uma edificação ou infra-estrutura, conforme mencionado no capítulo 1. A etapa de planejamento envolve todas as ações tomadas antes mesmo da elaboração propriamente dita do projeto. Já na fase de projeto estão envolvidas as características dos materiais, exigências de normas e memoriais, dentre outras para a elaboração do mesmo. A etapa de construção, como o próprio nome já diz, entende-se pela construção propriamente dita da edificação ou infra-estrutura, envolvidas características de técnicas e práticas de

execução. E por fim, a etapa de uso e manutenção das edificações ou infra-estruturas, que compõe atividades de manutenção preventiva e corretiva nas edificações ou infra-estruturas. É importante ressaltar que todos esses subsistemas, dentro do sistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura, têm como um dos seus objetivos, o de proporcionar uma maior durabilidade em longo prazo da estrutura, se comunicando e interagindo entre si. Não há possibilidade de haver durabilidade das estruturas se esses subsistemas não interagirem e se comunicarem, por exemplo, o subsistema de uso e manutenção envia informações ao subsistema de projeto, de problemas que afetaram a durabilidade da estrutura, proveniente de algum erro de projeto. Outro objeto do sistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura é o de contribuir para o desenvolvimento e a construção sustentável, na medida em que com uma boa gestão é possível que as estruturas tenham uma maior durabilidade, reduzindo assim o uso dos recursos naturais existentes. Uma boa prática é a total conscientização dos organismos, que com a contribuição de uma maior durabilidade e vida útil mais longa das estruturas, através de uma boa gestão da durabilidade de estruturas, estão contribuindo para a construção sustentável.

Verifica-se que a mudança apresentada principal neste modelo, em função do que é praticado hoje nas instituições públicas, está no fato de que no modelo conceitual elaborado para a instituição pública hipotética, o subsistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura substitui o subsistema de obras, representado pela “velha” Secretaria de Obras, tão peculiar no organograma das instituições públicas. Este subsistema de obras, na forma que é praticado hoje, e conforme verificado nos estudos de caso e diagnóstico (capítulo 5), sequer possui um setor específico para tratar da etapa de uso e manutenção das estruturas. Conforme realizado anteriormente para o subsistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura, formulou-se como definição básica do subsistema de uso e manutenção o seguinte: um subsistema do sistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura que deve eficientemente e eficazmente inspecionar, diagnosticar e manter suas edificações e infra-estruturas com a maior durabilidade e tempo de vida possível, visando o desenvolvimento sustentável e a otimização dos recursos financeiros.

O subsistema de uso e manutenção, que faz parte do sistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura, no modelo conceitual proposto, pode ser ainda expandido, e se subdividir em outros dois subsistemas, que são o subsistema estrutura de concreto e o subsistema outras estruturas e outros componentes da edificação ou infra-estrutura. Tanto o subsistema estrutura de concreto, como o subsistema outras estruturas e outros componentes da edificação ou infra-estrutura são compostos pelas seguintes atividades: inspeção, diagnóstico, manutenção, recuperação e acompanhamento de estruturas (Figura 6.3).

Verifica-se que sendo esta uma etapa (uso e manutenção) bastante expressiva com relação aos seus custos, e considerando ainda que, como todos os subsistemas do sistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura devem interagir entre si e proporcionar informações para os demais, e ainda, não havendo tempo hábil, neste trabalho, para analisar as demais etapas (planejamento, projeto e construção) para concepção e uso e manutenção de uma edificação ou infra-estrutura, este trabalho apresenta como foco o subsistema de uso e manutenção do sistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estrutura, e mais particularmente o subsistema de estruturas de concreto. O subsistema de outras estruturas e outros componentes das edificações e infra-estruturas não foi enfoque deste trabalho.

Verifica-se que o diagnóstico das estruturas é uma atividade componente do subsistema de estruturas de concreto, dentro do subsistema de uso e manutenção de edificações ou infra-estruturas (Figura 6.3).

Pode-se então, formular como definição básica do subsistema de estrutura de concreto, componente do subsistema de uso e manutenção de edificações e infra-estruturas o seguinte: um subsistema que deve eficientemente e eficazmente inspecionar, diagnosticar e manter suas estruturas de concreto com a maior durabilidade e tempo de vida possível, visando o desenvolvimento sustentável e a otimização dos recursos financeiros.

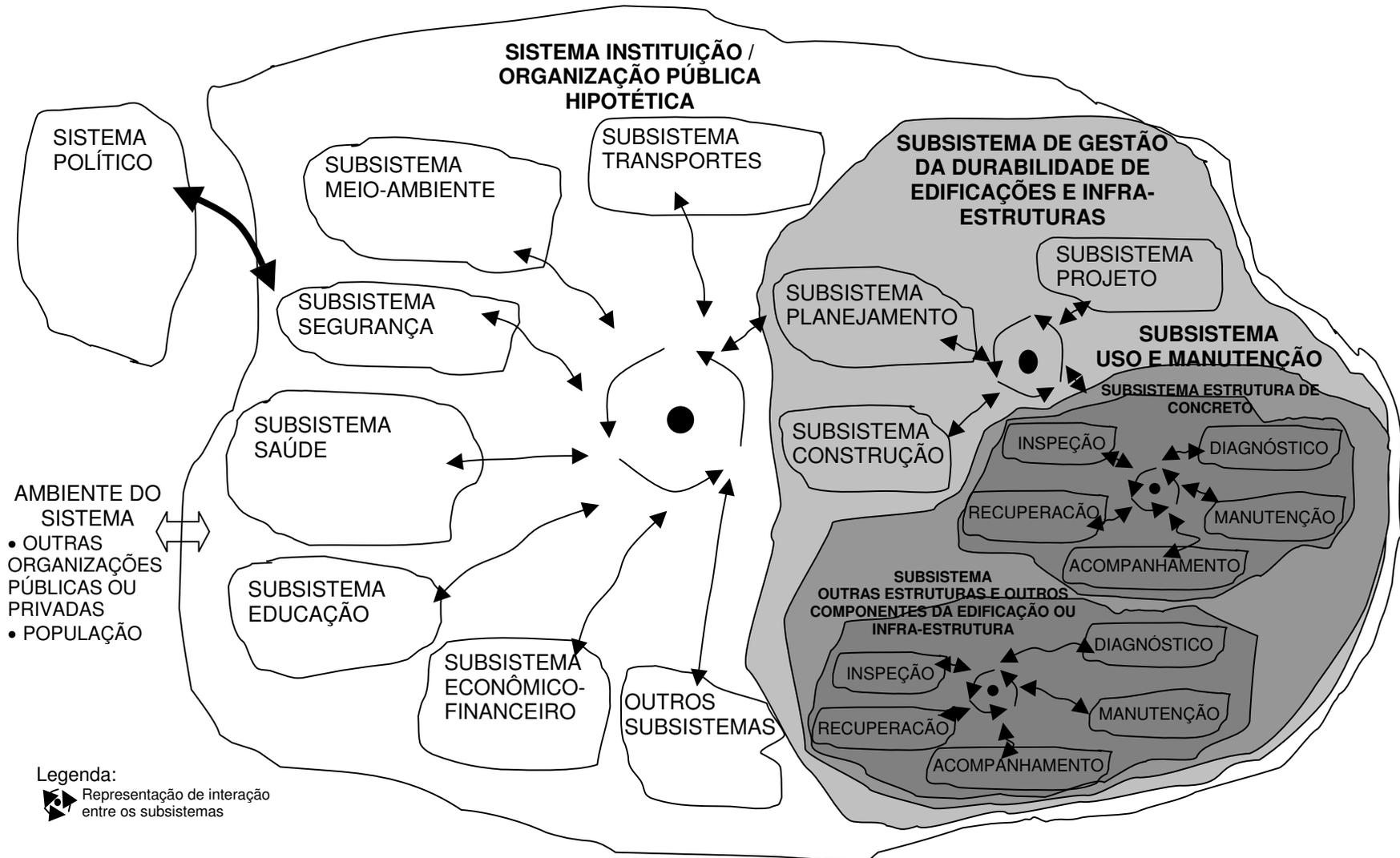


Figura 6.3. Modelo conceitual do sistema de uma instituição pública hipotética em um 1º nível de resolução, modelo conceitual do subsistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estruturas em um 1º nível de resolução, modelo conceitual do subsistema de uso e manutenção de edificações e infra-estruturas em um 1º nível de resolução.

Pode-se, no entanto, diante de tudo que foi apresentado neste trabalho, expandir ainda o subsistema de estruturas de concreto em um nível mais detalhado, composto pelas atividades mínimas necessárias para realizar o preconizado na definição básica no modelo conceitual de sistema de estruturas de concreto, conforme a Figura 6.4.

Para as atividades de inspeção, diagnóstico e prognóstico das estruturas, propõe-se utilizar o preconizado na metodologia do Manual do Torroja (RODRIGUEZ et al., [199-?]), que conforme no capítulo 4 e a Figura 6.5, após ter sido exaustivamente estudado e comparado com outras metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas, apresenta-se, segundo juízo deste pesquisador, como o mais completo, técnico e satisfatório.

Para a atividade de elaboração de manuais de manutenção rotineira e preventiva nas estruturas, estes manuais devem ser elaborados pela instituição pública hipotética, e servirão de base para treinamentos com o pessoal envolvido. Como referência, pode-se utilizar o preconizado nos manuais: *Fundamentals of Bridge Maintenance and Inspection* (NEW YORK..., 1997) para manutenções rotineira, preventiva e corretiva em pontes; e *Bridge Inspection, Maintenance, and Repair* (DEPARTMENTS OF THE ARMY..., 1994), também para manutenção em pontes.

A atividade de promover treinamento de pessoal propõe-se estabelecer treinamentos periódicos, proporcionados por entidades terceirizadas ou pela própria instituição. Na atividade de criar o banco de dados/inventário das estruturas, um banco de dados eletrônico deve ser desenvolvido para o armazenamento de dados necessários. Tais dados podem ser obtidos através de um sistema de georeferenciamento⁴.

⁴ Que consiste na obtenção de informações espaciais de localização da estrutura, por meio de coordenadas geográficas.

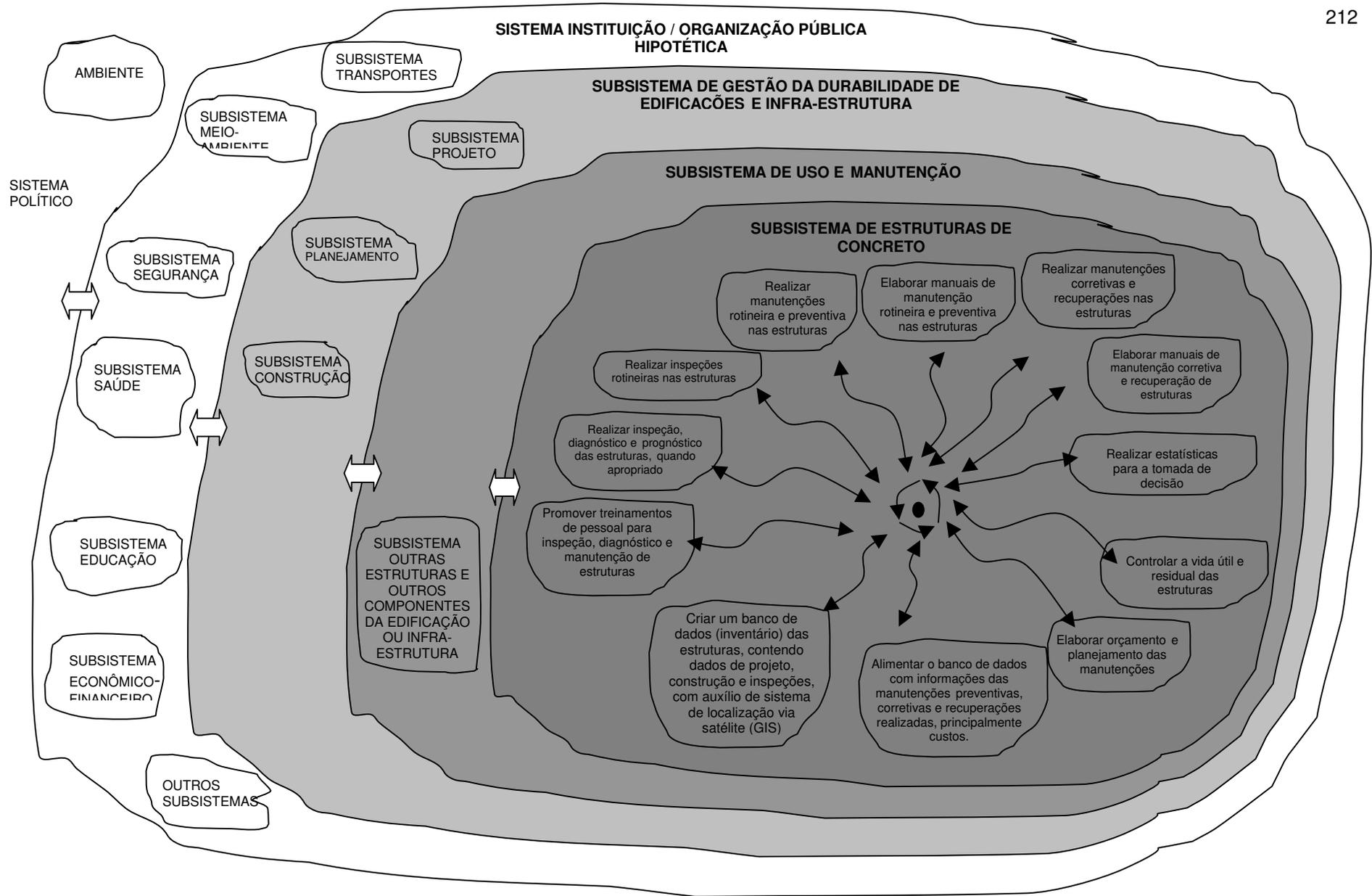


Figura 6.4. Modelo conceitual do subsistema de estruturas de concreto.

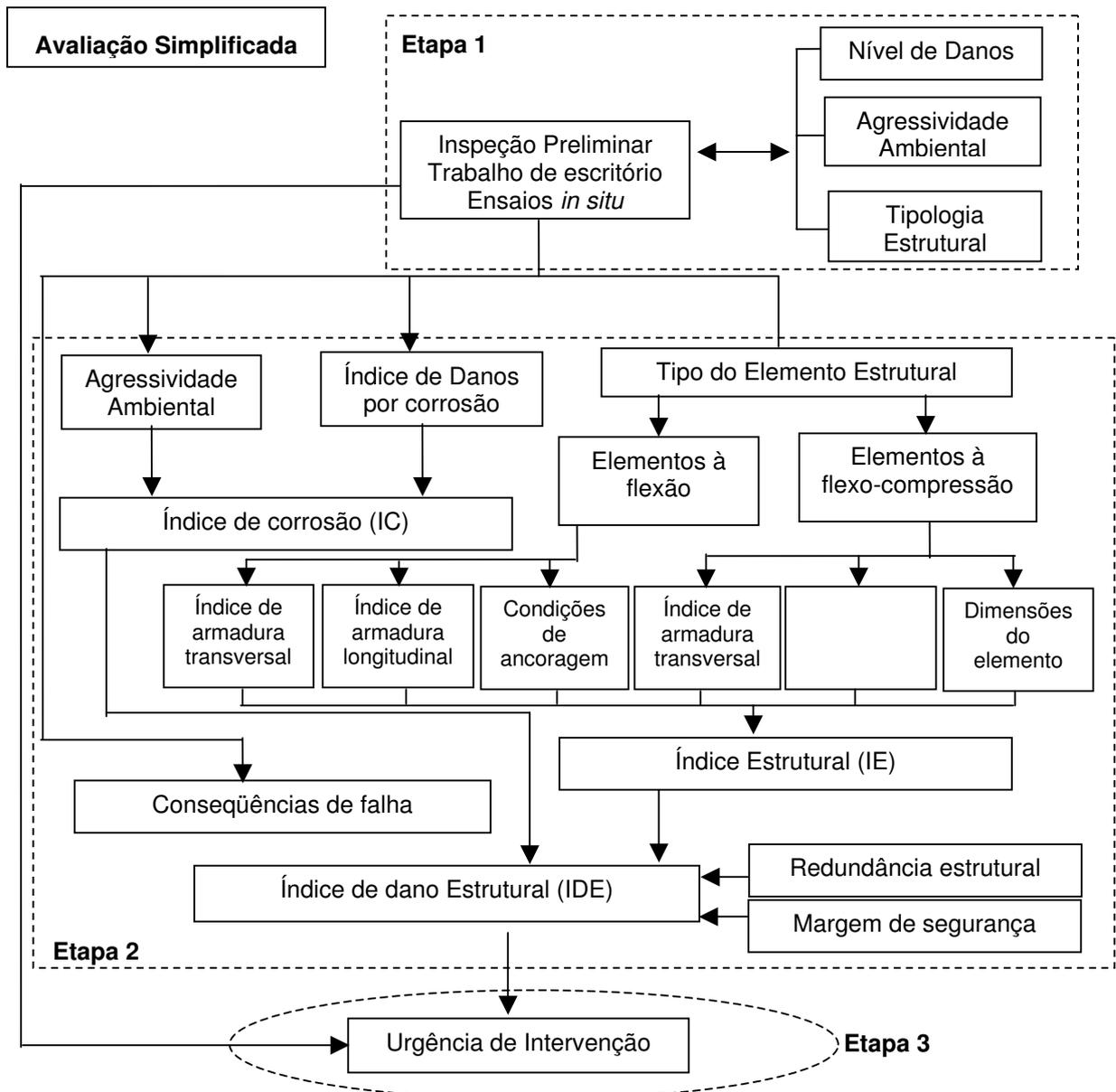


Figura 6.5. Diagrama de Avaliação Simplificada do Manual do Torroja.
 Fonte: Adaptado de Rodriguez et al., [199-?].

Os custos das atividades de manutenção e recuperação das estruturas devem ser apurados e armazenados no banco de dados, para que possam subsidiar a elaboração do orçamento para manutenção e recuperação de estruturas, e ainda a tomada de decisão.

Com os dados das estruturas contidos no banco de dados, e os obtidos nas inspeções, diagnóstico e prognóstico, estabelecer um acompanhamento da vida útil e residual das mesmas.

Após o desenvolvido no modelo conceitual apresentado, é possível criar uma estrutura organizacional (Figura 6.6), na forma inicial, baseada no modelo, onde a antiga figura do Secretário de Obras é aqui substituído pelo Secretário, representante máximo de uma Secretaria de Gestão Integrada de Planejamento, Projeto, Construção e Uso e Manutenção de Edificações e Infra-estruturas, responsável por uma visão global e sistêmica do processo, pela integração das ações e comunicação dos setores de planejamento, projeto, construção e uso e manutenção de estruturas, visando prever uma maior durabilidade e tempo de vida possível para as estruturas; o desenvolvimento sustentável e a economia dos recursos financeiros.

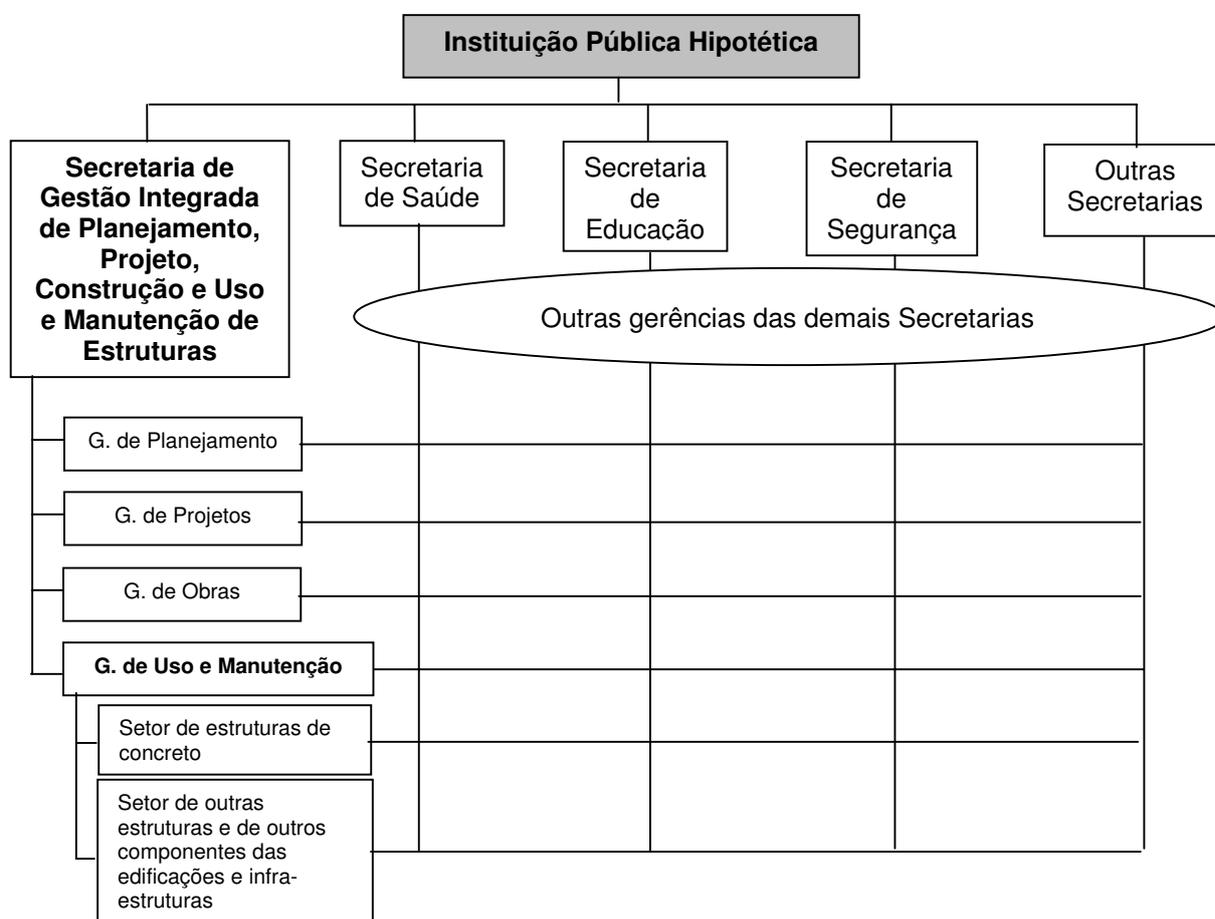


Figura 6.6. Organograma de uma Instituição Pública Hipotética. Detalhamento da Secretaria de Gestão Integrada de Planejamento, Projeto, Construção e Uso e Manutenção de Estruturas.

O gestor da nova Secretaria de Gestão Integrada de Planejamento, Projeto, Construção e Uso e Manutenção de Estruturas não está restrito somente à sua área e setores subordinados, mas deve ter acesso espontâneo e livre a todos os clientes da sua Secretaria (representado na forma matricial-linear no organograma da Figura

6.6), que são as demais Secretarias subordinadas à instituição pública Hipotética (Figura 6.6).

A Secretaria de Gestão Integrada de Planejamento, Projeto, Construção e Uso e Manutenção de Estruturas seria composta pelas Gerências de: Planejamento, Projeto, Obras e Uso e Manutenção (Figura 6.6), sendo a Gerência de Uso e Manutenção composta pelos setores de estruturas de concreto e setor de outras estruturas e de outros componentes das edificações e infra-estruturas.

Pode-se ainda, a partir do modelo conceitual do subsistema estruturas de concreto, dentro do sistema de uso e manutenção de estruturas, descrever as seguintes atribuições para o Setor de Estruturas de Concreto, dentro da Gerência de Uso e Manutenção, uma vez que ele é o foco deste trabalho:

- Elaborar manuais de manutenção rotineira, preventiva, corretiva e recuperação de estruturas, para servir de guia;
- Realizar inspeções rotineiras nas estruturas de concreto, de modo a identificar a necessidade de manutenções rotineira e preventiva;
- Realizar manutenções rotineira e preventiva nas estruturas de concreto, a partir das constatações das inspeções rotineiras realizadas, baseados nos manuais de manutenções rotineira e preventiva;
- Realizar inspeção, diagnóstico e prognóstico das estruturas de concreto, quando apropriado, baseado na metodologia constante no Manual do Torroja (RODRIGUEZ et al., [199-?]);
- Realizar manutenções corretivas e recuperações nas estruturas, quando apropriado;
- Garantir que as equipes recebam periodicamente treinamentos para inspeção, diagnóstico e manutenção de estruturas de concreto;
- Manter o banco de dados (inventário) das estruturas de concreto atualizado, contendo dados de projeto, construção e inspeções, com auxílio de sistemas de

localização via satélite; e ainda com informações de manutenções preventivas, corretivas e recuperações realizadas, principalmente seus custos;

- Planejar as manutenções necessárias nas estruturas de concreto, elaborando o orçamento das mesmas;
- Supervisionar a vida útil e residual das estruturas de concreto, através dos dados do banco de dados e das informações das inspeções, diagnóstico e prognóstico;
- Realizar a tomada de decisão quanto à manutenção, recuperação ou demolição de estruturas, embasada nos aspectos técnicos, de segurança e custo;
- Propiciar dados para integrar a Gerência de Uso e Manutenção às demais Gerências: de Planejamento, Projeto e Obras quanto às necessidades de melhorias nas mesmas, visando a maior durabilidade das estruturas de concreto, e subsidiando as informações necessárias;
- Elaborar orçamento para solicitação de recursos à Secretaria de Gestão Integrada de Planejamento, Projeto, Construção e Uso e Manutenção de Estruturas, mediante as inspeções e diagnósticos realizados nas estruturas de concreto.

Espera-se que com a utilização deste modelo sistêmico ou global de pensar, a visão das instituições públicas quando conceberem, implantarem e manterem seja sempre a de durabilidade. Ao final, todo este trabalho visa durabilidade o que vai ao encontro dos princípios do desenvolvimento e da construção sustentável e da otimização na utilização de recursos.

Todo o detalhamento em termo de organograma, dos subsistemas de uso e manutenção de estruturas de concreto pode ser transferido para o outro subsistema de outras estruturas e outros componentes de edificações e infra-estruturas.

A interação dentro do sistema de gestão da durabilidade de edificações e infra-estruturas (entre os subsistemas de planejamento, projeto, construção e uso e

manutenção) deve ser baseada nos princípios de Engenharia Simultânea⁵ e nos princípios do *lifetime engineering*.

No trabalho de Brasiliano (2000) é apresentada uma tentativa de aplicação dos conceitos de Engenharia Simultânea na etapa de projeto de empreendimentos na Prefeitura Municipal de Vitória.

⁵ É uma abordagem sistemática para integrar o desenvolvimento do produto, enfatizando a resposta às expectativas do consumidor e que incorpora valores de time, tais como, cooperação, confiança e compartilhamento, de forma tal, que a tomada de decisão procede com intervalos grandes de trabalho paralelo por todas as perspectivas do ciclo de vida, desde o início do processo, sincronizadas por trocas comparativamente breves, para produzir consenso (CLEEUTUS, 1992, apud BRASILIANO, 2000),

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS HIPÓTESES

Inicialmente avaliam-se as hipóteses formuladas no início deste trabalho: As hipóteses foram:

a) Os manuais de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto existentes são basicamente iguais, sem maiores diferenças;

Ficou claro nas comparações das metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com o Manual do Torroja, que nenhum dos outros manuais apresenta uma metodologia semelhante à apresentada para realizar o diagnóstico (Etapa 2) na Avaliação Simplificada do Manual do Torroja, com levantamento do IDE. Esse é um ponto muito forte da metodologia do Manual do Torroja, e que nenhum outro Manual aqui estudado se assemelha.

b) Não é realizada manutenção preventiva nas estruturas de concreto dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo;

Com base nos estudos de caso realizados nas instituições públicas do Estado do Espírito Santo, e apresentados no capítulo 5, pode-se concluir que 67% das instituições não realizam manutenção preventiva nas suas estruturas.

c) Não existe uma metodologia para inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto nos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo;

Está também apresentada no capítulo 5 a conclusão quanto a esta hipótese, onde 67% das instituições entrevistadas não possui um manual ou metodologia de referência para a realização das inspeções ou manutenções nas estruturas.

- d) Não existe um banco de dados das estruturas sob a administração dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo;

Pode-se verificar nas conclusões obtidas no capítulo que trata dos estudos de caso, que 100% das instituições não possuem um banco de dados das suas estruturas.

- e) Existem falhas no processo de gestão das estruturas de concreto sob a administração dos órgãos públicos do Estado do Espírito Santo, com vistas à durabilidade.

Quanto a essa hipótese, em função de todos os questionamentos realizados nas instituições, e aos resultados obtidos e apresentados no capítulo 5, e ainda em função da proposta apresentada no modelo conceitual de gestão de uso e manutenção de estruturas no capítulo 6, pode-se concluir que, realmente há falhas no processo de gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto nas instituições públicas do Estado do Espírito Santo.

7.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS COMPARAÇÕES DAS METODOLOGIAS DE DIAGNÓSTICO

Foi evidenciado nas comparações das metodologias de inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com o Manual do Torroja, que nenhum dos outros manuais apresenta uma metodologia semelhante à apresentada para realizar o diagnóstico na Avaliação Simplificada do Manual do Torroja, com levantamento do IDE. Essa é basicamente a principal diferença entre a metodologia do Manual do Torroja e a dos outros manuais.

A Etapa de Inspeção Preliminar na estrutura é encontrada em quase todos os Manuais estudados, verificando-se apenas pequenas variações em relação ao Manual do Torroja.

Quanto a Avaliação Detalhada da estrutura, poucos manuais descrevem a Avaliação Estrutural. A grande parte deles considera a Avaliação Detalhada da estrutura como a realização de um maior número de ensaios e testes nas estruturas, o que no Manual do Torroja é indispensável para a Avaliação Estrutural posterior.

7.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE GESTÃO DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NAS INSTITUIÇÕES DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

7.3.1 Quanto aos aspectos técnicos

Um dado muito importante obtido, é o de as instituições não possuírem um setor ou gerência responsável pela gestão de uso e manutenção de estruturas. Isto vem demonstrar, a priori, que o assunto da inspeção e manutenção de estruturas, nas instituições públicas, não está sendo tratado com a importância a qual ele necessita, ficando o mesmo em segundo plano.

A não realização de manutenções preventivas nas estruturas, na maioria das instituições, acarreta em custos finais de manutenção muito mais elevados dos que seriam realizados se as manutenções fossem feitas de forma preventiva.

Outro aspecto imprescindível para uma boa gestão de estruturas, e que não é praticado pelas instituições pesquisadas, é a criação e implementação de um banco de dados das estruturas. Sabe-se que o registro das informações importantes sobre as estruturas e ações tomadas nas mesmas, levariam a uma posterior análise e aprendizado das questões de manutenção e custos, possibilitando uma melhor tomada de decisão para a gestão de uso e manutenção das estruturas.

É fato também, que a maioria das instituições não proporciona aos envolvidos no processo de inspeção e manutenção das estruturas, treinamentos, que são importantes para a continuidade e reciclagem do aprendizado sobre o assunto.

Quanto à sistemática para identificação das causas dos problemas patológicos observados, com um correto diagnóstico para o tratamento dos mesmos, verifica-se que a maioria das instituições não adota o apresentado na bibliografia de referência sobre o assunto, utilizando muito da inspeção visual e avaliação subjetiva da condição da estrutura dos engenheiros ou técnicos envolvidos.

7.3.2 Quanto aos aspectos gerenciais e financeiros

O levantamento quantitativo das manutenções nas estruturas, referente a material, pessoal, custo, etc., normalmente não é realizado de forma sistemática e não há seu

armazenamento, que serviria de base para outras estruturas ou para tomada de decisões, dificultando o processo da gestão das estruturas. Sem esses dados, não é possível realizar um orçamento para as demais estruturas ou para a gerência em si.

Ficou evidenciado, porém, que os entrevistados têm plena consciência do aumento dos custos com a demora na tomada de decisão para ação nas estruturas, porém as instituições ficam a mercê das conveniências políticas, que quase sempre são ações demoradas, e muitas vezes somente são executadas quando não há outra escolha. Esse tipo de postura, para a questão da durabilidade de estruturas, é notoriamente problemática, uma vez que com a demora, os custos de manutenção tendem a se elevar exponencialmente.

7.3.3 Quanto aos aspectos gerais

Conforme apresentado no capítulo 2, no item 2.7 Recomendações de normas para aumentar a durabilidade das estruturas, verifica-se que a norma brasileira ABNT (2003) faz exigências de inspeção e manutenção preventiva, considerando que o conjunto de projetos deve facilitar procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção e, ainda, que deve-se produzir um manual de utilização, inspeção e manutenção da estrutura. Este é um ponto também importante, que muitas vezes é negligenciado pelos profissionais envolvidos, e está muito bem retratado no diagnóstico das instituições do Estado do Espírito Santo, onde, ficou evidenciado, que não existe este tipo de manual. Pode-se ainda verificar a importância da cobrança deste tipo de documento pelas instituições públicas nas licitações de obras ou contratação de projetos.

É crucial, ainda, na gestão de uso e manutenção de estruturas de concreto, a instituição prover de um orçamento específico para o setor responsável pelas inspeções e manutenções de estruturas. Orçamento esse, que deve ser embasado nas experiências obtidas e armazenadas no banco de dados, não ficando a mercê dos imprevistos.

Parece que o processo de gestão de uso e manutenção de estruturas no Estado do Espírito Santo é um viver sem observar e aprender. Cada caso é um caso e se vai fazendo, “apagando incêndio”, sem aprender, evoluir e generalizar.

Verifica-se que, de uma forma geral, o processo de gestão de uso e manutenção de estruturas nas instituições não se encontra estruturado e planejado, uma vez que, na grande maioria das instituições, a solução é tomada quando o problema já está instaurado, não havendo uma situação de prevenção. Em grande parte, essa situação é forçada, devido não haver um orçamento estabelecido para essa gestão ou gerência, demonstrando a pouca importância, e até mesmo negligência, que o poder público tem dado ao assunto.

Fica explícito, que a gestão de uso e manutenção de estruturas sofre fortemente a imposição das conveniências políticas, em detrimento, muitas vezes, das necessidades reais, técnicas, estéticas e até estruturais das estruturas. Conveniências essas, que são constantemente agravadas nos anos políticos.

É importante questionar quanto se deixa de realizar em novos investimentos, como postos de saúde, novas pontes, etc., por negligência da gestão de manutenção e durabilidade de estruturas? E ainda, porque os engenheiros e técnicos, apesar de receberem excelente formação nas escolas de engenharia, não conseguem influenciar os políticos para mudarem o seu comportamento quanto a essa questão?

Quanto representa esta negligência em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) do Estado do Espírito Santo?

E para concluir, vale ousar questionar quando os políticos brasileiros vão agir com responsabilidade e saberão usufruir a liberdade e a democracia?

7.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO CONCEITUAL DE USO E MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PROPOSTO

O foco do trabalho se deteve no de da etapa de uso e manutenção de edificações e infra-estruturas, mais precisamente uso e manutenção de estruturas de concreto, uma vez ser objeto desta pesquisa e não haver tempo hábil para o detalhamento dos outros componentes do sistema de uso e manutenção de edificações e infra-estruturas, os quais são os outros tipos de estruturas e os componentes das edificações e infra-estruturas. E ainda, também não foi possível detalhar os outros subsistemas da gestão da durabilidade de edificações e infra-estruturas, que são

planejamento, projeto e construção, pelo mesmo motivo de não haver tempo hábil para tal.

Para um melhor entendimento da integração dos subsistemas de planejamento, projeto, construção e uso e manutenção, sugere-se verificar o preconizado nos conceitos de Engenharia Simultânea (BRASILIANO, 2000) e de *lifetime engineering*.

No detalhamento das atividades do modelo conceitual de uso e manutenção de estruturas de concreto proposto, procurou-se levantar todas as principais atividades envolvidas, porém verifica-se que pode haver outras atividades que não foram aqui abordadas.

Objetivou-se com a elaboração do modelo conceitual, baseado nos princípios da teoria de sistemas, embasar o desenvolvimento de uma estrutura organizacional e organograma da instituição hipotética, e ainda embasar o levantamento das atividades principais e responsabilidades do setor de uso e manutenção de estruturas de concreto, que está sendo proposto.

O subsistema de estruturas de concreto, componente do subsistema de uso e manutenção, poderia ainda ser expandido, em atividades mais detalhadas, porém não foi o foco deste trabalho, e ainda não haveria tempo hábil para o mesmo.

Os próximos passos, após a elaboração do modelo proposto seriam a reestruturação organizacional das instituições que o adotassem. E ainda, partir para o desenvolvimento dos manuais e procedimentos propostos no modelo e posteriormente, desenvolver formulários, ou impressos, necessários para a coleta de dados nas estruturas, baseados nos manuais desenvolvidos. Para a elaboração desses formulários, seria necessário um trabalho técnico, contínuo e sistemático nas instituições.

7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante deixar claro, que há carência nas universidades do país, e também na Universidade Federal do Espírito Santo, de equipamentos e material de referência para a realização do diagnóstico e da gestão de uso e manutenção de estruturas,

que poderiam estar mais bem equipadas para dar suporte às instituições públicas, ou até privadas, de administração de estruturas.

Outros países, muito mais desenvolvidas no processo de gestão de uso e manutenção de estruturas, elaboraram programas de computadores, que unem informações do inventário das estruturas e das demais inspeções periódicas realizadas nas mesmas, e propõem as ações de manutenção necessárias e tomada de decisão, embasados em experiências anteriores, importância das estruturas, porte das mesmas e custos das ações tomadas.

Diante das carências apresentadas pelas instituições públicas estudadas no Estado do Espírito Santo, é correto afirmar que a adoção do modelo proposto neste trabalho, para uso e manutenção de estruturas de concreto, vêm contribuir para a melhoria dos processos, dentro das possibilidades políticas do Estado do Espírito Santo, podendo o mesmo ser utilizado ainda em outras instituições públicas existentes.

Deve-se reforçar ainda, que investir em ações de rotina nas estruturas e prevenção, para evitar problemas e maiores custos, é a melhor prática para uma boa gestão de uso e manutenção dessas estruturas.

Há que se considerar ainda, que uma forma de melhorar e aumentar a durabilidade das estruturas, e assim reduzir os custos de manutenção nas mesmas é adotar uma boa gestão integrando desde as etapas de planejamento, projeto e construção, porém esse assunto não foi objetivo deste trabalho.

7.6 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Embasado no estudo realizado neste trabalho e nas restrições do mesmo, pode-se sugerir as seguintes pesquisas futuras:

- Realizar estudos em outros Estados do Brasil, semelhantes ao apresentado neste trabalho, com o objetivo de fazer o diagnóstico do processo de gestão de uso e manutenção estruturas de concreto no Brasil;

- Realizar ainda no Estado do Espírito Santo, o diagnóstico dos processos de gestão de planejamento, projeto e construção de estruturas de concreto, objetivando verificar como estão estes processos;
- Realizar estudos em outros Estados do Brasil, com o objetivo de fazer o diagnóstico dos processos de gestão de planejamento, projeto e construção de estruturas de concreto no Brasil;
- Estudar os intervenientes de durabilidade das estruturas nas etapas de gestão de planejamento, projeto e construção de estruturas de concreto, estudar seus subsistemas envolvidos e propor modelos conceituais de gestão para estas etapas.
- Estudar ainda os outros subsistemas componentes do subsistema de uso e manutenção, que são os subsistemas de outras estruturas, e outros componentes da edificação ou infra-estrutura, objetivando propor modelos conceituais dos mesmos;
- Desenvolver, com base nas metodologias de inspeção de estruturas internacionais existentes, que foram em uma pequena parte apresentados neste trabalho, um banco de dados para ser utilizado nas instituições públicas do Estado do Espírito Santo, constando às informações necessárias para uma boa gestão; e ainda, de forma mais completa, desenvolver um programa de computador, que inclua o banco de dados das estruturas e possua ainda ferramentas para o tratamento dos dados coletados, analise os mesmos e proponha ações necessárias;
- Aperfeiçoar o processo de gestão de uso e manutenção de estruturas com a implementação de módulos de tomada de decisão no banco de dados a ser desenvolvido.
- Realizar as demais etapas da metodologia de sistemas de Checkland (1972, apud CALMON, 1987), que são a implantação do sistema conceitual proposto, definindo mudanças e ação sobre o problema verificado (estádios 6 e 7), para o diagnóstico das instituições públicas do Estado do Espírito Santo aqui estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AASHTO Manual for Condition Evaluation of bridges, 1994.
2. ACKOFF, R. L. **Science in the systems age:** beyond TE, OR and MS. Operations Research, may-june 1973.
3. AGENDA 21. **Crise do modelo de desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.agenda21local.com.br/con2b.htm>> Acesso em: 01 mai. 2006
4. AGOPYAN, Vahan. A durabilidade dos materiais e componentes. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: "PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES", 3, **Anais...** Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, SP. Dezembro, 1986. pp. 1-9.
5. ALABAMA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Maintenance bureau. **Bridge inspection manual:** for inventory and appraisal of Alabama bridges. Alabama, 2002. Disponível em:<<http://www.dot.state.al.us/docs/Bureaus/Maintenance/Management+and+Training/Management+and+Training+Home.htm>> Acesso em: 20 ago. 2005.
6. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Building Code Requirements for Reinforced Concrete:** ACI. Committee 318-ACI Manual of Concrete Practice. 1992.
7. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Causes, evaluation and repair of cracks in concrete structures:** reported by ACI Committee 224 ACI 224.1R-93 (Reapproved 1998). In: _____. ACI Manual of Concrete Practice. Detroit, 1998.
8. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Corrosion of Metals in Concrete:** reported by ACI Committee 222 ACI 222R-96. Detroit. 1996.
9. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide for evaluation of concrete structures prior to rehabilitation:** reported by ACI Committee 364 ACI 364.1 R-94 (Reapproved 1999). In: _____. ACI Manual of Concrete Practice. Detroit, 1997.
10. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide to durable concrete:** reported by ACI Committee 201 ACI 201.2R-92 (Reapproved 1997). In: _____. ACI Manual of Concrete Practice. Detroit, 1997.
11. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete:** ASTM C 876. 1991.
12. AMERICAN SOCIETY FOR TESTINT AND MATERIALS. **Standard test method for acid-soluble chloride in mortar and concrete:** ASTM C 1152.

13. AMERICAN SOCIETY FOR TESTINT AND MATERIALS. **Standard test methods for water-soluble chlorides present as admixtures in graded aggregate road mixes**: ASTM D 1411.
14. ANDRADE, M. C., GONZÁLEZ, J. A. Tendencias Actuales en la Investigación sobre Corrosion de Armaduras. **Informes de la Construcción**, v. 40, n. 398, p. 7-14, nov. Dic. 1988.
15. ANDRADE, M. C.; DÍEZ, J. M.; CRUZ, A. Mathematical modeling of concrete surface “Skin Effect” on difusion in chloride contaminated media. **Advanced Cement Based Materials**. v.6, 1997, pp. 39-44.
16. ANDRADE, Maria C. P. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. Tradução e adaptação de Antônio Carmona e Paulo Helene. 1. ed. São Paulo: Pini, 1992. 104p. ISBN 85-7266-011-9.
17. ARAÚJO, M. A. **A moderna construção sustentável**. In.: IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. São Paulo. [19--?]. Disponível em: < <http://www.idhea.com.br/artigos1.asp>> Acesso em: 01 mai. 2006.
18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**: NBR 6118. Rio de Janeiro, 2003.
19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**: NBR 6118. Rio de Janeiro, 2000. Projeto de norma.
20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto Armado**: NBR 9452. Rio de Janeiro, 1986.
21. BAEL. Bureau. **Règle Technique de concéption et de Calcul des Duvrages et Construccin em Beton arme Suivant la Méthode des Etats Limites**. AFNOR – Association Française de Normalization. França, 1983.
22. BAMFORTH, P. B. **Factors Influencing Chloride Ingress into Marine Structures**. Paper presented at Economic and Durable Construction through Excelence. Dundee, 1993.
23. BICZÓK, I. **Corrosion y proteccion del hormigon**. Tradução de Emilio J. Dócon Asensi. Bilbao, Ediciones Urmo, 1972.
24. BONIN, L. C. **A abordagem sistêmica da produção de edificações**. GPEC/UFRGS – Porto Alegre, Set. 1987. Dissertação (Mestrado), não publicada, 107 p.
25. BONIN, Luiz C. Manutenção de edifícios: uma revisão conceitual. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS: escolas, postos de saúde, prefeitura e prédios públicos em geral, [19--?], Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Curso de pós-graduação em engenharia civil – UFRGS, Secretaria do interior e obras públicas – SDO/RS, [19--?], v. 1, p. 1-31.

26. BRASIL. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes - DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação do instituto de pesquisas rodoviárias. **Manual de inspeção em pontes rodoviárias**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/ipr_new/download_manuais.htm> Acesso em: 03 set. 2005. 253 p.
27. BRASILIANO, Ana Emília. **Gestão do desenvolvimento de projetos de edificações públicas**. Um modelo segundo os princípios da engenharia simultânea. Vitória, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.
28. BRUNTLAND, Gro. In.: **Conferência de Estocolmo**. Agenda21. Disponível em: <<http://www.agenda21local.com.br/con2c.htm>> Acesso em: 01 mai. 2006.
29. BUIL, M.; Ollivier, J.-P. **Conception des bétons: la structure poreuse**. La durabilité des bétons - Ed. J. Baron y J.-P. Ollivier, Pub. Presses Ponts et Chaussées, Paris, Francia, 1992, pp. 57-99.
30. CALMON, João Luiz. **Análise da aplicabilidade da metodologia de sistemas “soft” de Checkland ao Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo**. Rio de Janeiro, 1987. 221f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC), Rio de Janeiro, 1987.
31. CAMPBELL-ALLEN, D.; ROPER, H. **Concrete structures: materials, maintenance, and repair**. Est. Un. de América: Longman Scient. & Tech., 1991, 369 pp.
32. CÁNOVAS, Manuel F. **Patologia e terapia do concreto armado**. Tradução M. Celeste Marcondes, Carlos Wagner Fernandes dos Santos e Beatriz Cannabrava. Coordenação Técnica L. A. Falcão Bauer. 1. ed. São Paulo: Pini, 1988. 399 p.
33. CÁNOVAS, Manuel F. **Reflexiones sobre la durabilidad de estructuras de hormigón armado**. In: JORNADAS CHILENAS DEL HORMIGÓN, 14., 2003, Valdivia. Disponível em: <http://www.seconstruye.com/jh2003/PDF/conferencias/conferencia_manuel_fernandez.pdf>. Acesso em: 9 out. 2005.
34. CAPRA, Fritjof. **O que é sustentabilidade? A teia da vida: uma nova compreensão dos sistemas vivos**. Cultrix – Aman-Key. São Paulo. 1997. Adaptado por Augusto de Franco. Século XXI, n.3, Setembro de 1999. Disponível em: <<http://www.agenda21local.com.br/con2a.htm>> Acesso em: 01 mai. 2006.
35. CASANOVAS, Xavier. Metodologia de diagnosis. In: Col.legi d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. **Manual de diagnosis e intervenció en estructures de hormigón armado**. 1. ed. Barcelona, 2000. 163 p. ISBN 84-87104-43-6.

36. CASCUDO, Oswaldo. **Controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. 1. ed. São Paulo: Pini; Goiânia, GO: UFG, 1997. 237 p. ISBN 85-7266-080-1 (Pini); ISBN 85-7274-096-1 (UFG).
37. CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242 p. ISBN 85-87918-15-X.
38. CHECKLAND, P. B. **Towards a systems – based methodology for real – world problem solving**. Journal of Systems Engineering. Lancaster. 3 (2). p. 87 – 116, 1972.
39. CHECKLAND, P. B. **O.R. and the systems movement: mappings and conflicts**. The journal of the operational research society, 34 (8): p. 661 – 675, 1983.
40. CHECKLAND, P. B. Rethinking systems approach. In: Tomlinson, R. & Kiss, I. eds. **Rethinking the process of operacional research and systems analysis**. Oxford, Pergamon Press, 1984.
41. CINCOTTO, M. A. Avaliação do grau de agressividade do meio aquoso em contato com o concreto. In: REUNIÃO ANUAL, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 1992.
42. COMISION PERMANENTE DEL HORMIGÓN. Ministerio De Fomento. **Instrucción de Hormigón Estructural**: EHE. Madri, Espana, 1999.
43. COMISIÓN PERMANENTE DEL HORMIGÓN. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. **Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón em masa o armado**: EH-88. Madrid, Espanha, 1988.
44. COMITÉ EURO - INTERNATIONAL DU BÉTON. Durability of concrete structures. State-of-the-Art Report. Munich, may 1982. (**Bulletin D'Information 148**).
45. COMITÉ EURO - INTERNATIONAL DU BÉTON. Durability of concrete structures– Design Guide. Lausanne, Thomas Telford, 1992. (**Bulletin D'Information 183**).
46. COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. Code model CEB-FIP pour lês structures em béton. Paris, 1990.
47. Comite Euro-International du Beton-CEB. Assessment of concrete structures and design procedures for upgrading (redesign). Paris, **Bulletin D'Information nº 162**, August 1983.
48. COMITÉ EUROPÉN DE NORMALIZATIÓN (CEN). (Mercado Comum europeo). Projecte Européen de Normalización. **Performance, production, mise en oeuvre et critères de conformité**: prNE 206.
49. COMMITÉ EURO-INTERNECIONAL DU BÉTON. Assessment of concrete structures and design procedures for up-grading (re-design). Contribution to

- the 23rd Plenary Session of CEB. Prague, Lausanne, 1983. **Bulletin d'Information n° 162**. 1983.
50. COMMITÉ EURO-INTERNECIONAL DU BÉTON. CEB-FIP-MODEL CODE 90 (MC90) – Final Draft. **Bulletin d'Information n° 182**. 1991.
 51. COSTA, Milton P. **Avaliação pós-ocupação e manutenção estratégica de escolas públicas**. Vitória, 2001. 134f. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.
 52. COSTA, Milton P.; MACHADO, Messias S.; PINHEIRO, Sayonara M. M. **Mecanismos de Deterioração do Concreto**. [200-?]. Não publicado.
 53. CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2. ed. New York, Clarendon Press, Oxford. 1990, 414 p.
 54. CURWELL, S.; COOPER, I. **The implications of urban sustainability**. Building Research and Information 16(1), 17-28. 1998.
 55. DA SILVA, Turíbio J. Como estimar a vida útil de estruturas projetadas com critérios que visam a durabilidade. In: WORKDUR - WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2001. 1 CD-ROM. ISBN 85-87978-04-7.
 56. DA SILVA, Turibio J. **Predicción de la vida útil de forjados unidireccionales de hormigón mediante modelos matemáticos de deterioro**. Barcelona, 1998. 269p. Tese (Doutorado), Universidade Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1998.
 57. DE SIMONE, L. D.; POPOFF, F. **Eco-efficiency** – The business link to sustainable development. MIT Press, 2nd ed. 280p. 1998.
 58. DEPARTMENTS OF THE ARMY AND THE AIR FORCE. **Bridge inspection, maintenance, and repair**. Army TM 5-600. Air Force AFJPM 32-1088. Washington D.C., 1994. Disponível em: <<http://www.usace.army.mil/inet/usace-docs/armytm/tm5-600/>> Acesso em: 04 set. 2005.
 59. DIN – Deutsches Institut fur Normung. **Beton und Sthalbeton bemessung und aus fuhrung: DIN 1045**. Alemanha, 1978.
 60. EUROCODE N.2 Design of concrete structures. Part 1: general rules and rules for buildings. 1989.
 61. FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE PROTENSÃO – FIP. **Guide to good practice: inspection and maintenace of reinforced and presstressed concrete strucutre**. Londres, Thomas Telfor publications, 1988, p. 7.
 62. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. U.S. Department of transportation. **Bridge Inspectors training manual 90**. Available from the Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402. [19--].

63. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION; FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION. **Highway and rail transit tunnel inspection manual**. Contract # DTFH61-01-C-00067. 2003. Disponível em: <http://ntl.bts.gov/card_view.cfm?docid=23726> Acesso em: 03 set. 2005.
64. FIGUEIREDO, Enio P.; O'REILLY, Vitervo; WANDERLEY, Fernanda; RODRIGUES, Giana S. S.; TULA, Leonel. Orientación para el diagnóstico. In: HELENE, Paulo R. L.; PEREIRA, M. Fernanda N. C. **Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón: reparación, refuerzo y protección**. CYTED Ciencia e tecnologia para el desarrollo. Programa de cooperación iberoamericana. CYTED Subprograma XV. Corrosión e impacto ambiental sobre materiales. Red Rehabilitar CYTED XV.F. Abril 2000 a setembro 2003. São Paulo, 2003. 1 CD-ROM. ISBN 85-903707-1-2.
65. FORTES, L. R.; ANDRADE, J.C. **Corrosão na armadura do concreto armado: a influência dos agentes cloretos e da carbonatação**. Disponível em <<http://www.cesec.ufpr.br/~wtectnet/durabil/t0051/.html>>. Acesso em 09 nov. 2004.
66. FUNDATEC (Fundação Universidade-Empresa de Tecnologia e Ciências). Relatório de Inspeção de Obras-de-Arte do Município de Porto Alegre – Viadutos. Relatório Técnico 004/91 do LEME (Convênio PMPA/FUNDATEC). Porto Alegre, 1991.
67. GARBOCZI, E. J. **Microstructure and transport properties of concrete**. RILEM - Technical Committee 116-PCD - Performance Criteria for Concrete Durability. Report 12, Ed. J. Kropp y H. K. Hilsdorf, E & FN Spon, 1995, pp. 198-212.
68. GAZETA ON LINE. Disponível em: <http://gazetaonline.globo.com/dv/Turismo/exibe_link.php> Acesso em: 02 mai. 2006.
69. GEHO-CEB - Grupo Español del Hormigón - Comité Euro-International du Béton. Grupo de trabajo N1 20 del CEB; **Durabilidad de estructuras de hormigón - Guia de diseño CEB**. Boletín N1 12, España, 1993, 164 pp.
70. GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 2. ed. Ed. Rio de Janeiro. 1982.
71. GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3. ed. Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1998.
72. GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 206 p. ISBN 85-224-2270-2.
73. GRILO, Leonardo M., CALMON, João Luiz. Falhas externas em edificações multifamiliares segundo a percepção dos usuários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2000 – Salvador, 2000. **Anais...** (CD-ROM), UFBA/UFES/UNEB, 2000.
74. GUIMARÃES, André T. C. **Vida útil de estruturas de concreto em ambientes marítimos**. São Paulo, 2000. 241p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Departamento

- de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
75. HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p. ISBN 85-7266-010-0.
 76. HELENE, Paulo R. L. a, Vida útil das estruturas de concreto. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 4.; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 6., 1997, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997, v.1, p. 1-30.
 77. HELENE, Paulo R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993. 231p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
 78. HELENE, Paulo R. L. Corrosão das armaduras em concreto armado. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO-SIMPATCON, 4, **Anais...** São Paulo, 1981, p. 1-44.
 79. HELENE, Paulo R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Pini, 1986.
 80. HELENE, Paulo R. L. Proteção e manutenção de concreto aparente. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS: escolas, postos de saúde, prefeitura e prédios públicos em geral, [19--?], Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Curso de pós-graduação em engenharia civil – UFRGS, Secretaria do interior e obras públicas – SDO/RS, [19--?], v. 2, p. 167-218.
 81. HELENE, Paulo R. L.; FIGUEIREDO, Enio P. Introduccíon. In: HELENE, Paulo R. L.; PEREIRA, M. Fernanda N. C. **Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón**: reparación, refuerzo y protección. São Paulo, 2003. CYTED Ciencia e tecnologia para el desarrollo. Programa de cooperacíon iberoamericana. CYTED Subprograma XV. Corrosíon e impacto ambiental sobre materiales. Red Rehabilitar CYTED XV.F. Abril 2000 a setembro 2003. São Paulo, 2003. 1 CD-ROM. ISBN 85-903707-1-2.
 82. HUSNI, Raúl. BENÍTEZ, Alejandra; MANZELLI, Aníbal; MACCHI, Cláudio; CHARREAU, Geraldine; RISETTO, Jorge; LUCO, Luis Fernandez; GUITELMAN, Nestor; MORRIS, Walter. Acciones sobre las Estructuras de Hormigón. In: HELENE, Paulo R. L.; PEREIRA, M. Fernanda N. C. **Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón**: reparación, refuerzo y protección. São Paulo, 2003. CYTED Ciencia e tecnologia para el desarrollo. Programa de cooperacíon iberoamericana. CYTED Subprograma XV. Corrosíon e impacto ambiental sobre materiales. Red Rehabilitar CYTED XV.F. Abril 2000 a setembro 2003. São Paulo, 2003. 1 CD-ROM. ISBN 85-903707-1-2.
 83. HUSNI, RAÚL. **Errores, diagnóstico, reparación y prevención em lãs estructuras de hormigón**. [19--?]. Disponível em: <<http://www>

- .ibracon.org.br/aci/publicacoes/apresentacoes/Erros.pdf> Acesso em: 25 jan. 2006.
84. IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. **Construção sustentável**. São Paulo. [19--?]. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/construcao_sustentavel.asp> Acesso em: 01 mai. 2006.
 85. INSTITUTO CHILENO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. **Manual del Hormigón**. Chile, 1988.
 86. INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACION. Generalitat Valenciana. Conselleria D'obres publiques, urbanisme i transports. **Guia para la inspección preliminar de estructuras de hormigón em edificios existentes**. [200-?]. 60 p.
 87. ISAIA, Geraldo C. Durabilidade do concreto ou das estruturas de concreto? Reflexões sobre o tema. In: WORKDUR - WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2, 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2001. 1 CD-ROM. ISBN 85-87978-04-7.
 88. JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. **On agenda 21 for Latin America and Caribbean construbusiness** - a perspective from Brazil. Paper accepted by Building Research and Information. 2001.
 89. JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. **Durabilidade e Sustentabilidade**: Desafios para a Construção Civil Brasileira. In: WORKDUR - WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2001. 1 CD-ROM. ISBN 85-87978-04-7.
 90. JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; BONIN, L. C. Proposta de terminologia para o tema durabilidade no ambiente construído. IN: WORKDUR - WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2001. 1 CD-ROM. ISBN 85-87978-04-7.
 91. KEINÄNEN, Jyrki; SARJA, Asko. International Symposium. 2. ILCDES 2003 Integrated Lifetime Engineering of Buildings and Civil Infrastructures December 1 - 3, 2003 Kuopio, Finland. First Invitation and Call for Papers. **Paper**. 2002. Disponível em: <<http://www.ril.fi/Resource.phx/seminaari/semi-ilcdes/papers.htx.i687.pdf>> Acesso em: 01 mai 2006.
 92. KORKA, J. W.; OLOUFA, A.; THOMAS, H. R. **Facilities computerized maintenance management systems**. Journal of Architectural Engineering, v. 3, n. 3, September, p. 118-123, 1997.
 93. LABRE, José B.; GOMES, Paulo L. Corrosão e Proteção Catódica das Armaduras de Aço do Concreto. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE CORROSÃO E PROTEÇÃO, 3, CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO. v. 1, 2. **Anais...** Rio de Janeiro. ABRACO. 1989.

94. LANER, Felice José. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2001. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2001.
95. LAVORANTI, Osmir J. **Técnicas de Pesquisa**. Paraná, 2005. Disponível em <www.est.ufpr.br/~osmir/e220a/T%E9cnicas%20de%20Pesquisa.pdf>. Acesso em 09 set. 2005.
96. LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**: Procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. 1985. 191p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1985.
97. LIMA, Edson de Oliveira. **Durabilidade do concreto armado em indústrias siderúrgicas**: contribuição à identificação e mapeamento de agentes agressivos. 2000. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.
98. MACHADO, Messias dos Santos. **Estudo das patologias em edificações na região da Grande Vitória segundo uma abordagem sistêmica**. 2003. 304p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.
99. MAGALHÃES, C. P.; FOLLONI, R.; FURMAN, H. Análise da Patologia das Obras de Arte do Município de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE REFORÇOS, REPAROS E PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO. Maio 1989, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1989. p. 3-17.
100. MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, elaboração análise e interpretação de dados. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 282 p. ISBN 85-224-3263-5.
101. MARTÍN-PEREZ, B.; IBARA, H.; HOOTON, R. D.; THOMAS, M. D. A. A study of the effect of chloride binding on service life predictions. **Cement and Concrete Research** 30. 2000, pp. 1215-1223.
102. MATHER, Bryant. Concrete durability. **Cement & Concrete Composites**, v. 26, Issue 1 ou n.1, p. 3-4, Janeiro de 2004. ??Elsevier??? disponível...
103. MATOS, G; WAGNER, L. **Consumption of Materials in United States**. 1900-1995. US Geological Service 9p. 1999.
104. MEHTA, Kumar P.; MONTEIRO, Paulo J. M. Durabilidade. Tradução e adaptação de Denise Carpena Coitinho Dal Molin. In: _____. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. Tradução e adaptação de Antonio Carmona Filho, Denise Carpena Coitinho dal Molin, Maria Alba Cincotto, Moema Ribas Silva, Mônica Prezzi, Paulo Roberto do Lago Helene e Silvia

- Maria de Souza Selmo. 1. ed. São Paulo: Pini, 1994. p. 119-185. ISBN 85-7266-040-2.
105. MEHTA, P. K.; GERWICK, C. Jr. *Concr. Int.* v. 4, n. 10, pp. 45-51, 1982.
 106. MEIRA, Gibson R.; PADARATZ, Ivo J.; ALONSO, M^a Cruz; ANDRADE, M^a Carmen. Agressividade por cloretos em ambientes de atmosfera marinha. In: REUNIÃO ANUAL, 2003, Vitória, ES. **Anais...** Vitória: IBRACON, 2003.
 107. MESEGUER, Alvaro Garcia; **Controle e garantia da qualidade na construção**. Tradução de Roberto José Falcão Bauer, Antonio Carmona Filho, Paulo Roberto do Lago Helene. Sinduscon-SP/ Projeto/PW. São Paulo, 1991.
 108. MICHIGAN DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Bridge Operations Unit. Construction and Technology Support Área. **Michigan structure inventory and appraisal coding guide**. Michigan, 2003. Disponível em: <http://www.michigan.gov/documents/MDOT-Bridge-METRCRIA_87987_7.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2005.
 109. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes - DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - procedimento**. NORMA DNIT 010/2004 - PRO. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/ipr_new/normas/procedimento.htm> Acesso em: 03 set. 2005.
 110. NATIONAL BRIDGE INSPECTION STANDARDS. NBIS Section 650.311. Code of Federal Regulations. 23 Highways – part 650. Subpart C – December, 1988.
 111. NDTJAMES. Disponível em: <<http://www.ndtjames.com>> Acesso em: 10 out 05.
 112. NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto**. Tradução de Salvador E. Giammusso. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Pini, 1997. 828 p. ISBN 85-7266-068-2.
 113. NEW YORK STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Bridges inspection manual**. Nova York, 1997. Disponível em: <<http://dot.state.ny.us/pubs/publist.html>> Acesso em: 21 ago. 2005.
 114. NEW YORK STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Cornell Local Roads Program. Transportation Maintenance Division. Structures Design and Construction Division. Transportation Research and Development Bureau. **Fundamentals of bridge maintenance and inspection**. Nova York, 1997. Disponível em: <<http://ntl.bts.gov/lib/12000/12200/12223/>> Acesso em: 21 ago. 2005.
 115. NEW YORK STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Cornell Local Roads Program. Transportation Maintenance Division. Structures Design and

- Construction Division. Transportation Research and Development Bureau. **Fundamentals of bridge maintenance and inspection**. Nova York, 1997. Disponível em: <<http://ntl.bts.gov/lib/12000/12200/12223/>> Acesso em: 21 ago. 2005.
116. NINCE, Andréia Azeredo. **Levantamento de dados sobre a deterioração de estruturas na região Centro-Oeste**. Brasília-DF, 1996. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Brasília-DF, 1996.
117. OHIO DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Bridge inspection manual**. Ohio, 1998. Disponível em: <http://www.dot.state.oh.us/se/1998%20bridge%20inspection%20manual/bridge_inspection_manual%20cover.htm> Acesso em: 22 ago. 2005.
118. OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Bridge inspection pocket coding guide**. Oregon, 2003. Disponível em: <http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/BRIDGE/standards_manuals.shtml> Acesso em: 21 ago. 2005.
119. OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Oregon NBI coding guide: for inventory and appraisal of Oregon Bridges**. Oregon, 1999. Disponível em: <http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/BRIDGE/standards_manuals.shtml> Acesso em: 21 ago. 2005.
120. PEREZ, Ary Rodrigo. **Manutenção de edifícios**. São Paulo: PINI/ IPT, 1995. Boletim 042.
121. PINHEIRO, Sayonada Maria de Moraes Pinheiro. Impacto da colonização do fungo *Cladosporium sphaerospermum* na argamassa do concreto. Vitória, 2003. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.
122. PROCEQ. Disponível em: <<http://www.procequsa.com>> Acesso em: 10 out 05.
123. REGOURD, M. **Durability physico-chemical and biological processes related to concrete**. Report of International Workshop on Durability of concrete structures, CEB-RILEM, Copenhagen, Dinamarca, 1983, pp. 49-71.
124. REHABCON MANUAL. **REHABCON Strategy for maintenance and rehabilitation in concrete structures**. EC DG ENTR-C-2. Innovation and SME Programme. IPS-2000-0063. 2004. Disponível em: <<http://www.cbi.se/rehabcon/>> Acesso em: 10 set. 2005.
125. REINHARDT, H-W; STUTTGART, A. D. **Measuring the gás permeability of coverconcrete precart plant and technology**. Germany, 1996. VG2 ill. p. 86-93.
126. REPETTE, Wellington L. **Contribuição à inspeção e à avaliação da segurança de estruturas acabadas de concreto armado**. Porto Alegre,

1991. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1991.
127. REY, Luis. **Planejar e redigir trabalhos científicos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1997. p. 318.
128. RIBAS SILVA, M. Biodeterioração do concreto armado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, 1995, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Corrosão, 1995.
129. RINCON, O. T.; CARRUYO, A. R. de; ANDRADE, C. HELENE, P.; DÍAZ, I. **Manual de inspeccion, evaluacion y diagnostico de corrosion em estructuras de hormigon armado**. CYTED – Programa Iberoamericano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento. 1997. ISBN 980-296-541-3.
130. RODRIGUEZ, J.; ARAGONCILLO, J.; ANDRADE, A.; IZQUIERDO, D. **“Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura.”** CONTECVET-IN 30902I. [199-?]. Disponível em: <http://www.ietcc.csic.es/public_elec/Formulário_Contecvet.html>. Acesso em: 16 set. 2005.
131. RODWAY, L. E. **Durability of concrete: cement, concrete and aggregates**. CCAGDP. v.7. Summer 1985, p 43-48.
132. ROSELL, Joan Ramon. Herramientas y ensayos para la diagnosis. In: Col.legi d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona. **Manual de diagnosis e intervenció en estructures de hormigón armado**. 1. ed. Barcelona, 2000. 163 p. ISBN 84-87104-43-6.
133. SAETTA, A. V.; SCHREFLER, B. A.; VITALIANI, R. The carbonation of concrete and the mechanism of moisture, heat and carbon dioxide flow through porous materials. **International Journal for Cement and Concrete Research**, 23, 1993, pp. 761-772.
134. SARJA, Asko. **Lifetime engineering: a visionary view**. Workshop “Lifetime”. Lyon, 2005. Disponível em: <http://www.lifetime.vtt.fi/lifetime_network/presentation_sarja_lifetime_engineering.pdf> Acesso em: 28 ago 2006.
135. SCHIESSL, P. **Durabilidad de las estructuras de hormigón**. Cemento-Hormigón, N1 642, 1987. pp. 472-485.
136. SIPILÄ, Juha. In.: **Desenvolvimento sustentável**. Agenda21. Disponível em: <<http://www.agenda21local.com.br/con1.htm>> Acesso em: 01 mai. 2006.
137. SITTE, W. R. Costs for service life optimization: The “law of fives”. In: CEB-RILEM. Durability of concrete structures. **Proceedings of the international workshop held in Copenhagen**, on 18-20 May 1983. Copenhagen, 1984. (Workshop Report by Steen Rostam).

138. SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998. 255 p. ISBN 85-7266-096-8.
139. TAPIA, Carlos P.; VARGAS, Vicente Z., **Recomendaciones de durabilidad em hormigones**. In: JORNADAS CHILENAS DEL HORMIGÓN, 14., 2003, Valdivia. Disponível em: <http://www.seconstruye.com/jh2003/PDF/trabajos/CarPine_ViceZeto.pdf>. Acesso em: 9 out. 2005.
140. TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Bridge inspection manual**. Texas, 2002. Disponível em: <<http://manuals.dot.state.tx.us/dynaweb/colbridg/ins>> Acesso em: 22 ago. 2005.
141. THE FORUM OF EUROPEAN NATIONAL HIGHWAY RESEARCH LABORATORIES - FEHRL. EUROPEAN COMMISSION DG VII. 4th Framework Programme. **BRIME: Bridge Management in Europe**. 1999. Disponível em: <<http://www.trl.co.uk/brime/>> Acesso em: 05 set. 2005.
142. TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY OVERSEAS UNIT. Department of Transport. Overseas Development Administration. Crowthorne Berkshire United Kingdom. **A guide to bridge inspection and data systems for district engineers**. Overseas Road Note 7. Washington D.C., v.1, 1988. Disponível em: <http://www.transport-links.org/transport_links/publications/publications_v.asp?id=703&title=ORN7+Volume+1%2E+A+GUIDE+TO+BRIDGE+INSPECTION+AND+DATA+SYSTEMS+FOR+DISTRICT+ENGINEERS%2E++> Acesso em: 04 set. 2005.
143. TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY OVERSEAS UNIT. Department of Transport. Overseas Development Administration. Crowthorne Berkshire United Kingdom. **Bridge inspector's handbook**. Overseas Road Note 7. v.2, 1988. Disponível em: <http://www.transport-links.org/transport_links/publications/publications_v.asp?id=704&title=ORN7+Volume+2%2E+BRIDGE+INSPECTOR%27S+HANDBOOK+> Acesso em: 04 set. 2005.
144. TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Stockolm, 1982. Tese (Doutorado), Swedish Cement and Concrete Research Institute. 1982.
145. TUUTTI, K. Service life of structures with regard to corrosion of embedded steel. In: PERFORMANCE OF CONCRETE IN MARINE ENVIRONMENT, **ACI SP-65**. 1980. p. 223-37.
146. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Federal Highway Administration (FHWA). Office of Engineering. Bridge Division. Bridge Management Branch. **Recording and coding guide for the structure inventory and appraisal of the nations's bridges**. Report N° FHWA-PD-96-001. Washington D.C., 1995. Disponível em: <<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/mtguide.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2005.

147. VILASBOAS, José Marcílio L. **Durabilidade das edificações de concreto armado em Salvador**: uma contribuição para a implantação da NBR 6118:2003. 2004. 229p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
148. WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Highways and Local Programs Division. Transportation Building. Bridge Preservation Office. **Washington State Bridge Inspection Manual**. M 36-64. Washington, 2002. Disponível em: <<http://www.wsdot.wa.gov/TA/Operations/Bridge/BIC.html>>. Acesso em: 15 set. 2005.
149. WILSON, B. **Systems**: concepts, methodologies and applications. New York, John Wiley & Sons, 1984, 339p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. AGUIAR, José Eduardo de; DALVI, Djardiere; GOMES, Abdias Magalhães. 3ª Ponte de Vitória – monitoramento e manutenção permanente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 45, 2003, Vitória. **Anais...** Vitória: IBRACON, 2003. CD-ROM
2. AGUIAR, José Eduardo; GOMES, Abdias Magalhães; TAKAHASHI, Paulo Roberto; MENEZES, Fabiano Sales de. Monitoramento e avaliação estrutural da igreja da Pampulha – como resolver um problema de 50 anos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 45, 2003, Vitória. **Anais...** Vitória: IBRACON, 2003. CD-ROM.
3. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Guide for concrete inspection:** reported by ACI Committee 311 ACI 311.4R-88. In: _____. ACI Manual of Concrete Practice. Detroit, 1997.
4. ANDRADE, C.; CASTILLO, A.; RIO, O.; D'ANDRÉA, R. Relación empírica entre la resistividad y la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigones fabricados com distintos tipos de cemento. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 47, 2005, Recife. **Anais...** Recife: IBRACON, 2005.
5. ANTUNES, George de Barcellos Sá. **Uma contribuição ao estudo da manutenção com enfoque no processo de projeto e produção de edifícios.** Percepções dos projetistas e gerentes / administradores. Vitória, 2004. 233f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.
6. ARZOLLA, José Artur Roccia Dal Pozzo. Patologias em concreto: inspeção de pontes e viadutos na cidade de Piracicaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 45, 2003, Vitória. **Anais...** Vitória: IBRACON, 2003. CD-ROM.
7. CASCUDO, Oswaldo. Técnicas de laboratório e de campo para avaliação da durabilidade de estruturas de concreto. In: WORKDUR - WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2001. 1 CD-ROM. ISBN 85-87978-04-7.
8. CASTRO, E. K.; CLÍMACO, J. C. T. S.; NEPOMUCENO, A. Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 37, 1995, Goiânia-GO. **Anais...** Goiânia: IBRACON, v. 1, pp. 293-307, 1995.
9. CUNHA, Ana Caria Quintas da; HELENE, Paulo R. L. **Despassivação das armaduras de concreto por ação da carbonatação.** São Paulo: EPUSP, 2001. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/283. São Paulo: EPUSP, 2001.

10. FERNÁNDEZ, A.; MOLINERO, P.; QUINTERO, M., PÉREZ, O. Diagnóstico de corrosión em edificaciones de hormigónarmado construidas em el primer tercio Del siglo XX em Cuba. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN, 7, CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD EM LA CONSTRUCCIÓN, 9, 2003, Mérida, Yucatán, México. **Anais...** Mérida, Yucatán, México: CONPAT, 2003. CD-ROM.
11. FERREIRA, Ricardo B. **Influência das adições minerais nas características do concreto de cobrimento e seu efeito na corrosão de armadura induzida por cloretos.** Goiânia, 2003. 212f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
12. FIGUEIREDO, Enio J. Pazini; HELENE, Paulo; ANDRADE, Carmen. Fatores determinantes da iniciação e propagação da corrosão da armadura do concreto. São Paulo: EPUSP, 1993. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/121. São Paulo: EPUSP, 1993
13. GRILO, Leonardo Melhorato. **Gestão da qualidade na construção de edificações: o projeto orientado à produção.** Vitória, 1999, 355f. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1999.
14. HELENE, Paulo R. L. Envelhecimento e inspeção de pontes e viadutos. In: SEMINÁRIO INERANCIONAL DURABILIDADE DE MATERIAIS, COMPONENTES E ESTRUTURAS, 3, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil, 1997.
15. HELENE, Paulo. Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto. NB 1/2001. In: WORKDUR - WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2001. 1 CD-ROM. ISBN 85-87978-04-7.
16. HERNÁNDEZ, G. Taylor. La conservación de los puentes em cuba em el período 1995-2002 y su desarrollo futuro. CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN, 7, CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD EM LA CONSTRUCCIÓN, 9, 2003, Mérida, Yucatán, México. **Anais...** Mérida, Yucatán, México: CONPAT, 2003. CD-ROM.
17. JOHN, V M.; SATO, N. M. N.; BONIN, L. C. Proposta de terminologia para o tema durabilidade no ambiente construído. In: WORKDUR - WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2., 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2001. 1 CD-ROM. ISBN 85-87978-04-7.
18. JOHN, Vanderley M.; JUST, Angelo; DELGADO, Carlyson B.; ANDRADE, Tibério C. Avaliação de desempenho em postes de energia elétrica em concreto armado (Região não agressiva). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 41, 1999, Salvador. **Anais...** Salvador: IBRACON, 1999. CD-ROM.

19. LIMA, Rosele Correia de; HELENE, Paulo R. L.; LIMA, Maryangela Geimbra. **Avaliação da eficiência de inibidores de corrosão em reparo de estruturas de concreto**. São Paulo: EPUSP, 2001. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/282. São Paulo: EPUSP, 2001.
20. MEIRA, G. R.; PADARATZ, I. J.; ALONSO, M. C.; ANDRADE, M. C. Efeito do distanciamento em relação ao mar na agressividade por cloretos na costa brasileira. CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN, 7, CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD EM LA CONSTRUCCIÓN, 9, 2003, Mérida, Yucatán, México. **Anais...** Mérida, Yucatán, México: CONPAT, 2003. CD-ROM.
21. MEIRA, Gibson Rocha; PADARATZ, Ivo José. Efeito do distanciamento em relação ao mar na agressividade brasileira. CONGRESO BRASILEIRO DO CONCRETO, 44, 2002. **Anais...** IBRACON, 2002.
22. MUÑOZ, Edgar. E. D. Causas Del colapso de algunos puentes em Colômbia. CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN, 7, CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD EM LA CONSTRUCCIÓN, 9, 2003, Mérida, Yucatán, México. **Anais...** Mérida, Yucatán, México: CONPAT, 2003. CD-ROM.
23. PEREIRA, Lucia de Fátima L. da Costa; CINCOTTO, Maria Alba. **Determinação de cloretos em concreto de cimentos portland: influência do tipo de cimento**. São Paulo: EPUSP, 2001. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/294. São Paulo: EPUSP, 2001.
24. RODRIGUES, Giana Sousa Sena. **Módulo de deformação estático do concreto pelo método ultra-sônico**: estudo da correlação e fatores influentes. Goiânia, 2003, 187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
25. ROSTAM, Steen. Service life of concrete structures a design approach for the future. In: CONCRETO COLLOQUIA, 2003, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos, SP, 2003. CD-ROM.
26. SCHIESSL, Peter. Durability of reinforced concrete structures. **Construction and building material**, v.10, n.5, pp. 289-292, 1996.
27. SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS – ESCOLAS, POSTOS DE SAÚDE, PREFEITURA E PRÉDIOS PÚBLICOS EM GERAL, [19--?], Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, v. 1, v. 2, [19--?].
28. SILVA, Felipe Tavares da; PIMENTEL, Roberto Leal; BARBOSA, Normando Perazzo. Análise de Patologias em estruturas de edificações da cidade de João Pessoa. In: CONGRESO BRASILEIRO DE CONCRETO, 45, 2003, Vitória. **Anais...** Vitória: IBRACON, 2003. CD-ROM.
29. YIN, Nelton Martins. **Uma contribuição ao estudo da logística no sub-setor de edificações**: estudos de caso em canteiros de obra de Vitória-ES. Vitória,

2003, 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo.

Classe geral de exposição				Descrição	Exemplos
Classe	Subclasse	Designação	Tipo de processo		
Não agressiva		I	nenhum	- interiores de edifícios, não submetidos a condensações - elementos de concreto em massa	- interiores de edifícios, protegidos das intempéries
Normal	Umidade alta	IIa	Corrosão de origem diferente dos cloretos	- interiores submetidos a umidades relativas médias altas (>65%) ou a condensações - exteriores com ausência de cloretos, e expostos a chuva em zonas com precipitação média anual superior a 600mm - elementos enterrados ou submersos	- sótãos não ventilados - tabuleiros e pilares de pontes em zonas com precipitação média anual superior a 600mm - elementos de concreto em coberturas de edifícios
	Umidade alta	IIb	Corrosão de origem diferente dos cloretos	- exteriores com ausência de cloretos, submetidos a ação da água da chuva, em zonas com precipitação média anual inferior a 600mm	- construções externas protegidas da chuva - tabuleiros e pilares de pontes, em zonas de precipitação média anual inferior a 600mm
Marinha	Aérea	IIIa	Corrosão por cloretos	- elementos de estruturas marinhas, acima do nível de maré alta - elementos externos de estruturas situadas próximo a costa (a menos de 5Km)	- edificações nas proximidades da costa - pontes nas proximidades da costa - zonas aéreas de diques, e outras obras de defesa litoral - instalações portuárias
	Submersa	IIIb		- elementos de estruturas marinhas submersas permanentemente, abaixo do nível mínimo de maré baixa	- zonas submersas de diques e outras obras de defesa litoral
	Em zonas de maré	IIIc		- elementos de estruturas marinhas situadas em zona de flutuação de maré	- zonas de pilares de pontes sobre o mar, situadas na flutuação de maré
Com cloretos de origem diferente do meio marinho		IV	Corrosão por cloretos	- instalações não impermeabilizadas em contato com água que apresente conteúdo elevado de cloretos, não relacionados com o ambiente marinho - superfícies expostas a saís de degelo não impermeabilizadas	- piscinas - estações de tratamento de água

Quadro A.1. Classes gerais de exposição relativas à corrosão das armaduras.

Fonte: Adaptado da EHE, 1999, p. II-6, tradução nossa.

Designação	Descrição do ambiente	Exemplos
1 – Sem risco de corrosão		
X0	Para concreto em massa: todos os ambientes exceto onde há ação de degelo, abrasão ou ataques químicos	Concreto em interiores de edifício com níveis de umidade muito baixas
2 – Corrosão induzida por carbonatação		
Quando o concreto armado está exposto a ambientes úmidos, a exposição deve ser classificada da seguinte forma: Nota: as condições de umidade a considerar no cobrimento do concreto, em alguns casos, podem ser as mesmas que as do ambiente do entorno. Nestes casos a classificação do ambiente deve ser a adequada. Esta observação não é válida no caso de existir uma barreira entre o concreto e o ambiente.		
XC1	Seco ou permanentemente úmido	Concreto armado no interior de edifícios com umidade relativa baixa Concreto permanentemente submerso
XC2	Úmido, raramente seco	Superfícies de concreto submetidas a contato com água durante longos períodos
XC3	Umidade moderada	Concreto armado no interior de edifícios com umidade relativa moderada Concreto em exteriores protegidos da chuva
XC4	Ciclos de úmido e seco	Superfícies de concreto em contato com água, não incluídos na classe XC2
3 – Corrosão induzida por cloretos de origem distinta da marinha		
XD1	Moderadamente úmido	Superfície de concreto expostas aos cloretos contidos no ar
XD2	Úmido raramente seco	Piscinas Concreto exposto a ação de águas industriais que contenham cloretos
XD3	Ciclos de úmido e seco	Partes de pontes expostas a respingos que contenham cloretos
4 – Corrosão induzida por cloretos de origem marinha		
XS1	Exposição a ação de sais contidos no ar, porém não em contato com a água do mar	Estruturas próximo ao mar, na costa
XS2	Permanentemente submersos	Parte de estruturas marítimas
XS3	Zonas expostas a ação da maré ou respingos de maré	Parte de estruturas marítimas

Quadro A.2. Classes de exposição segundo a norma EN206.

Fonte: EN206, apud Rodriguez et al., [199-?].

INDICADOR	NIVEL I (1)	NIVEL II (2)	NIVEL III (3)	NIVEL IV (4)
Profundidade de carbonatação [X _{CO2}]	X _{CO2} = 0	X _{CO2} < c	X _{CO2} = c	X _{CO2} > c
Nível de cloretos [X _{Cl-}]	X _{Cl-} = 0	X _{Cl-} < c	X _{Cl-} = c	X _{Cl-} > c
Fissuração por corrosão no cobrimento [w]	Sem fissuras	Fissuras < 0.3mm	Fissuras > 0.3mm	Fissuração generalizada e deslocamentos
Resistividade (Ωm) [ρ]	> 1000	500-1000	100-500	<100
Perda de seção [Ø]	< 1 %	1 – 5 %	5 – 10 %	> 10%
Intensidade de corrosão (µA/cm ²) [I _{corr}]	< 0.1	0.1 – 0.5	0.5 - 1	> 1

Legenda: c: cobrimento.

Quadro A.3. Indicadores de dano de corrosão (IDC).

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Classe	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Peso	0	1	1	2	3	2	3	4	2	3	4

Quadro A.4. Valores do fator AA para classes de exposição ambiental da norma EN206.

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Øt	Separação dos estribos			Sem estribos
	st ≤ 0.5 d	st > 0.5 d (4 ramos)	st > 0.5 d	
> 8mm	1	1	2	1
≤ 8mm	2	2	3	

Quadro A.5. Índice de armadura transversal para elementos submetidos à flexão.

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Onde: Øt é o diâmetro da armadura transversal em mm, d é o canto efetivo da seção em mm e st é a separação entre os estribos em mm.

Índice de armadura transversal (conforme Quadro A.5)	Armadura longitudinal (mm)			
	Ø ≥ 20		Ø < 20	
	Quantidade alta	Quantidade baixa	Quantidade alta	Quantidade baixa
1	I	II	II	III
2	II	III	III	IV
3	III	IV	IV	IV

Quadro A.6. Índice estrutural de elementos submetidos à flexão (vigas).

Fonte: Adaptado de Rodriguez et al., [199-?].

Para a determinação da subcategoria de quantidade baixa ou alta no Quadro A.6, se considera a quantidade de armadura submetida à tração, devido estas vigas serem mais sensíveis à corrosão. As quantidades, baixa ou alta são classificadas conforme:

baixa para $\rho_1 < 1.0\%$	alta para $\rho_1 > 1.5\%$
-----------------------------	----------------------------

Onde: ρ_1 é a taxa de armadura longitudinal.

Para valores intermediários de ρ_1 , o profissional de cálculo estrutural que deve decidir em que tipo de classificação situa-se o elemento.

Em casos que a quantidade de armadura longitudinal é (ρ_1) alta deverá ser levada em consideração a quantidade de armadura longitudinal em compressão (ρ_2) devido ao risco de um possível deslocamento do cobrimento. Em casos que $\rho_2 > 0.5\%$ o índice estrutural deverá ser o mesmo que o estabelecido para quantidades baixas de ρ_1 .

No caso em que os dados das armaduras não sejam disponíveis para a verificação conforme o Quadro A.5, e sua obtenção seja complicada, pode-se utilizar o Quadro A.7 para classificação simplificada de elementos a flexão. É claro que o nível de precisão obtido é bem menor, estando na maioria dos casos a favor da segurança.

Armadura transversal	Viga plana ($h < b$)		Vigas de canto, vigotas, lajes	
	Seção de apoio	Seção de centro de vão	Seção de apoio	Seção de centro de vão
Sem estribos	---	---	I	II
Alta densidade	II	III	III	IV
Baixa densidade	III	IV	IV	IV

Quadro A.7. Índice estrutural de elementos submetidos à flexão (vigas) na versão simplificada. Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Onde: h é a altura da viga e b é a largura.

$\varnothing t$	$\lambda = \text{espaçamento dos estribos} / \varnothing \text{ das barras principais}$	
	$\lambda \leq 10$	$10 < \lambda$
$> 8 \text{ mm}$	1	2
$\leq 8 \text{ mm}$	2	3

Quadro A.8. Índice de armadura transversal para elementos submetidos à flexo-compressão (apoios, pilares).

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Onde: $\varnothing t$ é o diâmetro dos estribos.

Índice de armadura transversal	$\eta = \text{Índice de deslocamento (*)}$			
	$\eta \geq 0.75$		$\eta < 0.75$	
	Espaçamento		Espaçamento	
	$> 5\emptyset$	$< 5\emptyset$	$> 5\emptyset$	$< 5\emptyset$
1	I	I	II	III
2	I	II	III	IV
3	III	IV	IV	IV

(*) O índice de deslocamento se define como a relação entre a seção reduzida do apoio (sem considerar cobrimento do concreto) e a seção bruta.
Onde:
- η : relação entre a seção reduzida do apoio (seção bruta do suporte menos a seção que resulta sem considerar o cobrimento e o diâmetro dos estribos) com respeito à seção bruta do apoio;
- Espaçamento entre as barras verticais do apoio.

Quadro A.9. Índice estrutural (IE) de elementos submetidos à flexo-compressão (apoios, pilares).
Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Onde: \emptyset é o diâmetro da armadura longitudinal.

Da mesma forma que os elementos submetidos à flexão, o Quadro A.10 fornece uma classificação de apoios simplificada, para os casos em que se obter detalhes da armadura é complicado.

Armadura transversal	Dimensão mínima do apoio (a)			
	$a > 400 \text{ mm}$		$a \leq 400 \text{ mm}$	
	Alta separação de barras verticais	Barras verticais pouco espaçadas	Alta separação de barras verticais	Barras verticais pouco espaçadas
Estribos pouco espaçados	I	II	III	IV
Estribos muito espaçados	II	III	IV	IV

Quadro A.10. Índice estrutural de elementos submetidos à flexo-compressão (apoios) na versão simplificada.

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].

Ensaio	Comentários
Detalhe da armadura	Na Avaliação Detalhada são realizadas ainda medidas da perda de seção das armaduras e a penetração de agentes agressivos, que podem ser realizadas diretamente na barra, uma vez que seja retirado o concreto do cobrimento e os óxidos que possam estar formados sobre a barra. E ainda, os diâmetros das armaduras devem ser medidos tanto em zonas sãs como nas com indícios de deterioração, e na quantidade suficiente para se obter um valor representativo, levando em consideração que a perda de seção não é homogênea em todo o elemento.
Limite elástico e resistência à tração do aço	Ensaio realizado somente na Avaliação Detalhada. A corrosão pode provocar alterações nas propriedades mecânicas do aço. Ao se realizar uma Avaliação Detalhada é necessário conhecer o limite elástico, a resistência à tração e a deformação correspondente do aço. Para que estas informações sejam obtidas, é necessário obter-se pelo menos uma amostra de cada lote para ser ensaiada. O inspetor deve decidir o número e a localização dos locais para a extração. Ainda que a perda da ductilidade do aço não seja um aspecto crítico, quando houver processos de corrosão severos é conveniente avaliar se o aço está menos dúctil.
Microestrutura do concreto: porosidade e análise microscópica	Ensaio realizado somente na Avaliação Detalhada. Com as técnicas de microscopia e porosimetria pode-se caracterizar o tipo do mecanismo de deterioração e a qualidade do concreto. <ul style="list-style-type: none"> • Microscopia: A microscopia consiste no estudo de lâminas delgadas de concreto mediante a utilização de um microscópio de polarização e fluorescência, que permite estudar e caracterizar determinados parâmetros físicos e minerais que influem na qualidade do concreto e na evolução de suas propriedades. Os principais parâmetros que se pode caracterizar são: características da mistura, como homogeneidade, relação a/c, fissuração e presença de componentes reativos; profundidade de carbonatação ou presença de cloretos; caracterização petrográfica dos agregados, possíveis fissurações e reatividade potencial; interface entre a pasta e o agregado e o aço; determinação do ar incorporado; e microfissuração. • Porosimetria: A porosidade está diretamente relacionada com a durabilidade do concreto quando este se encontra em ambiente agressivo. A rede de poros é o caminho utilizado pelos agentes agressivos para penetrar no concreto. A utilização de técnicas como porosimetria de mercúrio facilitam informações como: porosidade total, distribuição do tamanho dos poros, tamanho médio dos poros, etc. Outros ensaios, como permeabilidade ao oxigênio e absorção de água podem ser empregados para estudar a porosimetria.

Quadro A.11. Ensaio somente realizados na Avaliação Detalhada.

Fonte: Rodriguez et al., [199-?].



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**

ROTEIRO DE ENTREVISTA

DADOS DO ENTREVISTADO

- 1 Nome:
- 2 Telefone / Fax:
- 3 E-mail:
- 4 Cargo:
- 5 Setor em que atua:
- 6 Tempo no setor:
- 7 Tempo no órgão:
- 8 Setores em que já trabalhou no órgão:

CARACTERIZAÇÃO DO ÓRGÃO

- 1 Nome:
- 2 Área de atuação:
- 3 Tempo de atuação:
- 4 Local em que atua:
- 5 Nº médio de funcionários:
- 6 Departamentos / Setores existentes:
- 7 Nº de funcionários no setor de engenharia (projeto, execução, fiscalização):
- 8 Principais estruturas de concreto sob a administração/gestão do órgão:
- 9 Formas de contratação de projetos, obras e obras de recuperação quando existirem

ASPECTOS TÉCNICOS

- 1 O que entende por Manutenção preventiva e manutenção corretiva de estruturas de concreto?
- 2 O que entende por diagnóstico de estruturas de concreto?
- 3 Qual o entendimento quanto a vida útil de estruturas de concreto? E vida residual?
- 4 Há conhecimento quanto aos requisitos de durabilidade da nova norma NBR 6118? O que é conhecido? (Sobre cobrimento, Rc, classes de agressividade, a/c ... Diâmetro)
- 5 Há algum tipo de manutenção nas estruturas de concreto? É preventiva ou corretiva? Como é feita?
- 6 Há algum documento de instrução (manual) quanto à realização da manutenção? Qual? Onde se encontra? Como é? Impresso? Computador?
- 7 Há algum setor responsável pela manutenção? Qual? Caso não, quem são os responsáveis ?

- 8 São realizados treinamentos com os envolvidos? Quando? Como? Há prática?
- 9 O que é realizado por eles propriamente dito? Como é feito? Qual procedimento? É preventivo ou corretivo?
- 10 Há um período / frequência definida de manutenção? Qual tempo? Qual manutenção, preventiva ou corretiva ?
- 11 Há algum tipo de inspeção nas estruturas de concreto? São inspeções programadas? Se não, porque são realizadas? Quando?
- 12 Há alguma documento de instrução (manual) quanto à realização da inspeção? Qual? Onde se encontra? Como é? Impresso? Computador?
- 13 Há algum setor responsável pela inspeção? Qual? Caso não, quem são os responsáveis?
- 14 São realizados treinamentos com os envolvidos? Quando? Como? Há prática?
- 15 Como é realizada a inspeção? Procedimento
- 16 Há um período / frequência definida de inspeção? Qual tempo?
- 17 São tiradas fotografias? De que partes? Em quais situações? Dos problemas? Do entorno? Onde são armazenadas estas informações? Quem são os responsáveis?
- 18 São retiradas amostras para ensaios? Como? Quantas? Quem? Há um procedimento?
- 19 Quais critérios? Sempre? Qual a frequência?
- 20 São realizados algum tipo de ensaio diretamente na estrutura? Quais? Como? Quem executa? Qual frequência? Há um procedimento?
- 21 Há algum documento que explicita os ensaios a serem realizados? Procedimentos? Qual documento?

Para marcar quais destas ações são realizadas pela Instituição

- 1 Verificação de documentos como plantas, memoriais
- 2 Fotografias dos problemas
- 3 Verificação de documentos/registros das recuperações realizadas
- 4 Pesquisa com pessoal responsável pela recuperação
- 5 Inspeção visual
- 6 Mapeamento de problemas
- 7 Medidas de fissuras
- 8 Profundidade de carbonatação
- 9 Profundidade de cloretos
- 10 Extração de CP's com rompimento
- 11 Potencial de corrosão
- 12 Resistividade elétrica
- 13 Intensidade de corrente
- 14 Propriedades físicas (ultrason)
- 15 Verificação de ferragens, como posição, cobrimento, diâmetro das barras com pacômetros (eletromagnéticos)
- 16 Banco de dados da estrutura / inventário
- 17 Extração de barras de aço para ensaio em laboratório

- 22 É realizado algum tipo de treinamento nesta área de durabilidade, inspeção, manutenção e diagnóstico de estruturas? Como é feito? Qual periodicidade? Quem realiza? Quem participa?

- 23 De alguma forma é pensado na manutenção ou facilidade de manutenção na fase de projeto? Há critérios? Quais?
- 24 É mantido algum histórico, banco de dados das inspeções realizadas? E das manutenções propriamente ditas? É registrado em algum lugar?
- 25 São realizadas recuperações nas estruturas? Quando?
- 26 É realizada alguma análise anterior ou simplesmente realiza-se o reparo no local onde apresentou o problema?
- 27 Como é feita a recuperação? Por que método? Quais materiais? Qual equipe?

ASPECTOS FINANCEIROS

- 1 Há conhecimento quanto aos custos de recuperação de estruturas? Da idade média das estruturas recuperadas ? Da quantidade média de estruturas recuperadas?
- 2 E quanto aos custos de manutenção? Qual a idade média da estrutura normalmente ocorre a manutenção da mesma? M. Preventiva e M. Corretiva? Sabem qual a quantidade de estruturas que sofreram manutenção preventiva? E Corretiva?
- 3 Há conhecimento de quantos ml, m² ou m³ em média são reparados nas estruturas? De quanto seria?
- 4 Há conhecimento quanto a diferença de custos de manutenção preventiva e manutenção corretiva? Qual seria essa diferença?
- 5 É mantido algum histórico, banco de dados dos custos de manutenção preventiva ou manutenção corretiva/recuperação das estruturas? Como é feito? É em meio eletrônico? Há algum software? Quando é utilizado? Em quais situações? De que forma?
- 6 Este histórico / banco de dados é consultado? Quando? Quem é responsável pela consulta?

ASPECTOS GERENCIAIS

- 1 Pode-se estimar qual tem sido a vida útil das estruturas sob a administração desta Instituição? Qual seria este valor em média?
- 2 Há algum inventário das estruturas? Dados como projetos, dados de execução, materiais... Banco de dados, memoriais... dados de manutenções / recuperações....
- 3 Como estes dados são armazenados? São consultados? Em quais situações? Por quem?
- 4 Há um conhecimento da vida residual das estruturas?
- 5 Quem faz manutenção preventiva das estruturas? E recuperação/m. corretiva? Empresas terceirizadas ou funcionários? Há um setor responsável? Se terceirizadas, que tipo de garantias são cobradas das empresas de recuperação quanto a vida residual das estruturas?
- 6 Há algum critério na tomada de decisão caso haja necessidade de intervenção ou inspeção mais detalhada em uma estrutura? Qual?
- 7 O que é levado em consideração quando se decide intervir ou realizar uma inspeção mais detalhada na estrutura?
- 8 Quanto do orçamento da Instituição é destinado à manutenção preventiva de estruturas? Corretiva? E à recuperação?
- 9 No processo de licitação para recuperação de estruturas há alguma exigência ao contratado quanto à garantia do tempo de vida da recuperação da estrutura? Como é? Como é cobrada? Por quem?

Observações:

INSTITUIÇÃO A

DADOS ENTREVISTADO

Nome: Eng^o Guilherme Andrade Macedo

Telefones: 3177 7080 / 3722 4300 / 9947 4286

E-mail: guilhermeandrademacedo@yahoo.com.br

Cargo: Primeiro engenheiro da Secretaria de Obras e Diretor Operacional do Sanear (água e esgoto)

Setor: Secretaria de Obras e Sanear

Tempo: Diretor Operacional do Sanear: 8 meses, Secretaria de Obras: 3 anos e meio

Setores em que já trabalhou na Instituição: somente nesses dois

CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Nº médio de funcionários na prefeitura: 2.300 (com educação, tudo)

Nº médio de funcionários no setor de engenharia: 3 Obras: 120 aproximadamente

Principais estruturas de concreto sob a administração da prefeitura: ponte Florentino Avidos (1ª ponte), Segunda Ponte, escolas públicas, prédios públicos, drenagens (300 a 400 Km aprox.)

Forma de contratação de obras e recuperação: maioria das vezes é mão de obra própria, quando está muito apertado de serviços é que é solicitado certos tipos de serviços, como sondagem, UFES, CREA, de vez em quando é acionado. O calculista da cidade também é um grande parceiro da instituição. Quando precisa de laboratório, o mesmo é contratado.

1ª PONTE

Falou no início sobre a 1ª ponte, a Florentino Avidos.

Foi inaugurada em 1928. Construída para a utilização ferroviária, com estrutura metálica, e vigas importadas da Bélgica. Porém não chegou a ser utilizada para a ferrovia. Até então foram colocados pranchões de madeira sobre as vigas de aço para a sua utilização. Mais ou menos na década de 40, os pranchões de madeira foram substituídos por grandes lajes pré-moldadas de concreto armado, de mais ou menos uns 3m de comprimento, 1m de largura e uns 60cm de altura, para o tráfego em uma via. Entre 55 e 58 foi realizada obra para alargamento da via para duas pistas, com complementação da estrutura em concreto armado. E posteriormente foi incorporado a estrutura os dois “braços” para passagem de pedestres.

No ano de 2000 (?) uma das placas pré-moldadas de concreto rompeu. Foi realizada uma vistoria por uma equipe da UFES para fazer a avaliação da estrutura. Foi constatado que a estrutura de aço está sem problemas e que agüenta bastante carga ainda. Porém as demais

placas pré-moldadas de concreto estão deterioradas e podem vir a romper. Para solucionar o problema da placa que rompeu, foi colocada uma chapa de aço sobre o local, acima barras de aço, para a aderência do concreto e foi concretado e asfaltado, criando-se o famoso “quebra-molas” sobre a ponte.

Porém, posterior a esta solução, com o contínuo tráfego de caminhões com granito, outras placas pré-moldadas apresentaram sinais de provável ruptura, porém sem problemas para a estrutura em aço da ponte. Foi proibido então o tráfego de caminhões pesados sobre a ponte, retardando bastante o processo de ruptura das placas.

A previsão da prefeitura é com o término das obras da Segunda Ponte, possa vir um apoio do Dertes/Dnit para a troca das placas pré-moldadas, desviando assim o trânsito da 1ª para a 2ª Ponte, temporariamente, desvio esse, inviável neste momento, devido ao grande tráfego na 1ª ponte.

O que mais preocupa esta cidade hoje não é a ponte, é o processo construtivo de casas, que é completamente errado. Tanto pela questão financeira e a questão cultural. Esta cidade, mesmo pobre, tem uma certa origem alemã, italiana.

Eu vi um estudo, uma tese na UFMG sobre Esta cidade, chamada de a Teoria do Sobrado. Teoria que dizia o seguinte: a cultura da família alemã e italiana é juntar todo mundo, perto da mãe, do pai, o “puxadinho do irmão”..., vai crescendo. Então nós temos em lugares extremamente desfavoráveis prédios de 5 andares. E a parte estrutural, pilares... não é nem sub-dimensionado, não em dimensionamento. Vai crescendo, crescendo, e a pessoa mora em um lote que vale R\$1.000,00 e faz uma casa de R\$20.000,00.

Então isso preocupa mais a gente hoje. Estamos construindo casas populares pra exatamente poder ir tirando aos poucos esse pessoal desta situação.

Prédio com flambagem nos pilares...

-Esse prédio aqui, você está sabendo o que aconteceu?

-Por auto.

-É um cálculo estrutural de 1920 mais ou menos. O colatinense é inconstante, e olha que este prédio é de classe A. O que foi feito neste prédio: resumidamente um pilar que estava com 170t de carga, na hora que o calculista José Inácio Dantas foi conferir a estrutura pela norma vigente hoje, ele encontrou que o pilar aguentava só 70t, aí ele rompeu, ele flambou literalmente a ferragem. Aí o pessoal desesperou, chamou comissão, a defesa civil, que eu fiz parte. Foram constatadas uma série de loucuras, para você ter idéia, a caixa d'água que era para ser no subsolo eles passaram para o telhado em cima deste pilar. Onde em cima era para ser um terraço eles construíram mais dois apartamentos e o cálculo estrutural, assim, completamente equivocado para as normas correntes hoje.

Na verificação dos demais pilares, mais ou menos uns 6 ou 7 estavam com problemas, de novo o que eu estou te dizendo é a nossa senhora do concreto armado que segura aqui mesmo. Aqui o engenheiro civil calculista não tem mercado pra mais do que 1 ou 2. Porque o pessoal de cultura alemã e italiana não acha necessário.

A cara desta cidade é isso daqui. Se o cara tem um terreno de 200m² ele não quer deixar nem calçada, quer construir tudo, o mais aproveitado possível, eu já vi aberrações de casas que tem banheiro de frente pra cozinha porque ele não queria o corredor, porque ele julga o corredor como uma coisa desnecessária. Então a cultura desta cidade é isso daqui, você não vê nenhuma casa com jardim, aqui o aproveitamento do terreno é máximo. E se você virar pra esse proprietário aqui e deixar ele tomar conta da calçada e chegar até o meio da rua ele chega, mesmo que em nome da coletividade ele avacalhe tudo. Mas esta cidade a cultura é assim.

E construtivamente está tudo indo assim, lembrando que esta cidade é uma cidade nova, tem 82 anos.

A norma de concreto hoje visa muito durabilidade. Não só a questão da resistência do concreto momentânea, ela visa muito a durabilidade. E a gente sabe que devido aos intempéries, a oxidação de aço, o próprio concreto em uma linguagem leiga ele apodrece mesmo, vai aerando, que estraga, e o que que acontece, com o tempo essa resistência vai diminuindo.

Não é uma profecia, quem dera que eu estivesse errado, mas eu duvido que daqui uns 5 a 10 anos o que vai cair de casa nesta cidade vai entrar para a história. Porque? O processo construtivo aqui é todo igual e é todo errado.

Então isso hoje, vamos dizer, numa visão estratégica pra prevenir para daqui mais algum tempo, preocupa mais do que certas obras pontuais. E o que o Poder Público pode teoricamente fazer com relação a isso?

Desde que este prefeito assumiu um loteamento foi aprovado. Porque? Onde tem rampa maior que 30%, não se permite construir, o loteador tem que entregar toda a infra-estrutura em termos de drenagem e muro de arrimo, ou seja, criar uma condição mais favorável para implantação de pessoas.

A gente está tentando evitar de se colocar pessoas morando em encostas, apesar de que não tem jeito, isto é um problema social. O pobre, não tem dinheiro, tem que morar num local que é mais barato, aí um pega e vende a laje, vai vendendo um pedacinho de terra, um pedaço onde é roça hoje e por aí vai.

Aí o que que acontece, a gente está tentando evitar isso, porque, o processo de fiscalização, se o cara constrói um prédio correto ou errado, é de responsabilidade dele. A gente não tem como chegar para um cara e dizer: não constrói ou constrói.

O que você está vendo aqui é a cara do que é esta cidade. Esta é uma área considerada uma das mais pobres desta cidade, e isso é considerado a cara desta cidade. Uma área com uma declividade de 40%, onde você vê casas de até 4 andares, num local onde o lote vale R\$1.000,00 a casa vale R\$40.000,00. Não é cultural do pessoal falar assim, eu vou investir e comprar um lote em outro lugar.

Mas o que me chama atenção aqui, você pode pegar um prediozinho destes, de 3 andares, que o pilar de baixo, as vezes é mais fino do que o de cima, do que o outro, tem emenda no meio, o prumo desta parede aqui.. dá uma olhada... então, ta entendendo, o negócio (estrutura) fica em pé porque é solidário mesmo, uma estrutura trava a outra. Mas isto aqui preocupa mais esta cidade hoje do que ponte, do que estas questões pontuais. Aqui, para você ter idéia, a prefeitura construiu um aterro, e o pessoal começou a construir em cima, e teve um deslizamento de terra que matou 8 pessoas, porque ia ter um pagode ali, se não ia matar umas 50. Então o que acontece, o poder público hoje tem uma visão de que mais do que ficar fazendo obras de reparo, ficar colocando groute não sei aonde, não deixar uma ferragem ficar exposta, não adianta, você ter ações pontuais, ainda mais esta cidade que tem 1,5 milhões para investir em obras. A obra da ponte nova, só ela custa de 3 a 4 milhões, demoraria então 3 anos pra fazer. Então não adianta a gente ficar resolvendo estes problemas esporádicos, a gente tem que bolar uma estratégia pra daqui literalmente a 10 anos a gente não estar preocupando com isso. Como eu disse o poder público tudo é mais lento, e é com uma visão estratégica que você vai conseguir mudar isso. Como? Não permitindo mais que isto aqui aconteça, que se construa de forma errada, que o trânsito pesado passe aqui, que as áreas de risco não sejam mais habitadas.

Obras complicadas; a ponte Florentino Ávidos (1ª), uma ponte sobre o Rio Pancas, que está projetada para 24 t e passa 100, 120t, e a segunda ponte, que é uma obra nova, mas que já está apresentando problemas. Basicamente nesta cidade tem isso. Tem muita sorte que as obras de arte aqui são produzidas para passar trem, 1950, 1920, então agüenta muita coisa. Aqui o problema é muito mais complexo, é social, mas pulverizado, não tem uma obra especificamente.

- E quanto as medidas da Prefeitura para evitar que isso esteja acontecendo é na questão de aprovação...?

- O que a gente mais faz, é por exemplo, neste mandato, quase 5 anos, dois loteamentos foram aprovados, porque, o PDU, literalmente agora passou a ser colocado em prática. O loteador tem que ter um terreno com declividade máxima de 20%, áreas acima de 40 são de preservação, não se pode construir, tem que deixar toda infra-estrutura pronta, drenagem, muro de arrimo, tudo tem a ver com esta questão de desmoronamento, coisas deste tipo.

Então está se tornando mais inviável a construção destes loteamentos, porque o loteador tem que entregar com isto tudo.

A prefeitura tem que estar se preocupando também com o pobre, aí o que tem feito pra contrabalançar isto daí, a gente está, nos bairros como Ayrton Sena, que foi desapropriado pela prefeitura, a gente tem uma área muito grande, e tem uma construção lá de 60 casas e tem mais umas 60 que estão ficando prontas, e para o ano que vem a gente quer fazer mais 100, pra poder tirar esse pessoal dessas áreas literalmente críticas e ... o sonho seria poder fazer casas pra todo mundo, mas não dá. Então é controlar o loteamento, pra que ele saia agora com esta estrutura e criar área que a prefeitura possa literalmente doar pra quem é realmente muito pobre e tem que morar no morro.

esta cidade foi muito sujeita a clientelismo, o que é? Você pega um morro, de um proprietário rico, e permite ele fazer um loteamento, sem o menor escrúpulo. O que aconteceu, vendeu-se os lotes por R\$5.000,00, e aí a prefeitura tem que gastar o proporcional a R\$10.000,00 por lote para deixar o negócio seguro. Não compensa, é um tiro no pé.

A secretaria de obras como é funcionário público, tem uns 4 funcionários, uns que já estão com muito tempo de casa, outros, por questões literalmente políticas não querem trabalhar, então, para você ter idéia, nestes 4 anos de prefeitura, conseguiu-se fazer um resgate do pessoal agora, o pessoal ta voltando com pique agora pra trabalhar...politica,...corrupção... Gerir com ética...

Hoje, esta cidade está em um caminho bem melhor, o pessoal está sendo muito mais rigoroso, mas o maior problema de todos ainda continua que é a pobreza. O pobre tem que morar no morro.... é até engraçado, esta cidade tem um relevo bastante ondulado, chega quase a ser montanhoso, só que acontece, existem os chapadões, mas o entorno desta cidade todo é de umas 4, 5 famílias só, então esse pessoal não abre mão desta terra, o que poderia até esta cidade estar toda neste contorno, na parte plana, e o morro ser todo de conservação ambiental. Mas como a área é de poucos, ao pobre não tem jeito, tem que morar no morro. O poder publico não tem dinheiro, não consegue fazer igual no Ayrton Sena para todo mundo.

2ª Ponte

A 1ª ponte quem adotou foi o Dertes, a 2ª foi o Dnit. O Dertes está muito bem, está conseguindo trabalhar, o Dnit tem os mesmos vícios de obra pública, licitação mau feita, ...

Esta é uma obra recente, teoricamente para durar 100 anos, está com o contrapiso todo quebrado já, foi na minha análise é um problema de projeto, na junta de dilatação,tensão em laje... processo construtivo errado, projeto errado, materiais fora de especificação, deterioração, tudo isso está fazendo isto na ponte. É uma obra nova, que apresenta problemas na sobre-laje, de 5cm que arreventou tudo.

Está pronta a uns 15 anos. Esta informação você pega ela com o Argeu (Dertes) e Ezir (Dnit).

Tem uma limalha pra trabalhar a tração.

Tensão na junta...

Já te mostrei o processo do tempo, 1ª ponte, esta aqui (2ª ponte) acho que é o processo construtivo muito mau feito ou projeto mau feito, e o outro é o caso daquelas casas lá, processo construtivo completamente equivocado.

A cultura do italiano e do alemão é que o engenheiro calculista, eletricista e hidráulico é extremamente supérfluo. Economiza pra fazer a casa o mais alto e mais barato possível. O famoso “puxadinho”.

Ponte sobre o rio Pancas

Projetada para 24t e passam nela hoje 100t. É impressionante a utilização destes coeficientes de segurança que nós utilizamos.

ENTREVISTA - ROTEIRO

O que você entende por manutenção preventiva e manutenção corretiva das estruturas?

Primeiro, uma análise realista, preventiva é o que a gente gostaria de fazer em tudo, realmente não dá. E a corretiva é a que depois que ruiu, ou arrenbentou, ou quebrou, você vai ter que fazer a ação. A preventiva é você saber o que provavelmente pode acontecer e você ir tomando as medidas para evitar que chegue as vias de fato e você precise de uma manutenção corretiva.

E o que você entende por diagnóstico de estruturas?

Diagnóstico eu acho que seria a pessoa, um calculista ou, a pessoa que possa fazer a análise sobre as questões de vida útil, ruptura, riscos estruturais, coisas desse tipo. Diagnóstico seria isto. Avaliar questões estruturais, de pavimentação, coisas deste tipo.

No diagnóstico você acha que poderia estar se utilizando algum ensaio, pra realizar este diagnóstico?

Sim, por exemplo, a parte da ponte desta cidade, em nenhum momento foi retirado amostra para se verificar com certeza qual foi o fck daquela ponte, porque hoje, por exemplo, o ensaio mais feito, a verificação mais feita ainda é a visual, ou a sentimental, né, eu acho.

Qual o seu entendimento sobre vida útil de estruturas?

É o tempo que a estrutura suporta sem riscos, não precisa quebrar não, mas sem riscos estruturais, por exemplo, uma deflexão maior do que a possível, uma vibração maior do que a possível, aquele trabalho, trânsito ou aquele peso que ela está suscetível.

E vida residual de estruturas?

Vida residual? Eu posso estar enganado, é depois que chega ao que se chama de limite de segurança, vida residual seria o que sobra daí até a ruptura. Nesta parte eu não tenho certeza não.

Há algum conhecimento seu, ou no setor da prefeitura que você trabalha sobre os requisitos de durabilidade da nova norma 6118?

Eu conheço, particularmente. A última revisão dela então, onde aumentou dimensão de pilares, vigas, teve um impacto maior em estruturas menores, mais esbeltas, nas estruturas maiores manteve-se mais ou menos, a não ser uma questão de cobrimento, alguma coisa deste tipo. Tendo em vista, e eu sei disto, a questão de durabilidade do concreto.

As questões de cobrimento também né, as classes de agressividade ambiental?

Sim.

Você sabe nos projetos realizados/elaborados na prefeitura se estas questões são levadas em consideração? Questão de relação a/c, diâmetro da ferragem, cobrimento?

Infelizmente por falta de material humano, técnico, tecnológico, não se faz como deveria ser, por exemplo, as vezes se faz uma obra e a gente não tira uma amostra do concreto pra saber como é que ele está sendo feito. Por uma limitação de pessoal e tecnológica. Primeiro que a gente não tem prensa pra romper, teríamos que fazer um convênio.

Registra-se o seguinte, que obras importantes, a gente não abre mão de obrigar a firma a fazer este tipo de ensaios de ruptura de concreto, ensaio de aço, coisa deste tipo. E a solução mais criativa que a gente arrumou pra isso foi trabalhar com estruturas simples. Por exemplo, um muro, ao invés de fazer um muro de concreto armado, a gente utiliza largamente o muro de gravidade que é o de concreto ciclópico. A gente sabe que o controle

de materiais dele é muito mais simples. As vezes por uma questão de água cimento e consumo de cimento, você consegue aferir o que realmente foi feito ali. Praticamente dizer o seguinte, quantos sacos de cimento você gastou, e uma verificação de como é que está sendo a quantidade de água na massa, inspeção visual, se está muito fluido, se está massa mais seca. Conclusão, trabalhar com estruturas simples é a solução mais viável que a gente encontrou aqui nesta cidade.

Como foi dito, as obras realizadas normalmente são contratadas por licitação, optando-se por estruturas mais simples para se poder cobrar melhor das contratadas as questões de ensaios. Há algum outro tipo de garantias que são cobradas destas contratadas? Há uma equipe que faz inspeção para verificar se eles estão fazendo rompimento de CPs´ (como foi dito que é exigido que eles façam)?

A parte de concreto, a parte de construções dificilmente passa de 1 andar. Tenta-se fazer sempre com um andar só. O que se faz mais é uma seleção de boas empreiteiras, que queira ou não, que a gente sabe que trabalham bem, a gente exige a ART, incluindo questões estruturais, coisas deste tipo.

Existe uma questão que são os artefatos pré-moldados, que são blocos e manilhas, que aí no edital de compra que existe uma cláusula que diz o seguinte, tem que se apresentar um ensaio por firma certificada, aí sim a gente é bastante rigoroso.

Obras como reforma da escola, construção de cantina, coisas deste tipo, é muito difícil, é muito aquém do que deveria ser.

É realizado algum tipo de manutenção preventiva em algumas destas estruturas sob o domínio da instituição? Ou fica somente na manutenção corretiva?

É demagogia falar que se tem um plano de trabalho preventivo hoje em dia. Até se estruturar que é um processo contínuo e longo, é o famoso ainda “se apagar incêndio”. A gente sabe onde é que são os pontos críticos, mas antes de você fazer este ponto crítico, você está corrigindo um outro que é um corretivo. Se é a mesma equipe que faz o preventivo e o corretivo, ela está sempre fazendo o corretivo, nunca está fazendo o preventivo. Não sobra tempo para fazer o preventivo.

Uma manutenção preventiva, na minha opinião que vocês fazem é como foi comentado é com respeito ao loteamento, exigindo a infra-estrutura. São estruturas que estão sob a jurisdição da instituição mas não são necessariamente da instituição, né?

Sim, mas no final das contas, volta para a prefeitura resolver, não é? É um problema que a gente tem que adotar, não tem jeito.

Há algum documento, alguma instrução quanto à realização destas manutenções, seja preventiva, mesmo não realizando, ou corretiva?

Não. Uma cartilha por exemplo ou manual, uma coisa deste tipo?

Sim

Não. A maioria das coisas que se faz é momentâneo, pontual, as vezes se consulta um calculista, se consulta um laboratório. Não há nenhuma normalização aqui nesta cidade não, a não ser com os artefatos pré-moldados.

Há algum setor responsável por esta manutenção?

Não, por exemplo, não é centralizado. O pessoal da saúde faz a manutenção nos prédios deles, os da obra, faz manutenção nas redes de drenagem e muro de arrimo a da educação tem uma equipe que faz na escola e por aí vai, é pulverizado.

E estas equipes que são bem distribuídas e separadas, há algum tipo de treinamento, aprimoramento dos conhecimentos?

Não. Aquela propriamente dita e como mandaria o rigor, eu lhe garanto que não. Infelizmente não é não. O que se faz é em função da prática mesmo dos encarregados, e coisa deste tipo. O que está errado, o que está certo é uma prática mais corriqueira pra esse pessoal, baseado na corretiva. Na inspeção, você queira ou não, quando você faz só a corretiva é muito fácil: o que quebrou, conserta.

Na medida que a manutenção realizada é uma manutenção corretiva, ela não deve ter, talvez, uma frequência que é feita. Você sabe como, pelo menos na sua área, que ela é realizada? Se há um tempo esporádico?

Não, por exemplo, o que acontece, época de chuva nesta cidade, normalmente você está fazendo muito mais correções do que uma época de seca, em função da topografia, relevo, as estruturas mostram muito mais suas falhas quando está chovendo. Existe na Séc. de obras uma equipe que é para construção de ruas, muros e prédios novos, e uma equipe corretiva. O que acontece é na época que está muito crítico, uma equipe fica sacrificada em relação a outra. E por aí vai. A frequência é extremamente aleatória.

Esta cidade tem certas drenagens que em época de chuva, sempre dão problema, e o que a gente faz? No máximo a gente limpa as galerias. Este é um ponto importante que eu queria citar: que todo o ano existem 2 equipes que fazem uma manutenção preventiva, essa é feita como manda o figurino, que é a limpeza de galerias e drenagens pluviais.

E na época das chuvas, é colocada em torno de 4 equipes para isso.

Existem umas aberrações aqui, por exemplo, uma rede de 80 que desemboca em uma de 60 e por aí vai.

Essa manutenção é feita diariamente. Diariamente tem gente limpando rede de drenagem, assoreada, entupida...

Essa equipe sim pode servir de modelo, apesar de serem funcionários públicos, que trabalham as vezes 6 horas por dia, não são tão motivados, mas sempre tem o gestor, sempre tem uma pessoa que cuida dessa questão da parte de drenagem.

E no âmbito das construções em si, nós falamos um pouco sobre manutenção, mesmo que não há uma manutenção preventiva, é feito algum tipo de inspeção visual nestas construções?

Sim, em todas.

Mesmo que se verifica o problemas, mas como você falou, não tem verba suficiente pra fazer uma manutenção preventiva?

Esse diagnóstico de ponte que está com problema, onde está, é sempre feito. Por exemplo, todo prédio que é de nossa responsabilidade ele é muito habitado. Uma escola por exemplo, não tem pessoa mais fiscalizadora que a própria diretora. Normalmente ela nos aciona quando percebe qualquer coisa, aí sim a gente vai ver e analisar pra ver o que é que precisa fazer, quando é urgente a gente até faz, mas coisas desse tipo.

Não é que existe uma equipe de monitoramento, mas normalmente as pessoas que estão alocadas nos locais, eles mesmos são as melhores pessoas pra conhecer quais os problemas dali.

No caso que você falou de escolas, a equipe da escola faz uma manutenção. Nos telhados, a limpeza essas coisas?

Sim, isso é feito.

Isso é um tipo de manutenção preventiva que é realizada, né? Agora a questão estrutural?...

Não, não tem. Acontece que essa aí é a preventiva mesmo necas, só a corretiva, por exemplo, telhado, caixas de esgotos, coisas desse tipo são feito, agora a estrutura é o que a gente se apega hoje. A gente tenta fazer hoje um projeto bem feito, porque a gente sabe que quando bem feito não precisa dessa manutenção, pelo menos ela é bem menor. Agora quando o processo vem errado, aí...só depois que rompe, rui, é que a gente vê o que está acontecendo.

E no caso das pontes, que são estruturas maiores, não há uma equipe que fique ali trabalhando, que possa estar verificando?

Não.

Como foi feito o acompanhamento da 1ª ponte? Da 2ª ponte? Foi realmente corretiva, quando ocorreu o problema é que foi verificado?

Foi, bom, o que motivou tudo foi uma ação corretiva. Quebrou-se uma placa, aí a partir desse momento passou-se a tomar medidas preventivas pra não se quebrar tudo. Mas o que motivou foi a constatação de que uma placa daquelas do meio da ponte realmente não agüentava o peso. Depois que ela rompeu, aí proibiu-se o trânsito, recapiou, coisas desse tipo. Até esse ponto, estava todo mundo achando que a ponte agüentava, tudo beleza, tranqüilo, sem problema nenhum. Que ela estava cansada mais agüentava.

E há alguma previsão desta troca destas placas?

Não. Até porque o município não tem a menor condição de fazer esta obra. A gente busca, sem dúvidas, parcerias com o governo do Estado, governo Federal, planos de trabalho pra isso. Existe a conversação, mas não existe a ação ainda, porque está se esperando a conclusão da 2ª ponte pra gente poder dar andamento neste processo de mexer nessa ponte (1ª) que está com problema, sem a gente criar uma outra válvula de escape e interromper esta daqui (1ª), que aí a gente vai estar gerando o caos na cidade, sem dúvida.

E questão de retirada de fotografias nestas estruturas, é feita algum tipo de fotografia na inspeção quando é realizada? Se estas fotografias são arquivadas? Se há o arquivamento de algum documento quanto à ação corretiva que foi tomada, ou quanto à questão de projetos também?

Existe até a questão de fotografar e se fazer laudos disso, só que a organização às vezes é meio aleatória, não é constante, não existe esse rigor de sempre fazer ou de se ter um arquivo. Alguma coisa com certeza vai ter, mas não que seja aquele rigor de ter aquele arquivo, nas obras, coisas desse tipo.

Na 1ª ponte, que conforme você informou que veio uma equipe da UFES, você sabe se eles forneceram algum laudo, algum documento com o diagnóstico da estrutura?

Eu acho que sim, tem que confirmar essa questão com o pessoal da defesa civil, que seria até o Fernando, por exemplo, aquele prédio lá que deu aquele problema, eles sempre mandavam um laudo pra gente dizendo que a estrutura está comprometida, ou coisa desse tipo.

E a questão de manter um histórico das estruturas, de arquivamento de projetos, (inventário) arquivamento de documentos de alguma manutenção que possa ter sido realizada, é feito algum arquivamento? Há um banco de dados?

É muito difícil. Todas as obras que são executadas e coisas desse tipo, a gente mantém uma pasta, com projetos, croquis, estrutural, o que tiver a gente sempre guarda, só que o que acontece, vários prefeitos passa, esse negócio de continuísmo as vezes não é respeitado. O que se faz em uma administração as vezes perde, ou muda a concepção pra outra, aí aquele arquivo que estava lá as vezes é jogado fora, coisas desse tipo. Como as obras desta cidade, a maioria é antiga, é tudo feito na época do papel e nanquim, então não tem muito registro. Tem muito papel, mas falta aquela catalogação direitinho.

Com relação a ensaios propriamente ditos nas estruturas, você comentou que não é feito né?

Não, pra construções não, mas pra artefatos pré-moldados sim. Por exemplo, vamos construir um banheiro comunitário, isso não existe, o rompimento de concreto, essas coisas.

Sim, mas claro que em uma ponte existe todo o controle?

Aí sim, aí tem. Igual um muro de arrimo de concreto ciclópico que é por gravidade simples, mesmo nesse muro a gente faz uma verificação de traço, teor de água e consumo de cimento.

Como dito anteriormente sobre diagnóstico de estruturas, a questão de profundidade de cloretos, carbonatação, extração de cp's pra rompimento, ensaios para monitoramento destas estruturas são realizados?

Não. Nada.

Resistividade elétrica, potencial de corrosão, tração em barras de aço?

Não, nada.

Questão de fotografias eu já te perguntei...

Tem alguma coisa, mas é a exceção, não é a regra não.

Não foi retirada especificamente pra montar um banco de dados, não?

Não. É aleatório. As vezes nem sabe onde é que está. É um arquivo de uma ponte que está com nome de escola, coisas desse tipo. Esse banco de dados deixa muito a desejar.

Na fase de projeto, como é pensado na questão de manutenção? Tem algum critério?

Não. O que se faz hoje é tentar fazer o projeto, por exemplo, planilha de prefeitura, muitas vezes ela pode ser até generalista, o cálculo estrutural de pequenas obras, normalmente é feito empiricamente. Não se faz, é uma questão que valeria a pena, mas é o sonho de consumo pra gente, não dá. Então o que acontece, você faz um projeto com a quantidade de concreto, e com a quantidade de aço suficiente pra você ter uma obra de qualidade. O

engenheiro gestor da obra dimensiona as peças, e coisas desse tipo de modo que a gente possa ter o mínimo de manutenção possível.

A manutenção corretiva, como dito anteriormente, é a única que se faz, normalmente, e quando ela ocorre? Quando se verifica o problema, como comentado, pela pessoa que está no local, que chama a sua equipe, aí vocês verificam o problema e aí sim é realizada a manutenção corretiva?

Sim. Vamos citar um exemplo: está trincando o teto da escola, aí a gente vai lá, vê, avalia, e vê se tem que fazer alguma coisa mesmo ou não. Não é que a sala chega a cair. Ou por exemplo, a drenagem está entupida, a gente vai lá, verifica e faz a ação até, mas é muito atendendo a demanda. A gente não tem esse roteiro normal.

E até porque não tem uma equipe, como você comentou?

Nem pensar. Tem mau-mau pra fazer as tarefas básicas.

ASPECTOS FINANCEIROS

Há um conhecimento quanto aos custos de recuperação das estruturas desta Instituição? Quanto é gasto com a manutenção corretiva?

Não. É mais fácil dizer quantas pessoas trabalham nessa parte de galeria, que é bem olhado. Mas é difícil especificar.

Há um conhecimento da idade média das estruturas recuperadas?

Mais ou menos esse controle é feito, não que isto está registrado, mas normalmente a pessoa que fez a reforma, ela está lá trabalhando até hoje, ou quem construiu tem um controle disso até hoje.

Você tem o conhecimento de qual seria essa idade média? Ou essa idade varia?

Varia demais, tem escolas aqui que vão de 70 a 10 anos. Varia muito. Tem ponte aqui de 20 anos a quase 100.

A idade da estrutura em que ocorreu a primeira manutenção corretiva, há um conhecimento?

Registro não, normalmente há o que as pessoas sabem quando foi feito, e coisas desse tipo. Registrar não, nunca vi isso não.

A quantidade média de estruturas que sofreram uma manutenção corretiva?

A ponte, algumas escolas..., que eu me recordo nesse tempo que eu estou aqui, umas 5 estruturas no máximo, uma correçãozinha de alguma ferragem exposta em uma escola, a

ponte Florentino Ávidos (1ª), coisas desse tipo. Quebra de um corrimão, manutenção de drenagem, eu vou considerar como só...

Há conhecimento da quantidade média de m², m³, ou ml de reparos nessas estruturas?

É muito complexo essa questão, porque por exemplo, limpeza de galerias são mais de 10Km por ano, manutenção de escolas, vamos colocar que é feito uma ou duas por ano, que varia, tem ano que não faz nada, não quebra tanto assim também não. A manutenção eu diria é muito esporádico. O que pode mais ser mensurado, por exemplo é um pavimento que arranca e a gente tem que refazer, drenagem que é limpa, que é consertada, aí sim é mais fácil.

Estrutural é bem esporádico?

Bem esporádico, é muito menos do que por exemplo uma drenagem.

Há um conhecimento sobre a questão dos custos de intervenção nas diferentes etapas da concepção de uma estrutura?

Não. Se mensura muito mais pelo tempo de pessoas e a quantidade de gente aplicada no serviço. A parte de material ela é bem mais relevante nesse ponto. Na verdade, dá pra se levantar, mas eu te digo que a manutenção é muito mais mão-de-obra do que material.

Você sabe que uma intervenção que você possa estar fazendo na etapa de projeto ela é muito menos custosa que em na manutenção corretiva, por exemplo?

Sim, sem dúvida.

Você tem noção de quanto seria essa diferença, da etapa de construção, para a manutenção preventiva ou corretiva?

Deve chegar algo em torno, vou te falar a verdade, em 1000 % , ou mais, porque normalmente os gargalos que a gente tem hoje na cidade, praticamente todo ano você tem que voltar neles para arrumar, quando chove, coisa desse tipo, uma rede de drenagem mal dimensionada, praticamente todo o ano você tem que voltar. Então realmente, se você fizer um projeto melhor, ... eu não sei nem mensurar, mas passa de 1000% isso aí.

Pode-se estimar qual tem sido a vida útil das estruturas sob a administração desta Instituição?

Isso varia demais, por exemplo, tem pavimento que dura sem manutenção 50 anos, tem outros que tem uma declividade grande que com um ano você tem que ir lá pra repor o calçamento. Drenagem, tem drenagem que tem 10% de caída que você não tem que

praticamente mexer nela nunca, mas tem drenagem que é praticamente nivelada, que quase todo ano você tem que limpar. Então é difícil você falar uma data com relação a isso.

ASPECTOS GERENCIAIS

Quais critérios são levados em consideração na tomada de decisão na necessidade de intervenção de uma estrutura ou de uma inspeção mais detalhada?

A ordem de prioridade sem dúvida é o grau de importância e risco da estrutura, 90% das vezes são vidas e os outros 10% seria a utilidade pública, qual que é mais útil ou não.

No processo de licitação para a recuperação de estruturas, há uma exigência ao contratado quanto ao tempo de vida posterior a recuperação dessa estrutura?

Não, não tem. Existe hoje no Código aí né, se eu não me engano, que é uma lei até mais antiga, ele tem a responsabilidade civil sobre a maioria das obras de 5 anos. Manutenção, coisas desse tipo, depende do julgamento, por exemplo, se ele fizer uma viga e ela romper, a culpa é dele, agora se tiver um desgaste considerado que a gente chama normal, por exemplo, a borracha estragou, ela acabou, aí sim tem esse julgamento, mas a gente frisa pro construtor que por exemplo, uma manilha quebrada, se em 5 anos essa manilha quebrar ele vai ter que consertar, agora se ela assorear aí já não é mais uma questão do construtor.

E com relação ao plano de metas, que você comentou por telefone, há um plano de intervenção ou de manutenção nessas estruturas?

Não. É uma utopia, particularmente na minha opinião acho que deveria ser um próximo passo, mas pra isso precisa ter a estrutura, o material humano, e controle, porque se não, não dá certo, correndo o risco que na hora que mudar de prefeito achar isso tudo banal e jogar tudo fora.

Gostaria de complementar alguma coisa?

Não, mais é isso aí mesmo.

É melhor falar essa verdade do que falar que aqui é mil maravilhas, mas não é. Deixo bem claro que a gente tem consciência de que pode melhorar muita coisa, mas falta perna, literalmente falta perna, aqui nessa cidade você tem que ser polivalente, tem que cuidar da dona Mariquinha que quer uma manilha, do cachorro que sumiu, do projeto do enronçamento de 15 milhões, da manutenção, da medição, da prestação de contas, então é complicado, mas realmente falta material humano...

INSTITUIÇÃO B

DADOS ENTREVISTADO

Nome: Ademálio Simplício Barboza

Cargo: Assessor Técnico da Secretaria de Obras

Setor: Secretaria de Obras

Tempo: 4 anos

Setores em que já trabalhou na Instituição: nenhum

CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Nº médio de funcionários na prefeitura: 7.000

Nº médio de funcionários no setor de engenharia: 7 engenheiros arquitetos: 3 ou 4 técnicos: não sabe (executa projetos na parte de edificações, rodoviária, somente pequenos projetos, de reparos.

Principais estruturas de concreto sob a administração da prefeitura: edificações de uma maneira geral: postos de saúde, creches, escolas e obras rodoviárias de maneira geral, muitas galerias pré-moldados, pontes, não muito grandes, e tubulação de concreto para águas pluviais.

Quando eu falei pra você, conservação de concreto no Brasil, nem sei se no mundo tem, mas no Brasil eu sei que não tem. Não existe uma conservação, existe um trabalho preventivo, que possibilita a correção. Então, pr periodicamente faz-se vistoria nas obras de concreto, e se percebe alguma anomalia, alguma trinca, fissura, então extrai-se aquela parte superficial e faz-se a correção. Essa é a maneira usualmente que se vê por aí. Eu conversei com uma pessoa que trabalha na 3ª Ponte, nessa área, eles verificam toda a estrutura de tempo em tempo e se tiver qualquer anomalia então, retira o material deteriorado e refaz.

Na 3ª Ponte é uma empresa que só faz isso, né? É de conservação, né?

Sim. Eu conversei com uma pessoa que trabalha lá, porque eu falei assim: deixa eu ver em que eu posso ajudar a Karla. Então a pessoa passou que o trabalho que se faz lá é esse: verificações periódicas e corrigir se por ventura estiver deteriorada.

O que acontece muito, infelizmente, o pessoal de obra recebe o projeto com todas as especificações e nem sempre executa exatamente como está lá. Uma parte importantíssima é o recobrimento. De acordo com o meio, se é um meio agressivo, por exemplo, como é o caso dessa região, né, você tem que ter um recobrimento, uma camada de recobrimento da armadura um pouco mais espessa. Isso, infelizmente não se observa muito. É lógico que nas obras que têm uma fiscalização mais rigorosa, que é executada com uma técnica mais apurada, você tem sim essa condição. Mas nas obras comuns, onde muitas vezes não tem

nem um engenheiro acompanhando, você vai ver que pouquíssimo tempo depois, você olha e primeiro você vê a marca da ferrugem, da oxidação no concreto, daí a pouco “estora” aquela parte. E nem sempre se faz uma correção. Às vezes o camarada chega lá e coloca uma massa qualquer, não faz uma proteção aquela armadura que foi exposta, por que uma vez atacada pela oxidação, aquilo não interrompe não, a armadura continua sendo corroída, e dentro de um certo tempo, aí você vai ver que tem problema sério.

Em suma, não é muita coisa que eu possa te ajudar não, é mais te orientar que o seguinte: o trabalho que se faz não é de conservação, é de vistoria para correções..., é um trabalho preventivo pra não se deteriorar muito a estrutura.

Roteiro

O que o Sr. entende por manutenção preventiva de estruturas de concreto?

São as vistorias periódicas nas estruturas.

E manutenção corretiva?

É quando existe alguma anomalia..., retira aquela parte deteriorada e refaz.

O que o Sr. entende por diagnóstico de estruturas de concreto?

O diagnóstico é o resultado da vistoria, então o engenheiro ou a equipe de técnicos que fazem esta vistoria, eles vão elaborar um relatório. O relatório pra informar como está a estrutura. Isso é o diagnóstico.

O que o Sr entende por vida útil de estruturas de concreto?

É o tempo que ela é utilizada, sem problemas.

E vida residual?

A vida residual é depois que surge uma anomalia séria, que ela é recuperada, então a partir daí é chamada vida residual.

Há um conhecimento sobre os requisitos de durabilidade da nova norma 6118, que é a nossa norma de elaboração de estruturas de concreto? Questões de cobrimento...

Não, eu conheço essas normas porque toda a vida eu trabalhei executando obras de concreto. Qual é o número dessa norma?

É a 6118, a que usa na elaboração de projeto.

Não, eu prefiro dizer que... não é que ela seja desconhecida, mas não existe assim um aprofundamento deste conhecimento.

É realizado algum tipo de manutenção nas estruturas de concreto que estão sob o poder da Instituição? Uma manutenção preventiva, ou só é realizado uma manutenção corretiva?

É a manutenção corretiva, só corretiva.

É feito algum tipo de inspeção periódica?

Isso se faz, isso é mais exatamente para elaborar esse diagnóstico. Essas vistorias são feitas, porque é questão de segurança.

Já tem um tempo pré-determinado que são feitas as vistorias?

Uma vez por ano. Uma vez por ano faz-se uma visita.

Não é quando, por exemplo, por acaso uma pessoa detectou um problema... que vai lá?

É, é. Quando detecta o problema aí faz fora desse período. Mas uma vez por ano sai um arquiteto, ...

Faz uma inspeção nas obras?

Uma inspeção nas obras.

Agora manutenção preventiva, periodicamente, ir lá, fazer um jateamento...?

Não.

Manutenção mesmo só é feita corretivamente?

É.

Há algum tipo de documento, algum manual, instrução de trabalho para essa equipe que vai fazer a inspeção?

Não.

Uma forma de detectar o problema?

Não. Isso é feito só com a experiência de quem vai fazer a inspeção.

E quem faz essas inspeções? Normalmente são engenheiros, ou são técnicos?

Engenheiros e técnicos.

Da Secretaria de Obras?

Da Secretaria de Obras

Dentro dessas 7 pessoas que o Sr falou...

É engenheiros, arquitetos e aí tem técnicos também. Técnicos eu não sei quantos.

O setor responsável por essa inspeção periódica?

É a Secretaria de Obras.

Não tem um setor vinculado?

Não, não.

É feito algum tipo de treinamento com essas equipes?

Não.

Um engenheiro mais experiente passando para um outro...?

Não, eu tenho...vamos dizer, 40 anos de profissão, não é que eu saiba muito, né, tenho muito que aprender ainda, mas normalmente, quando eu vou, vai mais um outro engenheiro, uma arquiteta e um técnico. Então a gente transmite essa experiência que a gente tem nessas vistorias, conversa, explica como é, como a gente detecta um problema, quando é que a gente percebe que a estrutura está sofrendo deterioração.

Dessa forma então, é passado o conhecimento?

É. O conhecimento é passado com a experiência né.

E como é feita então essa vistoria propriamente dita? Como o Sr. falou, anualmente sai essa equipe que foi montada, né, vai na estrutura...tem um calendário?

Não. Faz-se normalmente na metade do ano. Na metade do ano então, se pega uma semana para visitar as obras.

São feitas em todas?

Olha, não vou dizer em todas, mas na maioria.

Essa inspeção é basicamente visual?

Visual. Só visual.

E é realizado algum tipo de ensaio?

Normalmente não, se faz quando se detecta um problema, por exemplo, nós demolimos uma estrutura, um ginásio que estava sendo construído e ficou abandonado durante anos, e eu participei desde a construção, então nós usamos esclerômetros, é... enfim, além do visual, nós deliberamos que a estrutura teria que ser demolida porque a recuperação dela teria um custo tão alto, que era melhor demolir e fazer outra.

E nesse caso vocês usaram esclerômetro, fizeram ensaios com corpos de prova, pra determinar a resistência?

Sim.

E esses equipamentos usados são da prefeitura?

Não, foi usado de terceiros.

E teve uma equipe para auxiliar?

Não, foi só a equipe da Secretaria. Inclusive eu tenho esse relatório, e se você quiser eu posso te emprestar.

Seria interessante.

Nesse caso que o Sr. falou de ensaio, foi especificamente nessa estrutura que o Sr. falou, que se detectou que ela estava deteriorada?

É na verdade porque ela estava deteriorada, e porque seria uma responsabilidade muito grande continuar aquela estrutura sem fazer qualquer correção. Aí quando nós chegamos a conclusão que a correção seria onerosa e como também o projeto já tinha 10 anos, que era para o ginásio de esportes, e que não estava dentro das normas, então por essas razões a estrutura foi demolida.

Sobre a questão de manutenção, o Sr. disse que a manutenção realmente só é feita corretivamente?

É, corretivamente.

Então nessas inspeções que vocês realizam anualmente...

Quando detecta alguma coisa, uma fissura maior mais preocupante, então vai lá um operário que já tem algum conhecimento, faz uma escariação, tira aquele concreto, e coloca um novo.

E nessas inspeções realizadas, são feitas fotografias das estruturas, dos problemas...?

A sim, nesse relatório que eu vou te dar você vai ver muita fotografia.

As fotografias são feitas como, do todo, ou só das partes com problemas?

Não. Das partes com problemas né.

Essas fotografias são armazenadas de que forma? Nesse caso que o Sr. falou, elas estão armazenadas no relatório.

É estão nesse relatório. As fotografias ficam arquivadas, mas só fotografa a parte que a gente vê que precisa de uma correção.

E na inspeção periódica que vocês fazem, é usual retirar alguma fotografia?

Só quando percebe alguma anomalia.

Sobre a questão dos ensaios, como o Sr. comentou, realmente só é feito quando se percebe alguma anomalia?

Uma anomalia maior né.

Tem algum outro caso que precisou fazer ensaios, retirar amostras, usar esclerômetro?

Não. Que eu tenha participado não, foi só nessa, porque é uma coisa mais preocupante, porque simplesmente tomar a decisão de demolir sem ter uma comprovação era uma responsabilidade muito grande, então a Comissão optou por pedir ensaios de uma empresa especializada.

Então, a inspeção como o Sr. comentou, quando é verificada uma fissura, vai lá e é realizado a correção?

É.

E a mancha de corrosão? Há algum outro tratamento?

Não. Essa mancha ela surge em função da oxidação da ferragem, e nem sempre ela aparece em toda a estrutura. Então nesse local, onde essa mancha, a gente percebe que ela está em estado adiantado, também, retira aquela parte do concreto e refaz.

E faz alguma medição na ferragem, se houve perda de seção?

Olha, não. Normalmente não tem essa preocupação não. Agora, se ela estiver muito danificada, então aí nós vamos fazer um outro trabalho, além do concreto, nós vamos também reforçar aquela ferragem. Limpa aquela faixa, põe uma outra barra e concreta novamente. Já houve casos assim.

Bom, nesse relatório que foi feito ensaio, o Sr. sabe me dizer se foi feito algum ensaio como medida de profundidade de carbonatação, cloretos, potencial de corrosão?

Não. Essa vistoria foi muito visual e nós contratamos uma empresa, que foi lá com esclerômetro, e eu não sei que outros instrumentos, porque eu não acompanhei, e informou que estava realmente deteriorada.

Então foi uma empresa terceirizada que foi?

É.

E esse relatório, quem fez, foi a empresa?

Não. Foi feita pela comissão de técnicos que fez a avaliação.

Que usou os resultados dos ensaios que essa empresa fez para redigir o relatório?

É, exato.

O Sr. tem conhecimento que na fase de projeto, se é pensado na questão da manutenção posterior? Pensa-se assim: vamos fazer uma estrutura que possa ter uma manutenção mais fácil para que essa estrutura possa ter uma vida útil maior?

Não.

Não chega a esse critério não?

Não. Ainda não estamos não.

Há algum banco de dados das estruturas existentes, com dados de projetos armazenados, com dados de vistorias?

Não. Os projetos estão todos arquivados, agora os dados de vistorias também não existe não, porque são feitos relatórios sumários, só mesmo para tomar a providência de fazer a correção.

São feitos então os relatórios, mas não há um critério de armazenamento, um banco de dados?

Não, até agora não.

Esses relatórios estão na prefeitura, mas não tem aquela...

Não tem, vamos dizer assim, não tem uma pasta específica ou um departamento específico pra coletar.

Há um conhecimento sobre a questão dos custos de recuperação das estruturas, como o Sr. falou nessa estrutura, viu-se que se fosse recuperar ia ficar muito superior?

É. Certo.

Há um conhecimento de quanto se gasta para recuperar as estruturas?

Não, isso é feito uma avaliação de cada caso. E como essas correções, são pequenas correções, é uma fissura, que surgiu em função de um recobrimento deficiente, uma mão de obra rápida pra chegar lá e retirar aquilo e fazer outro concreto nós não temos.

Nem é feito esse levantamento?

Não, não é feito esse levantamento. É de pequena monta.

A idade média da estrutura em que se fizeram reparos?

Há, nós já tivemos reparos aí de obras com 5 anos. Porque o recobrimento foi insuficiente, né?

Foi detectado que foi o problema no recobrimento?

É.

E como o Sr. falou, na maioria das vezes erros de execução?

É. De uma maneira geral é execução deficiente, mal cuidada, mal acompanhada.

E uma análise de quantas estruturas faz-se recuperação anual? Tem uma estatística?

Não temos uma estatística não, mas eu te digo que é inferior a 10.

Anual né?

É.

E como o Sr. falou são reparos pequenos?

É. Quase sempre é um pilar, que não teve o recobrimento em um cantinho dele lá, aí tira, cobre...é pequena coisa.

Há um conhecimento de quantos m², m³, ml de estruturas reparadas?

Não, não tem.

Sobre as diferenças de custos de intervenção na estrutura, na fase de projeto, na fase de uma manutenção preventiva, ou na fase de uso, ou na fase de uma manutenção corretiva, o Sr. conhece essa diferença? Quanto é mais custoso, né? Se é em uma manutenção, se na etapa de projeto já estar pensando na etapa de manutenção...?

Não, se o projeto já fizer uma previsão de uma intervenção na estrutura, evidentemente ela é menos onerosa nessa fase. Porque depois você já tem que demandar uma equipe, equipamentos, que aí já é mais problemático.

E de uma manutenção preventiva para uma corretiva, também deve haver uma diferença?

Pra falar a verdade, eu não conheço métodos de manutenção preventiva, a não ser vistoria. Não sei se existe algum produto que possa ser utilizado como manutenção. Na verdade eu não conheço. O que eu conheço é só essa, da vistoria, é visual né, faz uma vistoria, e a partir daí se delibera se tem que fazer uma recuperação ou se a estrutura está boa.

Pode-se estimar qual tem sido a vida útil das estruturas sob a administração da prefeitura? Quanto tempo de vida?

Não. Eu não tenho esse dado, e as estruturas de uma maneira geral ainda tem a durabilidade equivalente. Mas você tem estruturas aí de 100 anos, quando ela é bem executada, não vou dizer que seja infinita a durabilidade dela, mas acho que pode considerar nesses termos, ela sendo bem executada, um concreto bem dosado, com todas as técnicas de construção, de execução, como vibração, recobrimento, materiais de boa qualidade, eu acho que pode ser considerado uma durabilidade indefinido.

Há um conhecimento sobre a vida residual das estruturas? Depois que é feita uma intervenção?

Não, porque vamos dizer, de uns 5 anos pra cá, que eu participei das vistorias, estão todas boas. Em vistorias posteriores não apresentaram mais nenhum problema.

Nesse caso é feita uma vistoria até mais localizada onde foi reparado anteriormente?

É claro, vamos ver como é que está se comportando aquele recobrimento.

Os projetos que são elaborados, e as obras executadas são feitos pela própria equipe da prefeitura ou são terceirizados?

Não. A prefeitura não tem equipe para construção, são empresas contratadas. O trabalho de recuperação, tanto pode ser com técnicos, operários de empresas contratadas quanto da prefeitura. A prefeitura tem equipe de manutenção geral, manutenção de serviços gerais.

Agora essa manutenção corretiva pode ser tanto feita pelo pessoal da prefeitura como contratado.

E a escolha de um ou outro seria com base em que?

A área onde a estrutura está localizada, verifica-se a empresa que está naquela área, se demanda equipamentos que a prefeitura não dispõe, então a empresa é solicitada.

Tudo isso é avaliado na etapa de escolha da equipe?

É.

Há algum critério na tomada de decisão caso haja a necessidade de intervenção ou inspeção mais detalhada de uma estrutura?

Não, isso é experiência do próprio pessoal envolvido.

Se a estrutura é uma estrutura de maior ... vamos dizer assim, uma ponte é uma estrutura que requer...

Não, aí ... primeiro que a prefeitura tem poucas pontes, mas não tem nenhum problema ainda de surgir dúvidas com estruturas de pontes, evidentemente se surgir, aí já vai demandar técnicos mais especializado, uma empresa especializada no assunto. Uma consultoria.

Qual seria o orçamento da instituição, se há um orçamento destinado pra esse tipo de serviço, de inspeção e manutenção?

Não, não tem. Como é o próprio pessoal que faz, então o recurso já é diluído no todo. E o custo da correção é estimado em cada caso, e se verifica a possibilidade ou não de se fazer.

Como o Sr. falou, pode haver a necessidade de uma empresa terceirizada estar realizando o reparo na estrutura. É feita alguma exigência do contratado quanto a garantia do tempo de vida após a recuperação da estrutura?

No contrato da empresa, ela em que dar as garantias, mas esse trabalho também é realizado com acompanhamento de técnicos da prefeitura. Os critérios já fazer parte do contrato, mas o cobrimento, no caso, é feito através de acompanhamento de técnicos da prefeitura.

A técnica a ser empregada a recuperação é definida por quem?

É em comum acordo, mas a decisão é da prefeitura. A maneira de como vai ser feito, a contratada pode evidentemente dar sugestões, pode não, deve, mas a decisão de como vai ser feito é da prefeitura.

E como o Sr. falou, como há um acompanhamento, uma supervisão a prefeitura já está se resguardando.

Sim.

Acrescentar algo:

Não, eu acho é o seguinte, eu já fiz algumas obras de concreto, ponte, viaduto, e não conheço realmente nenhum processo de conservação do concreto, agora a não ser que surge uma fissura, tem que corrigir imediatamente se não, aquela oxidação que surgiu na armadura, vai aumentar.

O Sr. caracteriza então esse reparo nessa fissura como correção?

Sim, como correção. Então o que eu conheço de conservação das estruturas de concreto é a vistoria e o trabalho corretivo. Pode ser que tenha outros processos, que eu posso até verificar para você com uma empresa de consultoria que eu conheço....

O usual em todos os lugares que eu já trabalhei é esse processo de fazer as verificações visuais e o trabalho de correção.

INSTITUIÇÃO C

DADOS ENTREVISTADO

Nome: Taíz Silva Ramos

Cargo: Não há um cargo. Não é funcionária da Prefeitura, está na prefeitura através de um contrato entre o Itufes com a prefeitura e a Fundação Ceciliano Abel de Almeida.

Setor: Secretaria de Obras. Estava em projetos agora em fiscalização de obras. Faz vistorias, laudos, estruturas. Já existiu na prefeitura um setor que era Departamento de Conservação, mas foi extinto.

Tempo: 10 anos.

Setores em que já trabalhou na Instituição: projetos e agora fiscalização

CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Principais estruturas de concreto sob a diretoria de edificações: todas as obras públicas, escolas, postos de saúde, pontes do continente para a Ilha. Há o Sedec que cuida de obras de terceiros.

Forma de contratação de obras e recuperação: quando eu estava no departamento de projetos até que eu fazia bastante projeto, mas hoje eles estão contratando um projeto completo, um pacote, mas ainda pode ser que faça aqui, coisas pequenas, em pouco tempo... A equipe de execução é contratada.

A recuperação quando é uma coisa pequena eu faço o procedimento para a equipe contratada fazer.

O que vc entende por manutenção preventiva de estruturas de concreto?

Bem, manutenção preventiva é aquela que vc faz periodicamente pra corrigir todas aquelas patologias, pra vc não deixar chegar no estado crítico.

E manutenção corretiva?

Aí seria a correção das patologias que por ventura venham a ocorrer.

O que vc entende por diagnóstico de estruturas de concreto?

O diagnóstico é exatamente essa observação que a gente faz pra...eu vou pegar um material que tem tudo definidinho aqui. (Material do curso com Carmona em 2002, Vitória)

Qual seria o seu entendimento sobre vida útil de estruturas de concreto?

Vida útil é até a hora que a estrutura está plena, não é a hora que ela acaba, que ela cai, vida útil é na hora que termina o prazo, que ela já começa apresentar alguns problemas, não é a hora que ela está caindo.

E vida residual?

Após a vida útil, é o tempo que ela tem até ela ruir.

Há um conhecimento seu, e nos demais profissionais na Secretaria de obras, sobre os requisitos de durabilidade da nova norma 6118, sobre as questões de cobrimento..., há esse conhecimento?

Olha, aqui na prefeitura quem faz sou, as obras são feitas todas dentro da nova norma, e está tendo até um curso aqui nesta cidade agora.

Nas obras da prefeitura, é feito algum tipo de manutenção nas estruturas? Preventiva?

Não.

E inspeção, para verificar como está a estrutura, mas não faz a manutenção?

Só faz inspeção quando o negócio está assim bem no estado adiantado, vamos dizer, uma trinca que já virou uma rachadura, aí eu sou solicitada aí vou lá e faço a inspeção.

Quem detecta o problema?

Normalmente são os usuários das unidades, o diretor, o coordenador, eles é que detectam, então pede uma vistoria.

Quando é feita essa chamada, quem vai fazer a verificação?

Sou eu.

E a partir daí, como é feito o processo, faz uma avaliação...do grau?

Eu faço uma inspeção visual, depois dessa inspeção visual aí eu faço um laudo, um diagnóstico, através de uma simples inspeção visual, porque a gente não tem nada pra fazer um teste de carbonatação, pra vc ver nada, mas aí eu faço um laudo, e em cima desse laudo eu falo a gravidade, a urgência da resolução do problema, e normalmente eu ainda indico os procedimentos para a recuperação.

Sobre documentos, há algum documento interno da prefeitura, que fala sobre as patologias, e como tratar?

Não.

Esse documento que vc me apresentou é um documento particular seu?

Particular, tudo meu aqui é particular, não tem nada daqui.

Quando vc falou que a inspeção que vc faz é uma inspeção visual e se vc detectar que a estrutura está bastante deteriorada, há a possibilidade de chamar uma equipe...?

Aí eu no meu laudo, eu solicito que tem que ser contratado um profissional da área para poder, com a equipe dele, fazer uma inspeção mais rigorosa.

Já houve casos?

Já.

De onde seria a equipe? Da cidade?

Não, normalmente tem um consultor do Rio que a gente contrata.

Não seria vinculado a Universidade?

Não, a prefeitura, é aquele caso, como a gente não conhece ninguém que saiba, a gente até tentou uma vez, pra fazer inspeções em uma galeria, e não conseguiu pelo Itufes, o Itufes não conseguiu, pegou pela Universidade, o prof. Fernando Lordello, e passou por todo um processo, aí chegamos a conclusão que ...

(Falei do projeto FACITEC e UFES não tinha equipamento – ela falou que avaliou o projeto a favor)

Aí então por orientação, quando eu... porque muitas vezes eu não posso ir sozinha, eu aqui não tenho nada, nem uma lanterninha eu não tenho aqui, aí então quando surge alguma coisa que eu acho que a gravidade é grande então a gente contrata. Contratamos agora a Ponte de Camburi, o consultor do Rio está elaborando... Ele já fez o diagnóstico...

Eu ia perguntar, se é feito um diagnóstico, tem algum documento?

Sim. Ele emite um relatório grande, com o diagnóstico, e em cima desse diagnóstico que ele manda então há uma contratação do projeto. Agora o consultor está fazendo o projeto de recuperação. É feita uma licitação. Esse primeiro diagnóstico, a contratação é feita direto porque o valor é pequeno. Aí agora o projeto da recuperação não, é feita uma carta convite, tem que ter no mínimo umas 3 pessoas.

E nesse diagnóstico ele faz ensaios? Retira CP's?

Faz, faz ensaios, esse ele retirou.

E vc faz um acompanhamento?

Isso, eu faço um acompanhamento, normalmente eu que sou a fiscal dele.

Nesse tipo de trabalho?

Sim. O nome dele é Robson Caeofato.

Sobre as responsabilidades nessa área, a Prefeitura te contratou especificamente para fazer esse trabalho de fiscalização nessa área ou vc também faz um trabalho de fiscalização na construção de obras?

Também faço fiscalização de obras.

A necessidade da sua contratação, vc saberia me dizer se foi mais nessa área de manutenção, ou se foi detectado algum problema em alguma estrutura ou se foi uma deficiência geral?

Não. Foi uma deficiência, porque no quadro da prefeitura não tinha ninguém na área de concreto armado.

Então basicamente vc é a responsável nessa área de manutenção quando há uma solicitação, a responsabilidade inicial é sua?

Quando eu vim do departamento de projetos, que fiquei 9 anos e vim para o departamento de cá, de fiscalização a 1 ano, colocaram uma pessoa no departamento de lá, mas só que não.... Enquanto eu fiquei lá eu calculava, analisava projeto, fazia vistorias, e eventualmente ainda fiscalizava obras. Então agora eu passei tudo... Eu atendia também todos os engenheiros das obras, estava-se executando uma obra, aí de repente dá problema um de fundação, aí eu tenho que ir na obra....

Sobre treinamentos, como a equipe está concentrada em vc, vc falou que sobre essa questão vc banca suas participações em Congressos e cursos?

Todo.

Frequência já foi comentado.

A primeira detecção é do usuário, o diretor, coordenador solicita.

Sobre a inspeção mesmo, é basicamente visual?

Sim.

E quando o concreto não é um concreto aparente?

Pela trinca, pelo formato a gente faz o diagnóstico, tudo visual.

E nessa inspeção, é retirada fotografia?

De vez enquanto eu tiro, tem algumas ali na mesa, depende da necessidade do problema.

Sobre os ensaios...

Aí a equipe que faz a inspeção maior faz. Na ponte de Camburi até sondagem ele está fazendo.

Sobre esses documentos que vc elabora, os laudos, fotografias, você faz alguma espécie de catalogação, algum documento?

Tenho, eu faço os laudos...eu não...eu tive que desmontar minha pasta para pegar um laudo lá atrás que perdeu do computador, então... aí ó, eu tiro fotos...

E um inventário da estrutura em si, desde o projeto inicial da estrutura, alguma inspeção, recuperação que venha a ser feita, existe algum banco de dados? Sobre uma estrutura, por exemplo uma escola, tem o projeto inicial dessa escola, depois eventuais inspeções ou recuperações que tenham ocorridas?

Não, essa unificação do banco de dados não tem. Fica tudo na minha cabeça, o que foi registrado, o que foi recuperado, o que não foi, porque volta e meio eu tenho que lembrar, ir nos meus laudos e dizer eu fui lá, lá em 19.. eu fui lá...eu sou arquivo vivo.

Como vc teve essa experiência na equipe de projeto, a equipe de projeto, provavelmente tem um banco de dados, dos projetos?

Os projetos tem um arquivo de projetos.

Mas não há essa interação do arquivo de projeto com o seu arquivo aqui da manutenção?

Não. Nem o arquivo de projetos não funciona bem.

Olha, o da Rua 7, das galerias, eu fiz um laudo, abriu um buraco, aí eu detectei a ferragem, recobrimento, ta vendo, acho que na hora de concretar não colocaram a pastilha. Sobre isso aqui, foi que para fazer limpeza tiveram que quebrar que não tinha visita. A gente estava querendo passar com carro do Corpo de Bombeiro de 36t, aí me chamaram para ver isso aqui e ver se poderia, aí na hora que eu vi isso daqui eu falei não pode passar nem ninguém andar aí em cima. Aí eu fiz o laudo, aí em cima do laudo foi contratado o serviço até do Robson, aí ele fez uma inspeção melhor, até tirou calculou abatimento no asfalto...

Quando na contratação dessa consultoria dele, os critérios, os procedimento pra recuperação é ele quem faz?

É ele quem faz.

Então a prefeitura segue o que ele determina?

Isso.

Há um conhecimento quanto aos custos de recuperação, em média, ou especificamente em uma estrutura?

Não, não tenho não.

Essa informação seria em outro setor?

É.

Vc sabe se há uma apuração desses valores, do custo?

O que é feito é o que está na licitação.

Se eu quiser obter uma média então eu conseguiria?

Não sei...

Uma média talvez não, mas de uma obra especificamente... pois na época da licitação para a recuperação foi feita análise, mas há um banco de dados desses valores?

Não. Eles não vão ter nada fácil assim, tem que preparar projeto, o processo...entendeu? Não é uma coisa assim rápida... o Castelo d'água que eu te falei tem porque está sendo licitado agora, é um castelo d'água que eu fiz...mas eles tem, porque ele está sendo licitado agora.

Então não há uma estatística em média anual de quanto se gasta em recuperação?

Não, nada nada.

Qual seria a idade média das estruturas que necessitaram de uma recuperação? Se há muita variação nessa idade?

Eu não sei porque... eu estou aqui tem 10 anos, mas eu não sei as obras, quando foram executadas para trás.

Nas obras em que vc inspecionou, vc saberia dizer quantos anos tinham as estruturas, aproximadamente?

Não, a não ser as obras mais recentes, né, mas já não é tanto uma recuperação estrutural, vamos dizer assim, corrosão, são problemas de falhas no projeto que gerou, então não estava ligado a vida útil. Ou é falha de projeto ou é falha de execução. As obras novas ou é falha de projeto ou de execução, não problema de vida útil. Essas de vida útil são mais antigas.o ano passado, porque no serviço público as coisas são muito demoradas, e são coisas muito caras...

O da rua 7 é muito caro...

São as galerias...é muito complicado, pra vc ver em 2003 eu fui lá, fiz a vistoria, aí em 2004, no finalzinho do ano o Robson foi, fez o diagnóstico, reafirmando o quanto precisa, que realmente o negócio não está bom, aí no final de 2004 a prefeitura contratou um serviço de filmagem através de um robzinho, que filmou interno, para ver o estado, aí viu-se que as galerias estão totalmente assoreadas, o robzinho não passou, então quer dizer, isso tem um ano, só vai acumulando o problema e até hoje não foi feito nada. Esse Castelo D'água é uma bobagemzinha, uma caixa d'água de uma unidade de saúde, quer dizer tem mais de ano...agora é que está sendo licitada.

(falou da recuperação no ano passado/retrasado do Palácio Municipal)

Então isso não é uma coisa que é feito todo dia.

Só quando não tem outro jeito, não tem um programa, não tem:...vamos fazer logo antes... eu visitei uma unidade de saúde ontem, assim, ela é nova mas tem muitos problemas de infiltração, fica em uma esquina com 3 ruas, então pega sol de todos os lados, aí eu falei para o coordenador, se não fizer uma manutenção agora rápida, a degradação é rápida. Se for feita uma manutenção agora, com certeza irá custar bem mais barato do quando o problema estiver maior. De uma correção vai virar uma recuperação.

Há um conhecimento da quantidade de m², m³ ou ml que é feito de recuperação?

Não. Eu vou te dizer que é muito pouco, leva anos sem fazer uma recuperação.

Mas é muito pouco pela demora que há nas decisões do serviço público, como vc falou?

Sim, não que não precise da recuperação.

Se fosse realmente atacar os problemas com a urgência da necessidade...

Teria bastante coisa para se fazer.

Há um conhecimento sobre as diferenças nos custos nas diferentes etapas de intervenção?

(falou um pouco que para detectar um erro de projeto, o mesmo deveria ser recalculado, na mão é inviável, os softwares têm diferenças...analisa os projetos... vai no ponto localizado, através da experiência...visual...refazer as contas não dá)

Expliquei: se algo deixou de ser pensado na fase de projeto, e acarretou algum problema, se fosse pensado o custo seria bem menor.

Seria.

Do que uma manutenção preventiva, que seria muito menor que uma manutenção corretiva.

Muitas coisas o problema ocorre em função da arquitetura, a arquitetura mal projetada que gerou aquele problema, muitas vezes a parte de infiltração. Uma pingadeira detalhada errada... muitas coisas que podem gerar problemas de durabilidade.

Esses problemas de falta de manutenção preventiva nós vemos aqui dentro da Secretaria de obras mesmo (laje do ar condicionado e outros problemas). Cada dia que passa a correção vai virar uma recuperação e vai ficando mais caro.

Pode-se estimar qual tem sido a vida residual das estruturas?

Não porque ainda não teve tempo, é muito recente.

Quais critérios são levados em consideração na tomada de decisão caso haja necessidade de uma intervenção de uma estrutura? Como vc colocou, há algumas

estruturas que já se verificou e na sua avaliação há a necessidade de intervir... porque isso não foi feito?

Essa eu vou pular....

Vc saberia dizer quanto do orçamento da Instituição é destinado a manutenção, se há?

Não, e é 0, alguma coisa %.

Em 97 foi feita a recuperação da ponte da Ilha do Frade.

Vc comentou que vc faz a vistoria da recuperação da estrutura, conforme o procedimento preparado. Há alguma forma de cobrar a garantia de vida residual?

Não, porque na maioria das vezes não sou eu quem fiscaliza a obra depois.

A não?

Não, agora que eu passei para o departamento de cá, eu acredito que eu vá fiscalizar também, porque lá eu não fiscalizava obra.

Mas mesmo quando vc estava na área de projetos, essa parte de inspeção era vc quem fazia?

Sim.

Depois que o problema sai da minha mão aí eu já não tenho mais conhecimento, eu não sei quanto custou, não sei quando vai ser licitado, ou qual foi a empresa que ganhou, quem está fiscalizando (cada obra vai para um fiscal diferente, aí eu já fico totalmente afastada. Com base nos procedimentos e projetos é feita a fiscalização da obra.

Marquises – obras de terceiros, na Sedec – comissão permanente de vistoria.

Algo a acrescentar?

Não, está já bem escritinho...

(falei que nós queremos abordar diagnóstico e gestão no trabalho)

No trabalho da ponte, já está em fase de elaboração de projeto. Há algum tempo atrás eles fizeram um concreto projetado na ponte, tapando onde estava com armadura exposta, mas a gente não sabe o que eles fizeram, se fizeram o tratamento da corrosão, agora está deslocando, na hora que a gente remover tudo é que a gente vai ver o estado que está lá. Corre até o risco de repente de ter que interditar a ponte. Mas só depois que começar a obra, que nessa fase, ele não tem como fazer, no meio do canal... tem que ter um andaime

plataforma, escoramento... corre esse risco na hora que remover todo o concreto projetado que está lá...

É ele que vai fazer esse trabalho de recuperação?

Sim, já está contratado, já está para iniciar as obras, o contrato dele vence em janeiro.

... Aqui nesta cidade não tem profissional, nós tentamos nas galerias fazer por aqui, mas não tem, passou pela UFES, mas não conseguimos ninguém.

... Laudo do Robson, bastante completo.

INSTITUIÇÃO D, SETOR D.1

DADOS ENTREVISTADO

Nome: Luiz César Mareto Coura

Cargo: Diretor de Edificações

Setor: Edificações

Tempo: 18 anos de engenharia no Serviço Público. Diretoria de Edificações: 2 anos

Setores em que já trabalhou na Instituição: Projetos, maior atuação em execução obras.

CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Nº médio de funcionários da Instituição: 280 funcionários

Nº médio de funcionários no setor de edificações: 100 (35 a 40 engenheiros nas variadas áreas, projetos, instalações, execução)

Hoje há mais de 100 obras em andamento na instituição, no Estado.

Principais estruturas de concreto sob a diretoria de edificações: do volume de obras nosso, em torno de 55 a 60% são escolas, e o restante são das outras secretarias. A área de edificações trabalha com clientes, nossos clientes são as variadas secretarias que nos solicitam...Sec.de educação, saúde, ação social, segurança, em suma, todas secretarias.

Na secretaria de educação, os prédios nunca ultrapassam 2 pavimentos.....(fala um pouco sobre o tipo de estruturas)

O que nós temos de estrutura mais pesada são os presídios...(falou do presídio de Linhares, estrutura, paredes de concreto,...armadura dupla, proteção para o portão da cela...)

Forma de contratação de obras e recuperação: na instituição há engenheiros que fazer projetos arquitetônicos, estruturais, instalações...

Altumas coisas são contratadas externamento. Faz-se internamente até o limite da capacidade da equipe. ...(falou da quantidade de obras...tempo para projetos...4 arquitetos) então alguns projetos a gente contrata, quando a gente percebe que são muito grandes...e eu enquanto diretor, a minha pretensão é estar terceirizando todos os serviços. Nós estamos fazendo isso gradativamente. Eu quero que os nossos engenheiros e arquitetos da área de projetos, eles sejam gestores de contratos de projetos, nos estamos buscando aí algumas alternativas jurídicas, que esse é o nosso problema, a lei 8666 é uma lei, a meu ver está meio antiga, ela cria muito problema para a rapidez de soluções de contratação dentro do órgão.

As equipes de execução são contratadas, são empresas, onde fazemos uma licitação, onde nós temos engenheiros que acompanham a obra, com fiscalização, medições mensais...

As equipes de recuperação e ampliação também são contratadas.

Quando você dilui a quantidade de engenheiros no setor de edificações, passa a ser pouco, porque nós temos hoje cerca de 100 obras em andamento no órgão, e essas obras são diluídas no Estado, que você precisa estar fiscalizando essa obra, readequando projetos, porque nem sempre o que você executou no projeto não condiz muito com a realidade, porque no momento que você começa um projeto, por exemplo de reforma de uma escola, até você começar a obra em si, leva um tempo razoável de uns 6 meses, e quando você vai começar a obra a realidade não é mais aquela. Principalmente quando você tira os alunos da escola, ela fica um pouco meio que abandonada, e esse é o problema do Estado, tomar conta do prédio público. É esse e o problema de manutenção, gasta-se muito dinheiro com grandes reformas.

Então acaba sendo pouco os profissionais, não são suficientes para o que a gente precisa.

Desde que o Diretor Geral, o Manato entrou, todos os diretores são funcionários de carreira, então nós temos uma afinidade técnica, por estarmos juntos aqui 20, 25 anos, e por termos afinidades afetivas, então isso está fluindo bem...

O que vc entende por manutenção preventiva de estruturas de concreto?

Olha...na verdade, nós aqui no Estado, temos aqui na instituição, logo que nós entramos, o diretor geral, o Manato entrou, ele contratou uma consultoria para fazer um estudo de, um formato, mas infelizmente essa consultoria, a meu ver, ela teve o foco muito na área de infra-estrutura, rodovia e o foco da edificações ficou um pouco a desejar. Porque tinha uma idéia inicial do governo de que cada secretaria montasse uma pequena estrutura de engenharia, e eu sou particularmente contra. Eu acho que o setor de edificações tem que ter 3 frentes de serviço importantes, que eu coloco, nós temos uma diretoria e gerências. Nós temos uma gerência de execução de obras, uma gerência de projetos, e eu discuto muito uma terceira gerência que é uma gerência de planejamento e manutenção, que é a gerência que faria com que a instituição, na área de edificações gastaria menos do Estado. E aí nós ficamos fazendo o quê hoje, como nós não temos isso, nós fazemos alguns contratos que nós chamamos de S.O.S, que é um paliativo, de certa forma, vc pega uma dada empresa, e distribui essa empresa por regiões, e coloca, e vai lá fazer manutenção em prédios públicos. Dentre as manutenções, evidentemente, entra a manutenção de estruturas de concreto. Só que a manutenção em estruturas de concreto que é feita hoje, é uma manutenção assim..., por questões assim visual. Nós fizemos durante muito tempo o concreto aparente, nas escolas, principalmente. Então vc vai nessa escola, vc faz uma recuperação de recobrimento, que já não é mais hoje, a norma hoje já pede um recobrimento muito maior do que foi feito a 20 anos atrás, então vc cobre hoje, com a norma velha, então na verdade vc

não faz uma manutenção. Já essa gerência, que é uma luta minha aqui, de planejamento em manutenção de prédios públicos, que são em torno aí de 3500 prédios que o Estado tem, de catalogar tudo, de conhecer tudo, de fotografar tudo, ter projeto de tudo, de identificar se é concreto aparente se não é, de identificar a data que ele foi construído, de ter na...vamos dizer, na pastinha dele, ali a sondagem, pra vc conhecer o terreno que tem a ver com a questão da estrutura de concreto..., em suma, tudo aquilo que nós aprendemos um pouco na faculdade de engenharia e não estamos conseguindo detectar, nós somos muito de execução. Porque questão de execução, porque o momento político exige de que execute uma nova obra, porque o prefeito daquela cidade tem o apoio político do governador, vc acaba fazendo e vc... Eu acho que eu vou conseguir esse novo formato de engenharia no Estado, a gente já conseguiu muita coisa, conseguimos fortalecer o sistema de orçamento nosso..., e na medida que a gente começar a só terceirizar...e essa gerência de planejamento teria também uma estrutura assim enxuta, teria lá um gerente com uns 3 ou 4 engenheiros e terceirizando empresas pra poder estar fazendo todo esse trabalho.

Sobre a empresa que vc comentou, que foi contratada para consultoria nessa área de ...

Formato do órgão.

Sim. Eu tive um contato anterior com uma pessoa de informática, sobre a catalogação das pontes, sobre um engenheiro que estaria vistoriando todas as pontes do estado, fotografando, levantando os problemas e isso seria armazenado em um banco de dados, que ficaria na Internet...isso continuou?

É a pretensão nossa. Eu acho que continuou sim, mas nessa área o Manato pode te dar melhor informação.

Nas edificações não foram feitas não?

Não, na parte de edificações nós estamos indo fazer na medida da solicitação, por conta exatamente por não ter perna para isso. Então um determinado prédio público que está lá ocupado, o arquivo público, por exemplo, nós estamos fazendo o projeto do arquivo público ao lado do Palácio da Fonte Grande, no final da rua do antigo prédio da Escelsa, e quando nós fomos lá fazer o projeto, vimos que ele está cheio de trincas...aí nós entramos, nos ocupamos disso, nossos engenheiros de estruturas vão lá...aí fazemos a recuperação.

Fora isso, um trabalho corriqueiro de manutenção, de investigação, isso infelizmente nós ainda não temos, é lógico que antes de vc terminar o seu mestrado eu queria te dizer que conseguimos implantar aqui.

Então, basicamente o que é feita é como vc colocou, não há nem uma inspeção periódica, nem mesmo uma manutenção preventiva, periódica?

Não.

É feita somente a corretiva?

Isso.

E quando ocorre o problema..., normalmente quem detecta o problema é a pessoa que está utilizando?

É, quem está usando o prédio.

Vc comentou sobre os requisitos de durabilidade da nova norma. Esses requisitos são conhecidos no órgão, até para elaboração de projeto, não é?

Está havendo até um curso, não sei exatamente aonde, vc me desculpa, mas a nossa gerente de projeto, que é a Fernanda Leal, inclusive ela atua na área de estruturas de concreto, ela está até fazendo esse curso de aperfeiçoamento pela nova norma.

Os nossos calculistas aqui são César Dantas, a Fernanda e a Miriam e eles já fizeram....

Sobre a manutenção que é feita, como vc falou, corretiva, há algum documento, instrução que diga como deve ser realizada essa manutenção?

Não, para ser franco não. O que a gente faz, a gente trabalha muito em cima da informação daquele engenheiro que foi lá. Então, passa a ser uma... o trabalho que vai ser executado na recuperação daquela determinada estrutura, ele passa a ser um trabalho técnico e individual daquele engenheiro.

A técnica que vai ser utilizada é o engenheiro que faz a opção?

É, é o engenheiro que faz a opção, discute evidentemente com os colegas, as vezes leva o colega lá e tira fotografia, volta, em alguns casos filma, né, volta e discute soluções, é... mas nós não temos.

Elabora algum documento?

Elabora. Elabora projeto, procedimento ... que passa a fazer parte da contratação da obra.

É um documento para a empresa...

Pra alavancar a contratação da obra. Até porque a empresa quando vai ser contratada, ela participa de uma licitação, então aí ela passa a ter aí naquele documento um informativo do que vai executar, até pra poder colocar preço, né?

Nós tivemos casos aqui da gente ter uma discussão séria aí, grupos de engenheiros ir lá todo mundo e chegar a conclusão de não, vamos demolir. Exatamente isso, né, o engenheiro calculista, ele cria uma opção, manda orçar, um orçamento estimativo, quanto ficaria a obra nova, qual o projeto que a gente tem pra poder fazer...já temos um projeto pronto? Uma escola, por exemplo, padrão? Tem, então é melhor demolir e fazer uma nova, é meio que uma decisão coletiva.

Sobre as responsabilidades nessa área, é como vc falou, a partir do momento que alguém detecta um problema, é chamado um engenheiro, tem alguém especificamente que vai, ou não?

No caso de estrutura de concreto, sempre os primeiros que vão, ou é o César ou é a Miriam. São os dois profissionais....

Primeiro vão então as pessoas que mexem com cálculo, eles também estão envolvidos nessa parte de inspecionar?

Exato, sempre são eles que vão. Problemas de estruturas, ou César ou Miriam, que vão pra fazer o primeiro contato com a estrutura, vamos dizer assim, o primeiro contato com prédio, as vezes cria uma solução de descarregar, alguma situação, igual aconteceu no Hospital São Lucas, por exemplo, tinha uma farmácia no segundo pavimento, que começou estocar, estocar... a laje, era um prédio antigo, velho, a laje começou a fletir, não a ponto de ruir, mas vc ver uma pessoa doente em baixo de uma laje dessas, vc acaba de matar a pessoa. Então, o que aconteceu? Nesse caso específico, o nosso engenheiro de estruturas teve uma discussão com o arquiteto e mudou..., fez uma alteração do depósito da farmácia, e tal... por isso que eu digo que é sempre um conjuntinho de pessoas que resolve isso.

Nessa questão de inspeção, manutenção, essa equipe faz treinamento nessa área especificamente? Há algum treinamento interno, dessa equipe estar passando o conhecimento para outra...?

Olha, o treinamento são os 25 anos de cada um de produção...(risos), mas nós temos especificamente nessa diretoria do Manato pra cá, ele tem aberto muito espaço para os funcionários fazerem cursos, não só da área de estruturas como da área de instalações. Área de instalações até mais, para te ser franco, porque as instalações tem tido muita coisa nova.... que é diferente da estrutura que ainda é o concreto com o ferro.

Sobre as fotografias, vc comentou que pode acontecer quando detectado algum problema, necessidade de retirar essas fotografias, vc falou que faz-se um documento, então...e a questão de ensaios? É realizado algum tipo de ensaio, quando se detecta algum problema da estrutura? Como retirada de CP's para rompimento, esclerometria, ... profundidade de cloretos, carbonatação...

Na medida que o engenheiro determina a necessidade é. Não é uma coisa corriqueira. Nós fizemos muito ensaio em um escola em Muqui. Uma escola com problema muito sério de estrutura, nós recuperamos ela 2 vezes, e lá nós fizemos muitos ensaios. E nós estamos, na execução de obras, nós determinamos que sejam realizados ensaios de concreto, que por incrível que pareça, isso não era cobrado. Nós, para vc ter uma idéia, nós passamos a colocar isso no contrato da Empresa.

Sobre os ensaios, vc saberia me dizer se utilizam ensaios de profundidade de cloretos, carbonatação, ...?

Não, não.

Então seria basicamente a parte de Rc do concreto?

É.

De repente uma armadura, faz ensaio de tração...?

No período que eu estou aqui como diretor, não lembro. É mais ensaio de Rc mesmo, e inspeção visual. E é muito utilizado a topografia, normalmente para estar observando se está cedendo.

Há algum banco de dados dessas estrutura? Como vc cometou que vc queria que montasse...

Na verdade, a gente quer chegar a essa gerência de planejamento e manutenção, mas nós não temos. Então o que a gente faz hoje, nós temos uma mapoteca, de tudo aquilo que nós realizamos, temos um setor de desenho dentro da gerência de projetos, e tudo aquilo que nós realizamos vai para esse arquivo. Todos os projetos, tanto de construção como os de recuperação.

E um inventário das estruturas, com fotografias, um mapeamento da estrutura, problemas...

Não.

Basicamente seria de projeto?

De projeto. No máximo o que nós temos, são alguns projetos de recuperação, como essa escola de Muqui, tem lá todo o projeto de recuperação da estrutura,... temos o projeto daquilo que nós executamos de recuperação, mas de acompanhamento, infelizmente não.

O que vc entende por diagnóstico de estruturas de concreto?

Olha, na verdade, a gente sempre faz o primeiro diagnóstico no campo visual, e aí vai da questão da experiência de quem está ali na execução do serviço. Vc começa a fazer o diagnóstico no momento que vc funde a peça.....

.... como foi agravada a estrutura?

Exatamente, na verdade a estrutura está com algum problema, então vc vai fazer uma avaliação porque essa estrutura chegou a essa situação...

Pode ser um problema no recobrimento... ou uma ferragem que de repente está faltando.... que gerou a corrosão...

Isso. Do solo...

Sobre os custos de recuperação de estruturas, há algum levantamento?

Nós temos no nosso sistema de orçamento itens que já foram utilizados em recuperações, recuperações variadas, e aí no nosso banco de dados de custo, nós temos esses custos, por m³, por ml, no caso de viga, no caso de pilar, no caso do recobrimento.

E no caso de uma média geral, quanto se gasta no Estado em recuperação de estruturas?

Muito pouco, por incrível que pareça, muito pouco. Bom, gasta na recuperação de um prédio como um todo, nós reformamos muito.

Nos serviços de pintura...essa área....

Instalações é uma loucura. O que acontece nos prédios, instalação, telhado, esquadrias, e pintura. Isso para vc observar são 4 itens que estão a mostra para o aluno, e para quem.... e isso é destruído assim...de uma forma.... igual manteiga. A estrutura a gente não tem colocado aqui como um item até para poder tirar a média. O que eu posso dizer pra vc é que são índices normais. Que as nossas estruturas estão dentro de um padrão de percentual aí de 20, 25, 22 dependendo do prédio novo, do valor, do custo da obra. Agora de recuperação nós não temos esse dado não. Temos itens... como eu te falei.

E sobre a idade média que essas estruturas sofrem uma recuperação? Há um levantamento?

Não. Não porque nós não temos esse dado não, porque como nós fazemos uma recuperação na medida que há uma solicitação do ocupante do prédio, esse prédio pode ter 2 anos, por algum problema surgido na estrutura como por exemplo, nós estamos iniciando uma reforma em uma escola chamada Madalena Pires, em Castelo, que deve ter 60 anos, e está lá perfeita, nós só vamos fazer uma recuperação mais, vamos dizer assim, de pintura, de visual...

Basicamente a estrutura está perfeita?

Sim.

E há uma média de quantidade de estruturas recuperadas? Teria um número assim, umas 100, 90?

Não. Não, não fazemos tantas assim não. De estruturas recuperadas, muito pouca coisa.

Basicamente é a manutenção de instalações,...?

Para vc ver assim...quando vc vai fazer a reforma, o telhado está totalmente quebrado, aquela laje virou uma piscina, infiltrou, infiltrou, infiltrou, selou...aí, quer dizer, aí vc cria uma...quer dizer uma obrigação vc ter que intervir. E é por isso que eu digo, se nós tivéssemos uma manutenção preventiva, dessa gerência específica, de trabalhar o

planejamento dos prédios públicos que existem, os valores da reforma, seriam muito menores, mas mesmo assim, a gente atua aí em torno de umas 10, 12 escolas, prédios, por ano, na recuperação de problemas estruturais.

Há um conhecimento de quantos m², m³ ou ml foi recuperado? Por obra ou uma média geral?

Não. Quer dizer, esse levantamento eu posso até fazer para vc...

Pode ser feito, mas não é usual?

Pode ser feito, mas não é usual. Ele existe consignado no escopo da obra, na planilha da obra, mas ele não é feito.

Sobre as diferenças de custos nas diferentes etapas de uma estrutura, que vc pode interferir na mesma, vc já comentou que quando é feita uma recuperação o custo é muito maior que quando é feita uma manutenção preventiva.

Lógico.

E se vc faz essa intervenção na etapa de projeto, o custo é menor ainda.

É verdade.

Sobre as técnicas de recuperação, há um conhecimento do custo de diferentes técnicas, das mais baratas, das mais caras...ou fica a cargo do engenheiro que está encarregado?

É isso aí o engenheiro cria umas definições, e também porque cada caso é um caso. Depende do tipo da estrutura, do motivo que ela está com problema....Eu lembrei agora de uma escola recentemente chamada Galdino Antônio Vieira, em Santa Rita em Vila Velha, o telhado ficou tantos anos aberto que quebraram as telhas todas, uma das lajes ficou tão inundada, durante tanto tempo, que nós tivemos que tirar a laje e fazer outra. Quer dizer, então vc imagina que 1 telha, ou 2, ou 3 proporcionou vc refazer uma laje, além do desgaste emocional das crianças ali em baixo olhando para cima.

Qual o seu entendimento sobre vida útil de estruturas?

Olha, como diz o peões de obra, isso dura até acabar Dr. (risos). Eu te dei o exemplo agora que nós vamos fazer uma reforma agora de uma escola em Castelo, que eu acho que ela deve ter mais ou menos uns 60 anos. Eu acho que se a gente tivesse a possibilidade de ter uma estrutura bonita e eficiente de manutenção, aí eu passaria a dar razão a peãozada, ia durar até acabar mesmo, ia durar, “*ad eterno*”, quer dizer, isso ... demonstra prédios milenares, que a gente tem aí. Seria uma questão de vc estar mantendo, quer dizer, tem um problema lá na estrutura que surgiu por conta do próprio tempo, ... estar lá anualmente, com

aquilo catalogado, se vc... sabe aquela história? Saber que tem um prédio lá em Muqui, que o problema dele é esse assim, assim... o ano que vem eu vou lá pra ver se esse problema se agravou ou se esse problema se estabilizou, eu vou colocar na fichinha lá...do computador... de que aquele prédio, o problema dele está estabilizado, mas que o ano que vem eu vou voltar lá outra vez e conferir... e assim sucessivamente, agora, eu não sei hoje, enquanto diretoria de edificações o que está acontecendo por exemplo na escola de Ponto Belo, de repente ela está ruindo lá agora, e eu não tenho nada pra dizer pra vc do que é ela, se ela foi feita de concreto, ...

A não ser que alguém chame...?

A não ser que alguém ligue e diga, pelo amor de Deus, corre aqui que vai desabar.

Então vcs não têm uma estimativa de vida útil das estruturas sob a administração do Derte?

O que seria vida residual para vc?

Vc diz vida residual no sentido....

Eu não...

(expliquei)

Quais critérios são levados em consideração na tomada decisão quanto a escolha de demolir ou recuperar uma estrutura? O que é colocado na balança?

Custo, e vou falar um negócio pra vc que eu não gostaria ter que dizer isso, custo e viabilidade de fazer um novo, e tem a questão política, nós somos um órgão político no Estado, aí tem...ai pelo amor de Deus, não demoli não porque quem construiu foi no governo de não sei das quantas...e aí a gente acaba tendo que criar uma solução de recuperação porque... por exemplo, fizemos agora recentemente Vaz Coutinho, reformamos, fizemos toda a recuperação de estrutura também, cabeamento estruturado, instalação elétrica nova, tinha algumas partes que poderia até ser demolido, mas vc não vai pegar um prédio de certa forma com um valor histórico para a Cidade, teve um envolvimento muito grande no município, hoje as pessoas que tem um domínio aí, já estudaram lá..., políticos, demolir pesa um pouco isso. A questão de custo, evidentemente, e a questão visual. Por exemplo, nós vamos gastar hoje, mais ou menos 5 milhões de Reais pra reformar o Estadual, um prédio de 5 milhões de Reais é um prédio belíssimo, não é? Agora, vamos jogar o Estadual no chão? Quando vc pensa que é um prédio histórico, marcante da cidade, onde todo mundo de Vitória estudou nele... aí tem outras coisas que pesam, vc tem o emocional, da história da cidade, lado local, estou fazendo isso a nível de Grande Vitória, no Interior isso é bem mais marcante ainda, porque lá no interior as cidades são pequenas e as pessoas ficam ali envolvidas naquilo ali, da pracinha olhando para o prédio lá....

Quanto do orçamento dessa Instituição é voltado para a manutenção? Ou não há uma distinção?

Não, o orçamento é das Secretarias. Então as Secretarias tem lá o seu orçamento, e quer fazer a reforma de determinado prédio. Nessa reforma entra a recuperação da estrutura, no caso da necessidade, então nós vamos lá, fazemos o levantamento, orçamos, fazemos o projeto e solicitamos o recurso da Secretaria. A Secretaria que tem o orçamento me manda o dinheiro e eu executo a obra. Agora, o ideal é nós termos um orçamento para esse planejamento de manutenção, e eu estou repetindo ele muito muito, mas é um negócio que a gente está batalhando, e eu quero acreditar que no próximo ano a gente vai estar conseguindo isso, que é uma luta...assim como a diretoria de Rodovia tem um orçamento que eles chamam de conserva, são várias empresas que mantêm aí a conservação de rodovias.

E no processo de licitação, na contratação das empresas para a realização de recuperação das estruturas, como são cobradas as garantias da vida posterior da estrutura à empresa? É em contrato, onde discrimina os ensaios que serão realizados, ...?

Olha, na verdade a empresa executa... a definição do que vai ser feito é nossa, não é da empresa, então nós acreditamos que aquilo que nós estamos contratando vai ser suficiente para aquela estrutura, para resolver o problema da estrutura, e essa empresa é fiscalizada por nós, e o projeto também é nosso, então, acaba que a responsabilidade volta para nós, a execução é da empresa que vai ser acompanhada por um fiscal nosso...

Algo a acrescentar?

Não, basicamente é isso, o que eu queria deixar pra vc, no seu trabalho, é que questão financeira num país aonde a divisão de renda é tão assim miúda, ou seja, poucos têm muito e muitos têm tão pouco, o dinheiro que nós gastamos com novas obras, com obras que se iniciam e não terminam, nós estaríamos resolvendo os problemas dos prédios já existentes, alguns que já estão abandonados, só através dessas manutenções. Um planejamento adequado, vc imagina que o ES tem em torno de 3500 prédios públicos, dos mais variados, escolas..., se vc somar os prédios de prefeituras, eu acho que isso estora em mais de 10000 prédios, então vc imagina se nós tivéssemos, em todas as prefeituras e no Estado um grupo de planejamento e manutenção desses prédios públicos pra bons hospitais, boas escolas, boas delegacias, não estaríamos assim, esperando que elas ficassem em ruínas pra gente poder estar gastando. Nós estamos gastando hoje, aí uma média de R\$450 a 600/m² para reformar prédios, tamanho é condição quando a gente chega lá, entendeu, então é muita coisa, seria cada 2 prédios a preço de m², a cada 2 prédios que nós reformamos nós estaríamos fazendo um novo. É muita coisa, se nós tivéssemos essa possibilidade de

manutenção, não existia isso. Eu tenho certeza absoluta, pra vc ter uma idéia, esse ano, aqui na área de edificações, nós contratamos mais de 100 milhões de obras, se vc considerar que só na área de edificações, 100 milhões no ano, fazer uma continha rápida, se vc considerar 100 milhões dividido aos 3500 prédios que o Estado têm, nós teríamos aí 28 mil Reais por prédio, quer dizer, manutenção ali, 30 mil Reais, sistemático, fora aqueles que são novos, que vc faria uma restituição... isso pra todos os prédios, se vc considerar todos os prédios mesmo. Então, quer dizer esse negócio de manutenção é fundamental pra economia do Estado.

INSTITUIÇÃO D, SETOR D.2

DADOS ENTREVISTADO

Nome: Eduardo Antônio Mannato Gimenez

Cargo: Diretor Geral (Engenheiro Civil, formado na UFES em 77, do quadro permanente da instituição desde 81, diretor geral, desde abril de 2004.

Setor: Infra Estrutura -

Setores em que já trabalhou na Instituição: Trabalhou no interior, como chefe de residência, chefe de regional, chefe da diretoria de Conservação e Manutenção, chefe da divisão de construção e pavimentação, diretor de infra estrutura e agora diretor geral. Passou por todos os setores, desde o mais simples até a diretoria geral.

CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Nº médio de funcionários da Instituição: 280 funcionários

Nº médio de funcionários no setor de infra estrutura: 140 funcionários, com 36 engenheiros, técnicos...

Principais estruturas de concreto sob a diretoria de infra estrutura:

Forma de contratação de obras: durante algum tempo, os projetos eram desenvolvidos aqui mesmo, mas a modernização do serviço público requer que isso seja terceirizado, então nós temos uma equipe que entende de projeto, conhece, a gente licita, contrata as empresas construtoras, ou projetistas, e uma equipe nossa acompanha os desenvolvimentos desses projetos, até a leitura do projeto básico, o ante-projeto, faz uma análise bem crítica e aí parte para o projeto final de engenharia, aí esse projeto a gente contrata a obra através dos procedimentos licitatórios que lei exige.

E forma de contratação de obras de recuperação quando existem?

Bom, as obras, quando a gente executa a obra, ela tem já a sua vida útil definida e elas são monitoradas através de inspeções físicas, vistorias, e quando são detectados pequenos problemas a gente executa os serviços de conservação. Quando ocorre algum outro fenômeno, igual tem acontecido aí, uma chuva demais, algum mau uso por conta de quem

usa a obra, o uso indevido, alguma sobrecarga, que ocorre alguma... que a gente consegue detectar alguma fragilidade em alguma peça dessa estrutura, e que ela está com perigo eminente de ruir, aí a gente contrata emergencialmente, então, nós temos aí algumas obras que estão sendo recuperadas, né, então a gente faz reforço ou recuperação e de acordo com o diagnóstico do que está acontecendo, a gente contrata ela ou emergencialmente ou seletivamente, com processo licitatório comum.

O que o Sr. entende por manutenção preventiva de estrutura?

Nós temos 3 tipos de manutenção: rotineira, preventiva e corretiva.

A rotineira é aquela eu diria que você faz na sua casa todo dia, você limpa, varre... você pode estar usando corretamente, mas se você não fizer isso, dentro em breve você não vai ter condição de conviver ali. A preventiva seriam algumas coisas que o próprio desgaste, o uso correto, tá? ele tem o desgaste natural, tem o intemperismo, tem alguma coisa...ação de vandalismo, e a gente vai corrigir aquilo de uma forma preventiva pra não deixar que a peça se deteriore e cause um dano a estrutura. Exemplo, você tem muito comum pontes, ...hoje ta acontecendo muito isso aqui, cai uma peça de granito em cima de uma ponte, abala o concreto, ela trinca o concreto, quando chover, com o fenômeno do carro que bombeia aquela água pra dentro do concreto, o concreto já não protege a armadura, aí vem o pH dela que diminui, aí existe a expansão do aço e por aí vai, se você não fizer aí uma correção preventiva, daquilo ali...tá certo? você vai fazer com que toda a estrutura...Então as vezes, com um custo bem baixo, você dá uma sobrevida a obra e restabelece a condição inicial do projeto.

E o que o Sr. entende por diagnóstico de estruturas?

Diagnóstico de uma estrutura é a gente faz uma inspeção visual e ensaios. Ensaios destrutivos e não destrutivos que nós temos. Faz o exame patológico do concreto, e com isso a gente chega a um diagnóstico, dizendo que aquela estrutura foi executada de acordo com o projeto, o uso dela está sendo de acordo com o que foi previsto, e aí a gente diagnostica que aquela estrutura está atendendo todas as condições do termo de referência de elaboração da obra para sua vida útil.

É importante dizer o seguinte, uma obra tem a sua... a essência de uma obra de arte ou de uma estrutura, ela tem primeiro, ela tem um projeto, ela tem os materiais empregados, tem a execução e tem o uso. Se o projeto foi bom, está correto, está dentro das normas, mas vc usou materiais de má qualidade, vc teve uma boa execução e vc tem um uso correto...que é uso correto? Vc fez um prédio de apartamentos, chega lá o cara usa para estocar material, vc ta usando diferente, a concentração ta diferente...então cada uma coisa dessa aqui tem a

sua participação no sucesso da obra. O projeto ta correto, projeto bem elaborado, todo ele tecnicamente perfeito, e vc usou materiais adequados, a execução foi bem feita e vc usou errado...uma ponte que vc calculou para passar um determinado tipo de tráfego, começa a passar outro, o uso dela vai levar...então o diagnóstico é para isso, quando vc no visual vc está vendo que alguma coisa não está...então vc tem através de ensaios, que podem ser destrutivos ou não destrutivos, vc chega a uma conclusão de qual o comportamento da estrutura, que vai ser uma ferramenta de trabalho para vc fazer a sua manutenção e qual a intervenção correta daquilo ali. É a medicina dentro da engenharia, se não fizer os ensaios...se chegar no médico, dizer eu estou com dor de cabeça, vc não bebe, não fuma, não tem vício, dorme cedo e pratica esporte, o médico vai ficar doido...então em uma estrutura é parecido, a gente tem que fazer alguns tipos de ensaios físicos, visuais, controles geométricos, através de nivelamentos, monitoramentos, vc tem a perfeita noção do que está acontecendo ali e te dá uma ferramenta de trabalho para vc fazer a intervenção correta.

Vida útil das estruturas seria então?

A vida útil da estrutura ela é sempre uma previsão, ela é um dado importante para o projeto, é um dado importante para os calculistas, ...nesse quesito aí, a execução e os materiais empregados é de vital importância, de forma que ela dentro do uso previsto, se o que está acontecendo após a entrega dela é realmente para aquilo que foi previsto, a vida útil dela vai acontecer dentro de uma normalidade. Nós aqui no ES, nós temos condições bem distintas, as nossas obras de estrutura próximo ao ambiente marítimo, ...nós temos estruturas aqui na beira mar que sofre uma ação agressiva do ambiente, onde nós já tivemos que fazer grandes intervenções, bem aquém do que era esperado, em função de...

O que o Sr. entende por vida residual?

Vida residual é aquela que a estrutura depois de que passou a idade, a vida útil dela, para qual ela foi projetada, ela continua ainda sem problemas...isso é vida residual...essa vida residual é maior de acordo com o que? Com aquilo que eu falei, um bom projeto, bem executado, com materiais adequados, com um uso normal, uso projetado, que realmente é aquele uso...uso efetivo, previsto e teve alguma conservação...não teve nenhum acidente, nem ação de vandalismo, ela vai ter uma valor residual maior...

Na diretoria de infra estrutura daqui do órgão, o Sr. comentou que são feitas inspeções, ...manutenção...diagnósticos das estruturas. Como funciona esse processo na diretoria de infra estrutura? São realizadas inspeções periódicas? Qual frequência? Tem uma equipe responsável?

Isso aí, não existe uma diretoria, um setor específico, porém as coisas já estão mudando, já é necessário criar em cada departamento um setor específico que cuide das obras de arte especiais, das estruturas, ...é hoje o que a gente faz são dentro do contrato de manutenção de toda a malha rodoviária, as obras de arte se enquadram, então são feitas inspeções de rotina, não existe um monitoramento especial nas obras de arte, porém já existe determinação até do Contran no sentido de que nas obras de arte, especificamente, a gente tenha que colocar qual a capacidade dela em peso bruto total...para isso nós estamos desenvolvendo um termo de referência, para contratar uma empresa que faça todo esse diagnóstico das nossas estruturas. E aí, a partir desse momento, um órgão que já teve 54 engenheiros para cuidar das suas rodovias, nós estamos lançando um concurso que vai ser executado agora em novembro, que a gente já está colocando novos valores no nosso quadro, temos que fazer uma renovação para começar a fazer a nova fase do órgão. O órgão teve um papel que ele cumpriu, e eu acho até que bem, que ele construiu essa malha, agora o momento do Brasil, o crescimento já é de que essa técnica já está superada, o órgão já detém, ou seja, construir e conservar estradas não é mais um desafio, é uma realidade, agora nós temos que passar a fazer uma boa operação da via. Operação da via significa a gente dar condições aos usuários, aos clientes, que são os usuários...então as estruturas se inserem dentro desse contexto. Elas são peças importantes, são normalmente gargalos, são estruturas que sempre significam pontos cruciais, porque essas estruturas, elas sempre são criadas para vencer algum acidente geográfico ou topográfico ou de problemas de carga mesmo, de conflitos,...então a gente a nível nacional está desenvolvendo isso onde vai ser daqui a bem pouco tempo obrigatório que cada órgão estadual que cuide das suas estruturas, de prédios públicos, ou de bens públicos, tenham um setor específico para isso, ...hoje o que nós temos aqui como um todo são as pessoas que trabalharam nisso, técnicos que conhecem, que acompanharam a sua construção e fazem esse tipo de serviço, mas não existe um setor específico dentro do organograma do órgão, mas a tendência é que em pouco tempo tenha isso aí.

Quando o Sr. comentou sobre o setor de conservação e manutenção, existiu esse setor, ou existe ainda, ou não?

Não, não existe mais especificamente, ele está implícito dentro da diretoria de infra estrutura e das superintendências regionais de obras, então a função dela é fazer a conservação e a construção das rodovias e das estruturas dentro de uma área sob sua jurisdição, então não existe setor específico, isso é função do serviço público, para não ficar um monte de "carguinhos", então vc tem um quadro de funcionários, dentro de um determinado setor, uma superintendência regional, onde tem várias atribuições, então aí esses serviços são desenvolvidos aí.

Quando o Sr. comentou sobre as inspeções, há uma periodicidade nessas inspeções que vcs realizam, ou como o Sr. falou é uma coisa rotineira que é feita em toda a malha rodoviária, inclusive nas obras de arte?

É rotineira.

Tem um período pré-determinado?

Não, há cada ano a gente faz um diagnóstico, um levantamento de como está a estrutura, aí nisso aí, a gente...então como os contratos de conservação, ... nós temos o nosso estado dividido em 13 contratos de conservação, os 78 municípios são divididos em 13 contratos, cada contrato então tem alguns municípios sob a sua jurisdição. Esse contrato tem 1 engenheiro da instituição que é fiscal desse contrato. Então, mais ou menos varia de 300 a 400 Km por contrato, vc vê que é uma distância que vc percorre semanalmente com facilidade, então a gente... os engenheiros que trabalham com isso aí conhecem bem ... tem os pontos críticos que acontecem, têm as épocas... a tipicidade de clima, por exemplo, nesse tempo que se aproxima as chuvas, o que a gente faz, limpamos todos os bueiros, todas as valetas de proteção, que a gente sabe que vem um período chuvoso, ...Não temos um diagnóstico grande, não temos uma memória de arquivo...

Não tem um banco de dados...? Um inventário?

Não temos. O órgão não teve isso, nós estamos tentando criar um arquivo a partir de agora, e recuperar... tem obras que a gente não tem mais o projeto estrutural, o cálculo estrutural, não conhecemos a concepção de suas fundações e para isso a gente ta... é necessário fazer esse contrato que eu te falei que a gente tem que ter para contratar um diagnóstico de todas as pontes, então eu sugeri isso aí, porque? Porque a inércia de uma estrutura é muito grande, vc não aumenta a capacidade de suporte de uma estrutura depois que ela está construída, porem a capacidade dos veículos automotivos, através da indústria que tem uma dinâmica e uma tecnologia cada vez maior, fazendo com que os veículos cada vez tenham aumento da sua capacidade de carga, fazem com que a gente vai ter problemas, e é o que está acontecendo aí, estruturas estão caindo, pontes estão caindo...a resposta não é na mesma velocidade, e isso faz com que a gente tenha muito cuidado com as coisas que estão acontecendo e tem como a gente...ta arriscado ser pego a qualquer momento ser pego de sobressalto temos algumas estruturas que já estão detectadas que estão com problemas, e ...qualquer momento podemos ter surpresas.

Eu tive um contato no começo desse ano, se eu não me engano, era um contratado da instituição, setor de infra estrutura, que parece que tinha um engenheiro percorrendo todas as pontes do Estado, para fazer um levantamento...esse trabalho, continuou? Como se encontra?

Esse trabalho não foi feito de forma adequada, e do jeito que ele ia...era um paleativo, mas... foi abortado....

Sobre as inspeções que são realizadas, como o Sr. colocou, são feitas as inspeções rotineiras e na medida da necessidade são realizadas as manutenções pequenas e periódicas, como o Sr. comentou, não é isso? Há algum documento, algum procedimento interno da instituição, que trate dos procedimentos que devem ser adotados caso algum problema específico ocorra na estrutura?

O que é documento para vc?

Um manual...

A ta, nós usamos um manual do DNER, antigo DNER, que cuida especificamente de inspeção em obras de arte. No IPR vc tem. Eu tenho ele em CD.

O Sr. comentou sobre esse contrato de conservação que existe, é uma empresa terceirizada, que tem um contrato com a instituição e faz a conservação das rodovias... o Sr. colocou que há 1 engenheiro de cada contrato, como fiscal, que verifica toda a manutenção da rodovia, limpeza, feita pela empresa, né? E se houver a detecção de uma estrutura que está bastante deteriorada...?

Se houver não, há.

E como é feito isso aí, a própria empresa faz a manutenção, ou em que circunstâncias vem para cá para o conselho, fazer algum diagnóstico mais preciso, né, com ensaios...ou fica a cargo da empresa de conservação? Como funciona isso aí, quando houver e se houver um problema maior?

Depende do problema, quando o problema é uma coisa pequena, que cabe dentro do próprio contrato de conservação, a gente, quando a gente faz o contrato de conservação a

gente contrata por serviços, serviços unitários, então, por exemplo, o contrato de conserva, isso aqui, por exemplo (mostra a foto de uma ponte do interior, que caiu, via sem pavimentação, estrada municipal) vc vê uma foto dessa, vc vê que aqui tem uma estrada, e vc vê que, claramente, o cara fez uma formação de barra, a ponte deveria ser bem maior, o cara fez ela um pouco baixa, vc vê onde a água foi, marca, ela fez ela com certeza, não foi, vc vê pela fundação que tombou aqui, ele não fez sondagem, ...aí se eu pegar um contrato de conserva onde eu destino um valor mensal, para fazer isso aqui, eu acabo o meu contrato de conserva, conservar é vc manter um nível de serviço daquela rodovia, daquela estrutura normal, então um acidente, quebrou um guarda corpo, eu vou e conserto o guarda corpo, está tendo um recalque diferencial, fuga de material em um aterro...né, que ta dando aquele “baque” na entrada, na extremidade, no ponto de ...digamos na transferência, eu estou saindo de uma estrutura rígida para um pavimento flexível, ali tem um recalque diferencial, aí eu posso então restabelecer isso, mas quando ela chega em um determinado grau ...a gente toma as devidas atitudes...certo?

Certo, e esse diagnóstico completo...?

A gente... nós temos empresas de consultoria que nos dão apoio a diretoria de infra estrutura, essa empresa, quando ela é contratada, ela tem no seu escopo, e na sua equipe, profissionais que a qualquer momento a gente pode acionar, é um custo, digamos justo, para a sociedade. Eu não tenho ele aqui e o cara fica em stand by não, ele é acionado e é pago quando preciso. São os contratos que o nome diz mesmo, é um contrato de apoio, seja na área estrutural, rodoviária, pavimentação, projetos e até na área ambiental.

Essa empresa que dá consultoria, como o Sr. comentou, ela também realiza ensaios ou é só a consultoria mesmo?

Claro. Todas as nossas obras, nós temos os ensaios, os controles geométricos e geotécnicos, todas independente da grandeza da obra, isso durante a fase de construção, na fase de pós construção, na fase de uso, a gente deixa as coisas a nível do contrato de conservação, e o profissional lá detecta e aciona a quem de direito que ele achar ...dependendo do problema. Digamos que vc tem um problema, e vai no Pronto Socorro e tem coisas que vc precisa de internar, então a gente trata as nossas obras como um paciente, dependendo da gravidade, então a gente chama, aí, cada caso é um caso, não é regra geral.

Na literatura sobre o tema, nós verificamos vários tipos de ensaios, que vão desde uma inspeção visual na estrutura até ensaios de cloretos, carbonatação, potencial de corrosão, resistividade elétrica...são ensaios especificamente para verificar se há corrosão, qual o grau de corrosão na estrutura...O Sr. sabe se esse tipo de ensaio é realizado pela consultoria, ou se a própria instituição, em algum momento faz esse tipo de ensaio, com esse contrato de conservação...?

Nesse contrato de conservação, e na manutenção rotineira, preventiva, não, ...quando ocorre algum problema....

Basicamente seria uma inspeção visual de como se encontra a estrutura?

Isso aí. Quando a gente chega em um determinado nível de inspeção visual, e algum ensaio que já mostra que a estrutura está dando sinais de desgaste excessivo, já está havendo alguma deformação, alguma coisa fisicamente, como um deslocamento, deterioração, ela já não está com a sua impermeabilidade garantida, decorrente de todos esses agentes juntos, ... aí a gente faz um controle no tráfego e passa para agir. A ação significa a gente ter um diagnóstico melhor do que isso, aí a gente faz todos esses ensaios que vc falou ai, de patologias no concreto, vê o que pode estar acontecendo, dependendo do que passa na estrutura, do que atravessa, todo o cadastro dela e aí fazemos todos os ensaios, e aí a gente vai desenvolver o projeto de recuperação, recuperação estrutural, que pode ser...aí vc usa todos aqueles procedimentos...nós vamos com o hidrojato tirar ...todo o material degradado, escarificar, vamos ver qual é o diâmetro residual da armaduras, a limpeza dela, fazer umas pontes de ancoragem, ou uma armadura suplementar e aí vamos ver também se isso foi já, vamos ver ...desgaste da idade, se ela já está na sua vida residual, se está havendo uma sobrecarga...aí vc vai recuperar...se vc vai reforçar...se vc vai substituir... ou chegar ao ponto de demolir e fazer outra.

A partir do momento que é feito todo o diagnóstico da estrutura, quando é um problema maior, depois disso aí, é feito uma catalogação do que é feito?

Há sim.

Como o Sr. comentou, a instituição hoje não tem um inventário das estruturas...tem até projetos que já não tem mais...

Não, não tem alguns.

Sim alguns.

Os recentes, nós já estamos na era da informática, a gente já tem tudo, vc condensa muito mais, naquela época era tudo papel, papel... e não houve cuidado de micro-filmar, ou de aproveitar isso...agora... tem em digital...isso aí..

A empresa que faz a conservação, a instituição aplica algum treinamento nessa área de manutenção, inspeção, visual...?

Não. Nós fizemos cursos que o antigo DNER deu de conservação de rodovias...

Baseado nesse manual do DNER?

Manual grande...são dois livros de todo tamanho assim, desde a gente preparar os custos para remunerar esses serviços até a contratação desses serviços, entendeu, porque a gente recebe uma fiscalização muito forte do Tribunal de Contas, até do Ministério Público, auditoria do Estado, nós não temos mais que pagar por dia, por hora, é por serviço executado, então nós tivemos que...o próprio exercício de orçar, leva que vc as etapas que vc faz já é um aprendizado do que tem que ter que ser feito. Então nós não damos cursos, nós não temos a vocação de dar curso, nós temos que executar o serviço, e as pessoas vão aprendendo com a prática mesmo.

E esses engenheiros que são os fiscais, eles passaram por todo esse processo?

Isso. Vamos ter agora, uma capacitação, dentro de um contrato firmado com o MID(????), vai haver uma capacitação dos nossos profissionais.

Há um conhecimento quanto aos custos de recuperação das estruturas, sob a administração da diretoria de infra estrutura? Há algum levantamento de quanto se gasta em recuperação de estruturas de obras de arte, ou quanto se gasta em uma manutenção maior? Há um levantamento específico sobre isso?

Não. Não há um levantamento específico até porque, olha só, nós estamos com uma malha de ...no caso pessoal da instituição, o Estado teve nos seus 3 últimos governos uma total ausência de investimentos, nós não pegamos aqui umas rodovias, a gente herdou rios de buracos, então com os poucos recursos que nós temos, quando eu falo de recursos é desde financeiros até humanos, nós não temos ainda condição de estruturar o órgão a criar um banco de dados, nós temos a obrigação de dotar as rodovias, primeiro de trafegabilidade,

para que depois a gente possa fazer isso, então nós pegamos as rodovias com mais de 85% na sua extensão com estado de mau a péssimo, já estamos dotando-as de 50% de bom, então nesse serviço aí é uma situação ideal, é uma coisa que tem que ser necessária, é uma ferramenta indispensável para vc ter um bom gerenciamento de pavimentos, onde vc sabe tudo que está em cada local, a época em que foi feita, a hora exata de vc fazer pequenas intervenções, onde vc otimiza e aperfeiçoa os gastos públicos...então essas obras de arte aí, ... nós já fizemos muitas pontes, estamos mais ou menos com 8 ou 9 contratos de pontes, 3 de emergência, de construção, 2 que estavam caídaspontes com trem-tipo antigo, dente gerber esmagado.....(fala das montes executadas...), então nós não temos um custo disso porque cada obra é diferente, então se vc vai recuperar uma estrutura, que vc tem problemas na infra estrutura é um custo, se vc tem na meso estrutura, a grande maioria a gente está fazendo um reforço na meso estrutura e colocando uma super estrutura nova, isso aí ta dando R\$ 30mil por metro, então nós fazemos isso aí...é o seguinte, a ponte hoje ela custa R\$ 30mil de custo por metro, excluindo a solução de fundação, então ela fica barata, desde que seja uma fundação direta sobre rocha, vai aumentar muito o custo se vc fizer essa obra em um terreno de baixa resistência e que precisa de fundação indireta, e tem também qual distância que a vc tem em.....onde vc tem estacas que funcionam de ponta ou por atrito, então isso aí... a maior recuperação estrutural que nós fizemos aqui, e que foi um aprendizado muito grande, foi a recuperação da ponte sobre o Rio Reis Magos, em Nova Almeida, onde nós macaqueada, ... eu tenho tudo aquilo fotografado, eu fui o fiscal desde o início até o final, ...foi em 1997. Fizemos tudo ali, ali foi ... o corpo de engenheiros que foi lá...é Mannato...eu fui, eu fiz, eu desenvolvi, eu que contratei, tudo, era só chefe da regional, em um governo maluco, pouco apoio, onde ali se fez, engenharia, artesanato, foi o “último dos moicanos...”.

Há uma estimativa da idade média das estruturas que sofreram uma recuperação maior, ou não dá para levantar esse dado agora?

É relativo, vc vai para o lado do Norte, onde vc tem hoje um tráfego de carretas, transportando granito, a idade ta sugerindo que a gente tenha um reforço muito mais cedo, porque é aquilo que eu falei no início, uma boa obra, ela tem projeto, materiais empregados, quando eu falo projeto é a sua concepção, conceito de projeto, ...concepção da estrutura, sua inserção no meio em que ela vai viver, aí vc tem os materiais empregados, o método executivo, e vc tem o uso. Quando vc parte para esse lado do uso, que hoje...nós fizemos rodovias com características vicinais, pontes com rodovias vicinais, aí dá o boom do granito, são cargas... não é carga perigosa, é o transporte perigoso, onde vc tem a repetição, o uso acima das especificações atuais, imagina para aquele tempo, e vc tem então a repetição associada à sobrecarga, então hoje a nossa média caiu muito,

principalmente nisso aí, aonde existe a antiga normalidade para a qual elas foram criadas, onde a gente tinha uma implantação de uma rodovia, e suas seqüentes estruturas e era previsto cargas de materiais, produtos agrícolas, café...e tal...essas continuam em uma média...a gente tem pontes aí com 40 anos sem problema nenhum, então nós estamos tendo problemas onde a sobrecarga ta sugerindo o sobrepeso, e sem que o Estado esteja dotado de uma estrutura de combater isso.

Há uma média de quantas estruturas são recuperadas, anual ou a cada 5 anos? Uma recuperação maior...

Nós estamos fazendo muita recuperação onde a gente tinha pontes pequenas, até 15 metros, construídas sobre tabuleiros de madeira, isso aí pelas questões ambientais, pela dificuldade de vc ter substituição das vigas de madeira, nós então estamos fazendo essa substituição por concreto, isso a gente faz de 15 a 20 por ano. Uma recuperação nas pontes de concreto, a gente faz de 2 a 3 por ano.

Quantas pontes estão sob a administração da instituição?

A gente estima que tem entre 800 a 1200 pontes, incluindo as pontes vicinais, de rodovias não pavimentadas, pontes pequenas de 3, 4, 5, 6 metros, que se algum dia a gente for fazer a pavimentação desse trecho, muitas delas podem virar bueiros celulares.

Dá para ter uma estimativa de quantos ml de recuperação? Ou não se faz esse tipo de levantamento?

Não, a gente faz por unidade de ponte. Se vc analisar que um comprimento médio das nossas pontes seria 15 metros, se nós temos 1200 pontes ao todo, global, desde as menos importantes até as mais importantes, excluindo a 3ª Ponte, nós teríamos aí algo em torno de 18 Km no Estado, vc poderia dizer que a gente faz uma recuperação em média de 80 a 100 m de pontes por ano, recuperação. Construção de novas pontes ou substituição de pontes de madeira por de concreto aí a gente triplica isso.

Há um conhecimento do Sr. sobre a diferença de custos relativos a uma intervenção na etapa de projeto para a etapa de manutenção corretiva?

Bom, quando a gente vai fazer uma obra, que vc tem, o poder público sempre tem ...o mais barato, vc partir do princípio, se eu perguntar para vc o que é engenharia....engenharia é a melhor solução técnica, com um menor custo para debelar um problema, resumindo... então vc vê o seguinte, vou citar um exemplo que vc vê todo dia, vou citar o exemplo da ponte de

Camburi, ...modelo...enrrocamento...porque não fez uma obra sem fazer o enrrocamento? Porque era mais caro, ...o custo então ambiental que diminuiu essa oxigenação, canal fica então sem vazão...acabou com um lugar que poderia ser lindo, maravilhoso...muito bem...nós temos que fazer isso muitas vezes, neste governo não, nesse governo, quando vc faz um custo inicial, um bom projeto e tal, ele pode ter um custo inicial maior e ao longo do tempo vc vai ter um custo de manutenção tão pequeno, porque em uma obra se for ver, unidade de tempo com aqui “granulina” (R\$), então ela está ótima aqui, vamos supor que eu tenha que manter um nível de serviço ideal aqui, ela ta ótima, aí ela vai caindo, vai caindo com o tempo, aí vc vem aqui e tem um puta custo para colocar ela aqui (NS), aí ela vai fazer isso...e tal, aí vc vai ter um puta custo para fazer isso aqui (NS), repetidamente até o ponto que ela desaba. Se vc tem um bom projeto e tal, essa curva vai ser assim..., aí quando chegar aqui vc vai ter... ela sempre vai ter menores problemas e tal. Então, vc há de convir que a decisão do governo... é uma decisão de bons administradores públicos, o que o eu vejo é sempre, e eu tenho feito isso aqui, projeto, pontes, um pouco mais, digamos, caras, mas aí eu estou tendo que me explicar no Ministério Público, porque aí vem: porque que fulano ta fazendo por tanto e vc ta fazendo por tanto? E hoje, hoje, o cara que trabalho no cargo público, ele é tão combatido... que as pessoas optam pelo mais barato. Eu acho que os executivos, os dirigentes e também toda a sociedade e a forte fiscalização tem que entender que isso gera um custo muito maior para a sociedade ao longo do tempo, então nós estamos fazendo hoje obras com um projeto um pouco mais avançado, melhores, mas eu acho que isso aí é uma pergunta que engloba todo o setor, o custo aumenta e muito quando vc não faz uma obra no seu nascedouro, de acordo com a técnica, e com uma previsão até de que ela poderá ser usada de forma diferente daquela que vc prevê, alguma coisa a mais.

...Para vc ter idéia, nós estamos fazendo o projeto da obra da nova ponte da Passagem, algo em torno de 50 milhões. Nós vamos fazer uma ponte de 200 e tantos metros ali. Ali derruba aquela meleca que ta lá, derruba aquele enrrocamento, e tenta dar para a sociedade de Vitória, essa ilha maravilhosa, que tenha um canal ali descente.

Quais os critérios levados em consideração na tomada de decisão na hora de substituir uma ponte, ou fazer uma recuperação,?

Primeiro o contexto da rodovia ao qual ela está inserida, o seu estado e a garantia de que vai ter uma sobrevida ou um tempo útil igual ao que ela já ficou. Para eu fazer uma intervenção, que sempre causa transtornos, se eu não tiver que ...digamos assim, se eu não tiver a certeza que eu vou ter uma obra que vai agüentar aquele tráfego, aquele uso para

qual ela já está se mostrando ali, ou a quantidade de tempo igual ao que ela foi projetada, eu derrubo e faço outra.

Algo a acrescentar?

..... ... o estado está passando por momento muito bom em termos de investimentos, nós estamos numa fase onde o órgão pode exercer toda a sua, digamos, a sua técnica, a sua boa técnica a serviço do setor, e ver se a gente consegue através de novos governos que venham fazer com que a gente consiga o diagnóstico das nossas estruturas, eu vou conseguir isso acho que o ano que vem eu vou estar fazendo isso, eu já tenho um termo de referência, e hoje se alguém pergunta, vc pega uma estrutura que está lá e vc não sabe o que está ali, qual a fundação dela? Não sei. Que tipo de armadura eu tenho ai dentro? Não sei. Como vc vai chegar com o seu CREA com a sua assinatura e vai dizer essa ponte agüenta tanto....isso é uma coisa muito séria... nós vamos ter que fazer uma puta pesquisa de campo, tráfego, esperar, fazer a contagem, ver o que está acontecendo, e a partir desse momento a gente ver qual a segurança que a gente tem, para a gente ter uma ferramenta que nos diga por prioridade quais as obras que a gente tem que intervir , que agora nós somos engenheiros bombeiros, aparece um incêndio a gente vai apagar. É isso que está acontecendo, vc não tem uma coisa seletiva, hoje é isso, agora é isso, vamos programar, vc não tem planejamento a longo prazo. O ano que vem é um ano político, se o governador precisa de...para os seus candidatos de fazer uma ponte em ...e gastar 2 milhões e eu precisar de recuperar a ponte de Guarapari com 500 mil, eu não vou ter, vai acontecer isso, vc tá entendendo? Isso acontece, ...nesse governo pode até acontecer, se acontecer vai acontecer o ano que vem, aí eu não sei se eu vou estar aqui.

INSTITUIÇÃO E

DADOS ENTREVISTADO

Nome: Hélio Bahia Souza

Cargo: Coordenador Geral

Tempo: Cargo nomeado – iniciado no governo Lula

Setores em que já trabalhou na Instituição: Trabalhou no DNER no passado, em 69. Na instituição a partir do governo Lula

CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

Nº médio de funcionários da Instituição no Estado: O órgão na época que a construção das rodovias era por efetivo próprio nós já tivemos na época em torno de 1300, 1400 funcionários, hoje nós estamos aí em torno de 40 funcionários diretos do órgão. A filosofia gerencial da instituição hoje é ter a equipe mínima, parte na sede e parte nas 3 unidades locais, e nos contratos nós temos que ter a supervisão. Então para cada contrato nós temos que ter a fiscalização de empresas terceirizadas contratadas para supervisionar as obras e serviços.

Departamentos da Instituição: Nós temos a sede e as unidades locais: 1 em Cachoeiro de Itapemirim, na Safra, que cuida da BR 101 Sul, da BR 393, da BR 482, 1 em Domingos Martins, exatamente em Santa Izabel, que cuida da BR 262 e Rodovia Itarana... , Linhares, BR 259, Ecoporanga e 101 norte.

A estrutura organizacional é composta, a Coordenação geral, na sede, serviços de engenharia, área projetos e meio ambiente, área de planejamento, planejamento e controle, envolvendo a parte de medições e a parte de projetos e meio ambiente. Temos ainda a área administrativa, setor de cadastros e licitações, setor de operações rodoviárias, ligado a parte de operações, balanças, tráfego, semaforização, etc. e temos o apoio da Divocacia Geral da Unial, que dá todo suporte jurídico.

Nº médio de funcionários no setor de edificações:

Principais estruturas de concreto sob a administração do órgão: rodovias, inclusive pontes e obras de arte que estão no percurso? Todas, no trecho federal dentro da faixa de domínio, em sua totalidade, a rodovia mais a conservação da sua faixa de domínio. Isso implica em evitar invasões na faixa de domínio, utilizações indevidas, todo essa gestão

sobre a faixa de domínio em sua totalidade. A faixa de domínio é definida por ...terras...de utilidade pública na época de da implantação da rodovia. Quando vai levantar a rodovia, defineda faixa de domínio. Então nós cuidamos da faixa de domínio, tudo que está dentro da faixa de domínio. Isso ligada a parte de operações da rodovia, da parte de construção, conservação e manutenção.

Quantidade de estruturas sob a administração do órgão: a nós temos aqui na nossa unidade, uma ordem de sessenta e poucas obras. Na BR 259 e BR 101, isso obras de arte de grande porte, obras de arte especial, temos ...28, mas nós temos aqui uma ordem de sessenta obras, obras de arte especiais. Eu tenho até um CD-ROM com o histórico de todas as pontes.

Forma de contratação de obras e recuperação: Todo serviço nosso, não só de execução de obra, como projeto é terceirizado, então nós fazemos aqui os processos licitatórios, licitamos, por isso nós temos o setor de cadastro e licitações, licitamos aqui projetos, execução de projetos, depois licitamos as obras e executamos as obras. Só que nós somos ligados à Diretoria, a Diretoria geral e a diretoria setorializada que fica em Brasília. Antigamente o órgão, DNER no passado era uma diretoria regional, que era ligada a diretoria geral em Brasília, hoje é uma.... mas é ligada a diretoria geral em Brasília.

Há uma equipe da instituição que é responsável pela coordenação ou fiscalização das obras ou projetos?

Tem, a equipe é a partir do coordenador né, o coordenador geral é o principal responsável, é ele inclusive que é o gestor e tem responsabilidade legal, e delega às unidades as atividades de cada um.

Teria então um engenheiro na unidade..?

Delega às unidades locais, normalmente são engenheiros.

Cada unidade local tem um responsável?

Cada unidade local tem um chefe que é o supervisor da unidade local. O cargo inclusive é esse, supervisor de unidade local, ou supervisor de engenharia, ou supervisor administrativo.

O que vc entende por manutenção preventiva de estruturas de concreto?

Manutenção preventiva de estruturas de concreto é vc evitar que o seu concreto sofra qualquer tipo de danos. A partir de corrosão, a partir de ...recalque diferencial, a partir de qualquer coisa desse tipo.

Manutenção corretiva?

A MC é quando vc já tem o problema, ou seja vc faz corretiva, a preventiva não, é quando vc faz prevenção para que não ocorra.

O que o Sr. entende por diagnóstico de estruturas de concreto?

Diagnóstico é vc fazer um levantamento da estrutura e dos problemas que tem nela, ou para uma manutenção preventiva ou corretiva.

Qual seria o seu entendimento de Vida útil de estruturas de concreto?

Vida útil da estrutura é o tempo que ela é dimensionada para se manter estável.

E vida residual?

É quando vc atravessa a vida útil e ainda tem alguma sobrevida pela frente.

Há algum tipo de manutenção nas estruturas de concreto que estão sob a administração da instituição? E como ela é feita?

Há. Há em termos, né? Deveria haver com uma periodicidade grande, que é estrutura de concreto, a vida útil dela poderá ser prolongada em função de uma boa manutenção. Hoje nós fazemos uma manutenção preventiva, por exemplo, domingo passado nós fizemos uma limpeza geral na 2ª ponte, que é isso? Nós fizemos toda a retirada do material solto que estava sobre a ponte, mas a limpeza da junta de dilatação. O que é isso? É uma manutenção preventiva, uma corretiva, quando vc pega o guarda-corpo da ponte, no nosso caso específico é em concreto, vc vê que tem uma ferragem já exposta, vc vê na 3ª ponte o pessoal de vez enquanto quebrando ali, ali já é uma manutenção corretiva, vc ta tirando aquilo que já deteriorou e ta recuperando. Então nós na 2ª ponte fizemos uma manutenção não total mas uma manutenção preventiva, por limpeza de junta e a limpeza da ponte.

Esse tipo de manutenção como o Sr. comentou, há uma periodicidade nessas manutenções?

Essa especificamente eu faço mensal, é mensalmente, mas tem outros tipos de diagnóstico, de manutenção diferente, ... normalmente é ligado a parte de, basicamente a parte de

fundações, e a parte de superestrutura, vê se ta havendo algum problema, recalque diferencial, alguma irregularidade na pista que pode significar algum problema mais sério...

Mas então tem um período pré-definido para fazer esse tipo de manutenção que o Sr. comentou?

Tem, nós fazemos isso periodicamente ou quando tem algum fato que chama atenção para uma manutenção corretiva.

Há um inventário dessas pontes, dessas estruturas? O que tem de registro?

Há. Nós temos o registro da situação de todas as pontes do país, não é só da desta área não, a instituição tem o histórico de todas as pontes.

Tem desde projetos...?

Não, tem o estado atual de pontes. Há uma avaliação de como se encontra cada ponte.

È feito um diagnostico periódico?

È, é feito um diagnóstico periódico de todas as pontes e viadutos.

Como seria esse documento? Em meio eletrônico?

É em meio eletrônico.

O Sr. comentou que há uma manutenção periódica. Como ela é feita? É feita uma inspeção inicial, ou não, ou já está certo que aquela manutenção é...?

Deveria estar...hoje, hoje não ... nós temos muito problemas de pontes, obras de arte especiais no país é um caos, viadutos... nós temos obras que já estão irrecuperáveis. Já está naquele adicional da vida útil. Então são obras que a qualquer momento poderão vir a cair, vir a ruir. Um exemplo, nós temos uma ponte em Pedro Canário, no Rio Itaúnas, é uma ponte que não tem mais reformas, nós vamos ter que fazer outra ponte. Então tudo depende de recursos, então o que o órgão hoje tem sido bastante penalizado, é com a falta de recursos, então existe o levantamento, existe o diagnóstico, existe a previsão da necessidade, tendo recursos... aí vamos a partir que vc tem os recursos, uma vez tendo definidos os recursos, vem pra nós, nós fazemos um levantamento, quantificando as necessidades de serviços, fazemos o projeto, aí contrata-se o projeto, detalha-se o projeto, planilha-se, especifica-se, e contrata-se os serviços.

Essa empresa que faz a manutenção como o Sr. comentou, sendo ela uma manutenção corretiva, ela é contratada. E a parte preventiva, é também uma empresa contratada?

É. A parte preventiva, o que a gente faz, nós temos todos os trechos, nós temos contratos de conservação, contratos anuais, contratos seqüenciais, contratos contínuos.

Incluem a rodovia, inclusive as obras de arte especiais?

Sim. Agora esta intervenção, o limite desta intervenção, o que eu faço com a firma de conserva, o que eu faço com a firma especializada, é uma definição nossa em função do agravamento de cada um dos casos.

Há um setor da instituição, uma supervisão, responsável por essa parte de conservação?

É a unidade local. É a unidade do local. É esse supervisor que eu te falei, que cada um tem a sua rodovia.

Não tem dentro dessa unidade um setor responsável não?

Não. Cada unidade tem sua equipe, tem outros engenheiros, técnicos, topógrafos, equipe de laboratório, eu tenho um laboratório centralizado, se precisar retirar CP's eu tenho um laboratório aqui, centralizado, que me atende.

Sobre a questão do diagnóstico, como o Sr. comentou, tem uma equipe que faz a vistoria periódica, e havendo a necessidade de fazer uma inspeção maior, um diagnóstico maior da estrutura, quem realiza, é a equipe da unidade ou quem faz esse processo?

OK, nós temos hoje, faz parte do órgão o Instituto de Pesquisas Rodoviárias, o IPR, que fica no RJ, o IPR tem técnicos altamente especializado, é um laboratório, aí o nosso laboratório regional, nós temos suporte do IPR. Se o IPR tem estrutura ele coloca a nossa disposição para a nossa equipe complementar o diagnóstico. Se for o caso que requer um profissional altamente especializado aí nós contratamos.

Através da literatura nós verificamos uma gama grande de ensaios realizados para diagnóstico das estruturas, como profundidade de carbonatação, cloretos, potencial de corrosão, resistividade,..o Sr. saberia me dizer se todos esses ensaios são realizados, ou se teria alguma tabela...?

Nós temos todos eles são feitos, quer dizer, vc faz a medida que vai vendo a necessidade de faze-los. Vc faz uma primeira inspeção e a partir daí vc vai fazendo os ensaios que a equipe achar conveniente que sejam feitos.

Então o procedimento seria: a equipe do local verificou que há algum problema, que não poderá ser executada solução com o contrato de conserva, ...

Sim, está fora da conserva executar, já não é uma conserva, é uma recuperação de grande porte.

E então quem faria o primeiro contato, alguns ensaios, seria essa própria equipe que estaria executando?

Não, aí nós temos a equipe do laboratório.

Se a equipe do laboratório verificar que ...

Que tem que avançar aí nós vamos avançar, com a equipe do IPR, quando alcançar o limite do IPR aí nós vamos para o terceirizado.

O Sr. tem algum caso que já chegou a ir até a terceirizada?

Sim, nós temos.

E fica algum relatório?

Sim, é um processo administrativo que é aberto, então fica arquivado. Vou citar um exemplo, a ponte depois de Fundão, aquela variante que foi feita, a ponte seca, entre Ibirapu e João Neiva. O viaduto sobre a estrada de ferro, alto, foi uma obra que não pode mais ser recuperada, foi feito todo o estudo, para se chegar a conclusão que ela não tinha mais recuperação. Foi feita verificação da armadura interna, como estava, se já tinha atingido seus limites de diâmetro, todo o problema...não só a parte de diâmetro, mas stress também, aí chegou a conclusão que ela não tinha mais recuperação. Foi feita a variante em função desses estudos.

Há algum tipo de treinamento para as equipes que ficam na parte de inspeção, manutenção?

Sim, nós temos cursos periódicos no próprio IPR. O IPR é um órgão que treina o profissional. Então toda a parte bibliográfica nós acompanhamos hoje do IPR, não só nós mas todo o Brasil.

Sobre bibliografia, vcs tem algum documento que é seguido no processo de inspeção, manutenção...?

Tem, sim, nós seguimos as normas. Para projeto por exemplo, nós temos uma norma de elaboração de projeto, nós temos n normas, nós temos mais de 100 normas.

São normas da instituição ou da ABNT?

São normas da instituição. São todas elas publicadas, acompanhadas, renovadas pelo IPR.

Especificamente na questão de inspeção e manutenção também há um documento?

Sim, tudo dentro das normas.

Na catalogação que o Sr. comentou, da manutenção que é realizada das pontes da situação atual, é fotografado, é feito um banco de dados de fotografias?

É fotografado, inclusive a nível de detalhes, muito bem detalhados inclusive.

(mostrou exemplos de fotos tiradas do pavimento de uma rodovia)

Esse levantamento, a própria unidade local quem faz?

Sim.

Sobre as normas que são seguidas, que o Sr. comentou, os ensaios que são realizados estão discriminados nas normas?

Sim.

São então realizados baseados realmente nas normas?

Sim. E todos esses ensaios nós temos a bibliografia dos métodos.

Também é uma bibliografia do IPR?

Sim.

Sobre a questão de custos de recuperação de estruturas. Há um conhecimento de quanto em média se gasta em recuperação de estruturas? Uma recuperação maior.

É hoje não tem esse elemento, na realidade, a área não tem feito recuperação de estruturas, é um recurso que é previsto mas não tem sido liberado recursos para isso.

Então vai ficando da forma que está?

A vida útil de obras de arte seria para 40 anos, né, vc pode considerar 40 anos, algumas delas vamos dizer até menos, então nós já temos todas elas nessa faixa, nossas obras estão passando de serem recuperadas. Nós temos no país obras mais antigas ainda.

E estando nessa faixa de 40 anos essas estruturas também estão no estágio de deterioração grande, bastante deterioradas, com corrosão?

Bastante.

O que fica realmente é a questão de recursos?

Sim, é recursos. Já existe o levantamento, já existe o diagnóstico, já existe inclusive uma priorização, e já existe um pedido de recursos ...esse aqui é um controle que eu tenho quando a gente abre um processo administrativo e encaminha para Brasília. ...Aqui ó, pontes problemáticas. É um processo que já está em Brasília, onde eu estou pedindo recursos para resolver o problema das pontes. Então, se saiu tantos milhões, aí dá para fazer obra tal, tal e tal, 1, 2 e 3, aí eu vou inspecionando...

Esse dimensionamento é feito aqui pelo Sr.?

Sim. Mas em Brasília eles tem o conhecimento, tem o relatório.

Esse levantamento (da situação das pontes) aqui de campo é feito, em conjunto com a equipe de Brasília, e é feito anual, rotineiramente e emergencialmente quando surgir. A equipe daqui juntamente com a equipe de Brasília.

Quantidade média de estruturas recuperadas?

As nossas obras, quase todas elas precisam ser recuperadas.

Há um levantamento do que já foi feito?

Não, nós não temos grandes recuperações feitas não.

Há ciência de que essas obras aí precisam, ou várias delas precisam de recuperação?

Sim. De agora para frente então nós vamos começar a ter histórico, a medida que começarmos a recuperar que nós vamos começar a fazer o histórico. Anualmente, de quantas obras foram recuperadas.

Como o Sr. comentou, há um banco de dados com o histórico dessas estruturas, que foi realizado um diagnóstico, um levantamento. Esse histórico vem sendo feito a partir de quando?

Nos últimos 3 anos.

Por isso então não tem um levantamento anterior?

Isso.

Há um conhecimento sobre a diferença de custos incidentes se é feita uma intervenção na etapa de projeto ou em uma etapa de manutenção, por exemplo?

O projeto entende-se que tem que ser bem concebido. Inclusive as normas da instituição são bem exigentes. Antigamente fazia-se umas obras de arte, por exemplo, obras de arte curvas, que vc vê na BR 262, hoje já não se concebe obras de arte curvas, porque é um ponto de alto risco. Então hoje o projeto já leva a fazer obras de chegada a ela e não fazer ela curva para ... Então o que pode acontecer por exemplo, agora a nova norma foi alterada em relação a resistência à compressão do concreto, antigamente o fck era 15, 20 MPa hoje é acima de 35, 40, 45 MPa. Então muita coisa já está projetada, já tem projetos antigos, então o que fazer? Entendemos que é melhor interferir agora, na etapa de projeto do que futuramente ter problema. Então n nível de projeto, nós entendemos que o projeto tem que ser bem concebido e as obras novas levam a isso.

A nível de manutenção o ideal é que se trabalho na prevenção, sempre.

Algo a acrescentar?

Com relação a instituição, o DNER já foi um órgão altamente capacitado para a parte rodoviária, e no decorrer dos anos, e vc sabe capacitação o que é, é a equipe, é pessoal, então o nosso sentimento é que o profissional do ramo fugiu, então o órgão não contratava, as pessoas antigas foram aposentando, as escolas não tiveram mais interesse em formar profissional para a área rodoviária, e hoje o mercado está deficitário, então hoje vc tem muita gente que não é do ramo trabalhando no ramo, então o que se quer, se busca é que o país passe a investir fortemente na infra-estrutura de transportes, porque uma vez tendo garantia, para vc ter idéia o recurso do SID(?), vc sabe o que foi o SID né, o SID é o recurso que tem que vc tira um percentual da venda de combustível para aplicar em infra-estrutura. Então se os recursos do SID, que são da ordem de 10bilhões e meio, anuais, se o recurso entrasse conforme se prevê, 40% do SID é para investir em infra-estrutura, nós nos próximos 10 anos estaríamos com a nossa malha toda ela recuperada, todas as pontes, e

viadutos devidamente conservados,...falta ter recursos, sem recursos, com isso vc não tem profissional, que as escolas já não vão ter tanto interesse, porque... pelo menos a instituição agora esse ano que aprovou o plano de cargos e salários, o DNER foi extinto, criou-se outro órgão, que não tinha estrutura. Esse ano foi que enquadrou o profissional de nível técnico dentro da sua qualificação razoável, não é a melhor. Então, o que se pretende é que se coloque dinheiro em infra-estrutura, que o governo federal passe a trabalhar infra-estrutura, então com isso nós vamos ter profissionais na área. E com profissional na área e com recursos anual nós vamos sempre ter uma boa malha rodoviária e ferroviária no país. Fica essa observação.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)