



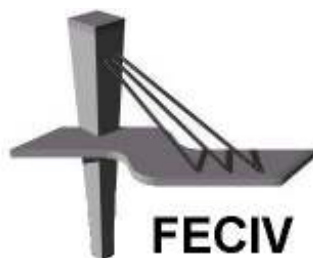
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO DA DETERIORAÇÃO DE MARQUISES
DE CONCRETO ARMADO NAS CIDADES DE
UBERLÂNDIA E BAMBUÍ.**

MARCO ANTÔNIO DO CARMO

UBERLÂNDIA, 03 DE JULHO DE 2009



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Marco Antônio do Carmo

**ESTUDO DA DETERIORAÇÃO DE MARQUISES DE
CONCRETO ARMADO NAS CIDADES DE UBERLÂNDIA
E BAMBUÍ.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de **Mestre em
Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Turibio José da Silva.

UBERLÂNDIA, 03 DE JULHO DE 2009.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- C287e Carmo, Marco Antônio do, 1970-
Estudo da deterioração de marquises de concreto armado nas
cidades de Uberlândia e Bambuí / Marco Antônio do Carmo. - 2009.
116 f.
Orientador: Turíbio José da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pro-
grama de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Inclui bibliografia.
1. Engenharia de estruturas - Teses. 2. Marquises de concreto - Dete-
rioração - Teses. 3. Concreto armado - Teses. I. Silva, Turíbio José da.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 502.35

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA Nº: 059/2009

CANDIDATO: Marco Antônio do Carmo

ORIENTADOR: Prof. Dr. Turibio José da Silva

TÍTULO: "Estudo da deterioração de marquises de concreto armado nas cidades de Uberlândia e Bambuí"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Estruturas e Construção Civil

LINHA DE PESQUISA: Estruturas

DATA DA DEFESA: 03 de julho de 2009

LOCAL: Sala de Reuniões da FECIV

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 10:00 às 12:30

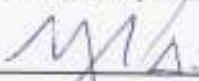
Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às arguições, os membros da Banca Examinadora decidem que o candidato foi:

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

OBS:

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:


Professor Orientador: **Prof. Dr. Turibio José da Silva – FECIV/UFU**


Membro externo: **Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes - UFMG**


Membro: **Prof. Dr. João Fernando Dias – FECIV/UFU**

Uberlândia, 03 de JULHO de 2009.

DEDICATÓRIA

*A meus pais, Antônio Rocha e Celisa, por terem transformado
minha vida através da educação. A meu pai e eterno professor,
que me levou a escolha da profissão de engenheiro civil,
pelo seu exemplo profissional.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por mais uma vez ter me mostrado que com humildade, força, perseverança e trabalho, somos capazes de atingir todos os nossos objetivos e que para alcançá-los devemos, antes de tudo, conhecê-los.

A Direção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, nas pessoas do seu Diretor Flávio Vasconcelos Godinho, e do Vice-Diretor Áureo Pereira Dias, pela liberação de dias de trabalho, e incentivo para realização desta qualificação.

A meus pais, pelos ensinamentos transmitidos ao longo da vida: educação, caráter e dignidade.

A meu orientador, Prof. Dr. Turibio José da Silva, pela preciosa orientação e pelos ensinamentos técnicos transmitidos.

A todos professores e técnicos da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

Ao Sr. Marco Aurélio pela ajuda na realização de ensaios nas marquises na cidade de Bambuí.

Aos colegas do curso de mestrado, pela convivência e pelos momentos agradáveis compartilhados ao longo do curso.

Aos proprietários dos edifícios na cidade de Bambuí, pela permissão para realização de ensaios nas marquises de seus edifícios.

Ao colega Professor Engenheiro civil Humberto Garcia de Carvalho, pela ajuda no cadastramento de marquises na cidade de Bambuí.

CARMO, Marco Antônio. Estudo da Deterioração de Marquises de Concreto Armado nas cidades de Uberlândia e Bambuí. 116 p. Qualificação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

RESUMO

Nos últimos anos tem crescido no Brasil, o número de marquises de concreto armado com manifestações patológicas, e conseqüente acidente estrutural, o que tem levado geralmente a vítimas fatais. Para se prevenir destes, faz-se necessário que se projete e construa com qualidade, que se conheçam as causas das patologias encontradas, evitando a repetição dos mesmos erros, fazendo com que haja sempre uma “realimentação do sistema” e que tenha sempre uma manutenção necessária. Através de análise de projeto, das características geométricas da estrutura, de inspeção visual e inspeção detalhada com equipamentos adequados, poderá detectar-se se existem anomalias e realizar-se operações de recuperação e reforço da estrutura, ou mesmo indicar sua demolição. Este trabalho apresenta os resultados obtidos com a utilização de técnicas de inspeção de marquises de concreto armado, com preocupação de garantir a durabilidade desta, e conseqüentemente maior segurança para pedestres. Os estudos foram realizados nas cidades de Bambuí e Uberlândia. Na cidade de Uberlândia foram feitas inspeções visuais em 54 marquises, enquanto que na cidade de Bambuí realizou-se inspeção visual e inspeção detalhada em 10 destas estruturas, sendo utilizados equipamentos de pacometria, ultra-sonografia, medidor de potencial de corrosão e resistivímetro.

Palavras-chave: Marquise, Concreto, Inspeção, Deterioração.

CARMO, Marco Antônio do. Study of Deterioration of Constructed Concrete Skyways in the city of Uberlândia and Bambuí. 116 p. MSc Dissertation, College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2009.

ABSTRACT

In recent years the number of the constructed concrete marquees with pathological manifestations has grown in Brazil, and consequences have caused them to be structurally weak, which has generally led to fatalities. As preventive action, it becomes necessary that the projects and construction thereof be improved in quality, that found pathological causes be corrected to prevent the repetition of the same errors, making sure that there is always a “feedback of the system” and all necessary maintenance is provided. By project analysis of geometric characteristics of the structure, visual inspection and detailed inspection with appropriate equipments, it can be detected existed anomalies and to make repairs and reinforcement of the structure, or even to indicate its demolition. This work represents the results obtained with the methodological implementation of the use of techniques inspection, norms and regulations that deal with constructed concrete skyways, with concern to guarantee their durability and, consequently, enhanced security for pedestrians. The studies had been carried through in the cities of Bambuí and Uberlândia. In the city of Uberlândia visual inspections of 54 marquees had been made, whereas in the city of Bambuí it became fulfilled visual inspection and inspection detailed in 10 of these structures, being used equipment of rebar locator, ultrasonic testing, measurer of corrosion potential of reinforcing bars and resistivity meter.

Word-Key: Marquees, Concrete, Inspection, Deterioration.

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

SÍMBOLOS

ρ = resistividade elétrica do concreto (ohm.cm)

a = espaçamento entre eletrodos (cm);

V = voltagem (Volts); e

V^* = velocidade do pulso de onda ultra-sônica.

I = corrente elétrica (Ampere).

T = tempo que o pulso de onda leva para percorrer a estrutura.

L = distância entre transdutores

μs – micro segundos (10^{-6} s)

ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

Art – Artigo

CREA- Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia.

Dec – Decreto.

ECS – Eletrodo de Calomelano.

END – Ensaio não destrutivo.

ESC – Eletrodo de Cobre / Sulfato.

FECIV- Faculdade de Engenharia Civil.

IBAPE- Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

mV- mili volts (10^{-3})

NBR- Norma Brasileira.

PMU – Prefeitura Municipal de Uberlândia.

PMB – Prefeitura Municipal de Bambuí.

Sedec - Secretária municipal de desenvolvimento da cidade.

Sucom - Superintendência de controle e ordenamento de uso do solo do município.

w_k - Abertura característica de Fissura na superfície do concreto.

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

Δc –Tolerância de execução de Cobrimento.

SIGLAS

CO_2 - Dióxido de carbono

Na_2O - Oxido de Sódio

K_2O - Oxido de Potássio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Laje em balanço com espessura constante engastada na laje interna.....	02
Figura 1.2 – Laje em balance engastada em laje armada em uma direção.....	03
Figura 1.3 – Laje em balanço sem continuidade com outra laje.....	04
Figura 1.4 – Marquises sustentadas por vigas.....	05
Figura 1.5 – Desabamento de Marquise no Rio de Janeiro.....	09
Figura 4.1 – Tipos de corrosão e fatores que as provocam.....	34
Figura 5.1-Patologias nas marquises.....	37
Figura 5.2- Localização de fissuras e desencadeamento de corrosão do aço.....	38
Figura 5.3- Ilustração dos esforços atuantes em uma estrutura em balanço.....	39
Figura 5.4 – (a) – Marquise sem escoramento. (b)- escoramento único na extremidade. (c)–introdução e 4 apoios ao longo da marquise	41
Figura 5.5 – Estratificação de camadas sobrepostas à estrutura de marquise	42
Figura 5.6 - Marquise deformada pela sobrecarga de painel publicitário.....	42
Figura 5.7 – Incidência do vento sobre placas de anúncio causando flexão na estrutura....	43
Figura 5.8 - Sistema de Drenagem de águas pluviais em marquises.....	45
Figura 6.1 Esquema de Funcionamento do Pacômetro.....	55
Figura 6.2 – Esquema do ensaio de potencial de corrosão.....	56
Figura 6.3 – Aparelho de Ultra-sonografia.....	61
Figura 6.4 – Esquema de funcionamento do Ultra-sonografia.....	61
Figura 6.5 – Esquema da técnica de resistividade.....	62
Figura 7.1 – Pontos de realização de ensaios nas marquises.....	70
Figura 7.2 – Equipamento de Ultra-sonografia.....	71
Figura 7.3 – Realização de ensaio de Ultra-sonografia.....	71
Figura 7.4 - Esquema de medição indireta.....	72
Figura 7.5 – Aparelho para ensaio de pacometria.....	73
Figura 7.6 – Aparelho para medição de potencial de corrosão.....	73
Figura 7.7 – Umedecimento da Superfície da marquise para ensaio de potencial de corrosão	73
Figura 7.8 – Ligação do terminal positivo do voltímetro na marquise.....	74
Figura 7.9 – Aparelho para medição de Resistividade do concreto.....	74
Figura 7.10– Realização de ensaio de resistividade Elétrica em marquises.....	74

Figura 8.1 – Marquise com sobrecarga por painel Publicitário – marquise 22U.....	77
Figura 8.2 - Marquise com sobrecarga por painel Publicitário – marquise 31U.....	77
Figura 8.3 - Deslocamento de concreto, trinca e ferragem exposta na marquise 06 B.....	77
Figura 8.4- Trinca com infiltração na marquise 06 B.....	77
Figura 8.5 - Furo na marquise 06 B.....	77
Figura 8.6 - Deslocamento de reboco e ferragem exposta na marquise 05B.....	77
Figura 8.7- Trinca na marquise 10 B.....	78
Figura 8.8 – Trinca na marquise 05 B.....	78
Figura 8.9 – Trinca na marquise 09 B.....	78
Figura 8.10 – Trinca na marquise 02 B.....	78
Figura 8.11 - Sinais de infiltração na marquise 10 B.....	78
Figura 8.12– Ferragem exposta na marquise 10 B.....	78
Figura 8.13- Ferragem exposta na marquise 08 B.....	78
Figura 8.14 – Ferragem exposta na marquise 10 B.....	78
Figura 8.15 – Deslocamento de reboco na marquise 08 B.....	79
Figura 8.16 – Deslocamento de reboco na marquise marquise 06 B.....	79
Figura A1 – Marquise 01 U.....	105
Figura A2 – Marquise 02 U.....	105
Figura A3– Marquise 03 U.....	105
Figura A4– Marquise 04 U.....	105
Figura A5– Marquise 05 U.....	105
Figura A6 – Marquise 06 U.....	105
Figura A7– Marquise 07 U.....	106
Figura A8 – Marquise 08 U.....	106
Figura A9– Marquise 09 U.....	106
Figura A10– Marquise 10 U.....	106
Figura A11 – Marquise 11 U.....	106
Figura A12– Marquise 12 U.....	106
Figura A13– Marquise 13 U.....	107
Figura A14– Marquise 14 U.....	107
Figura A15– Marquise 15 U.....	107
Figura A16 – Marquise 16 U.....	107
Figura A17– Marquise 17 U.....	107

Figura A18– Marquise 18 U.....	107
Figura A19– Marquise 19 U.....	108
Figura A20– Marquise 20 U.....	108
Figura A21– Marquise 21 U.....	108
Figura A22 – Marquise 22 U.....	108
Figura A23 – Marquise 23 U.....	108
Figura A24– Marquise 24 U.....	108
Figura A25– Marquise 25 U.....	109
Figura A26– Marquise 26 U.....	109
Figura A27– Marquise 27 U.....	109
Figura A28 – Marquise 28 U.....	109
Figura A29– Marquise 29 U.....	109
Figura A30– Marquise 30 U.....	109
Figura A31– Marquise 31 U.....	110
Figura A32 – Marquise 32 U.....	110
Figura A33 – Marquise 33 U.....	110
Figura A34– Marquise 34 U.....	110
Figura A35– Marquise 35 U.....	110
Figura A36– Marquise 36 U.....	110
Figura A37– Marquise 37 U.....	111
Figura A38– Marquise 38 U.....	111
Figura A39– Marquise 39 U.....	111
Figura A40 – Marquise 40 U.....	111
Figura A41– Marquise 41 U.....	111
Figura A42 – Marquise 42 U.....	111
Figura A43– Marquise 43 U.....	112
Figura A44– Marquise 44 U.....	112
Figura A45– Marquise 45 U.....	112
Figura A46– Marquise 46 U.....	112
Figura A47– Marquise 47 U.....	112
Figura A48– Marquise 48 U.....	112
Figura A49 Marquise 49 U.....	113
Figura A50 – Marquise 50 U.....	113

Figura A51– Marquise 51 U.....	113
Figura A52 – Marquise 52 U.....	113
Figura A53– Marquise 53 U.....	113
Figura A54– Marquise 54 U.....	113
Figura A55– Marquise 01 B.....	114
Figura A56– Marquise 02 B.....	114
Figura A57– Marquise 03 B.....	114
Figura A58– Marquise 04 B.....	114
Figura A59 – Marquise 05 B.....	114
Figura A60 – Marquise 06 B.....	114
Figura A61– Marquise 07 B.....	115
Figura A62 – Marquise 08 B.....	115
Figura A63 – Marquise 09 B.....	115
Figura A64 – Marquise 10 B.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Causas intrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto.	15
Tabela 2.2 – Causas extrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto armado.....	16
Tabela 2.3- Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto.....	19
Tabela 3.1- Classes de agressividade ambiental.....	23
Tabela 3.2- Relação entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.....	24
Tabela 3.3- Relação entre a classe de agressividade e o cobrimento nominal para $\Delta c=10\text{mm}$	25
Tabela 3.4- Exigências de durabilidade relacionada á fissuração.....	26
Tabela 4.1- Efeitos de alguns ácidos sobre o concreto.....	35
Tabela 5.1- Levantamento de casos de desabamento de marquises e estruturas similares no Brasil.....	49
Tabela 6.1- Potenciais de corrosão e probabilidade de ocorrência.....	58
Tabela 6.2– Classificação da velocidade do pulso ultra-sônico no concreto.....	59
Tabela 6.3- Resistividade no concreto.....	62
Tabela 7.1- Caracterização das marquises cadastradas em Uberlândia.....	68
Tabela 7.2- Caracterização das marquises cadastradas em Bambuí.	69
Tabela 7.3 - Características geométricas das marquises cadastradas em Bambuí.....	70
Tabela 8.1- Resultado de inspeção visual de marquises nas cidades de Bambuí.....	76
Tabela 8.2- Resultado de inspeção visual de marquises nas cidades de Uberlândia.....	76
Tabela 8.3 – Resultados do ensaio de pacometria.....	79
Tabela 8.4 – Cobrimento das armaduras	80
Tabela 8.5 – Resultado do ensaio de Ultra-sonografia.....	81
Tabela 8.6 – Velocidade de pulso de ultra-sônica nas marquises.....	82
Tabela 8.7 – Qualidade do concreto das marquises.....	82
Tabela 8.8 – Resultado do ensaio de potencial de corrosão em marquises.....	83
Tabela 8.9 – Resultado do ensaio de resistividade elétrica em marquises.....	84
Tabela 8.10- Classificação de marquises quanto ao estado de conservação.....	85
Tabela B1 - Planilha de inspeção Visual de marquises.....	104
Tabela E1- Endereço das marquises Cadastradas na cidade de Uberlândia.....	116

Tabela E2- Endereço das marquises Cadastradas na cidade de Bambuí.....	117
--	-----

SUMÁRIO

CAPITULO 1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Histórico do uso de Marquises	1
1.2 Tipos de Marquises	2
1.3 Patologias em Marquises	5
1.4 Objetivos	8
1.5 Justificativa	9
1.6 Apresentação do Trabalho	11
CAPITULO 2. PATOLOGIAS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	13
2.1 Introdução	13
2.2 Causas das Patologias nas Estruturas de Concreto	14
2.2.1 Causas Intrínsecas	15
2.2.2 Causas Extrínsecas	16
2.3 Origens das Patologias do Concreto Armado	16
2.3.1 Patologias Geradas na Etapa de Concepção da Estrutura	16
2.3.2 Patologias Geradas na Etapa de Execução da Estrutura	17
2.3.3 Patologias Geradas na Etapa de Utilização da Estrutura	18
CAPITULO 3. DURABILIDADE DO CONCRETO	21
3.1 Introdução	21
3.2 A Durabilidade das Estruturas e a NBR 6118:2003	21
3.2.1 Mecanismos de Deterioração relativos ao Concreto	22
3.2.2 Mecanismo de Deterioração relativos a Armaduras	22
3.2.3 Mecanismos de Deterioração da Estrutura propriamente dita	23
3.2.4 Agressividade do Ambiente	23
3.2.5 Qualidade do Concreto de Cobrimento	24

3.2.6 Controle de Fissuração do Concreto.....	26
3.2.7 Vida útil das Estruturas de Concreto Armado.....	27
CAPITULO 4. PROCESSOS DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	29
4.1 Introdução.....	29
4.2 Fissuração.....	29
4.3 Desagregação do Concreto.....	31
4.4 Carbonatação.....	31
4.5 Perda de Aderencia.....	32
4.6 Desgaste do Concreto.....	33
4.7 Corrosão da Armadura.....	33
4.7.1 Agentes Agressivos na Corrosão de Armaduras.....	34
4.7.1.1 Ácidos.....	34
4.7.1.2 Escrementos de Pássaros.....	36
4.7.1.3 Águas Puras.....	36
CAPITULO 5. PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM MARQUISES.....	37
5.1 Introdução.....	37
5.2 Patologias Geradas no Projeto de Marquises.....	38
5.3 Patologias Geradas na Construção de Marquises.....	40
5.3.1 Mal Posicionamento de Armaduras.....	40
5.3.2 Escoramento Incorreto.....	40
5.4 Patologias geradas por Sobrecargas nas Marquises.....	41
5.5 Patologias devido ao acúmulo de sujeiras nas Marquises.....	44
5.6 Patologias nas Instalações de Marquises.....	44
5.7 Patologias nos Sistemas de Proteção de Marquises.....	45
5.8 Corrosão das Armaduras.....	45
5.9 Importância da Manutenção de Marquises	46
5.10. Levantamento de Casos de Desabamento de Marquises e suas Causas no Brasil.....	48
CAPITULO 6 . METODOLOGIA DE INSPEÇÃO DE MARQUISES.....	50
6.1 Introdução.....	50
6.2 Análise de Projeto e Entrevista com o Proprietário.....	50
6.3 Levantamento Geométrico com Indicação das Dimensões das Peças Estruturais.	51

6.4 Técnicas e Ensaio para Inspeção de Marquises.....	51
6.4.1 Inspeção Visual.....	52
6.4.2 Inspeção Detalhada através de Equipamentos.....	54
6.4.2.1 Pacometria.....	55
6.4.2.2 Ensaio de Potencial de Corrosão.....	56
6.4.2.3 Ultra-sonografia.....	59
6.4.2.4 Resistividade Elétrica	61
6.5 Classificação das Inspeções de Marquises.....	63
6.5.1 Critérios de Classificação das Marquises	63
6.5.2 Classificação do Estado das Marquises.....	63
6.5.3 Classificação do Estado de Conservação de Marquises.....	64
CAPITULO 7. INSPEÇÃO DE MARQUISES NAS CIDADES DE UBERLÂNDIA E BAMBUÍ.....	65
7.1 Introdução.....	65
7.2 Caracterização das Cidades.....	66
7.3 Entrevista com o Proprietário do Edifício.....	66
7.4 Cadastramento e Inspeção Visual de Marquises.....	66
7.5 Ensaio não Destrutivos nas Marquises.....	70
7.5.1 Ultra – sonografia.....	71
7.5.2 Pacometria.....	72
7.5.3 Potencial de Corrosão.....	73
7.5.4 Resistividade do Concreto.....	74
CAPITULO 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
8.1 Introdução.....	75
8.2 Resultado da Inspeção Visual	75
8.3 Resultado da Inspeção com Ensaio não Destrutivos.....	79
8.3.1 Pacometria.....	79
8.3.2 Ultra-sonografia.....	81
8.3.3 Potencial de Corrosão.....	83
8.3.4 Resistividade Elétrica.....	84
8.4 Classificação das Marquises.....	85
CAPITULO 9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
9.1 Introdução.....	87

9.2 Conclusões Específicas.....	87
9.2.1 Inspeção Visual.....	87
9.2.2 Ensaios não Destrutivos.....	88
9.2.2.1 Ultra-sonografia.....	89
9.2.2.2 Pacometria.....	89
9.2.2.3 Potencial de Corrosão e Resistividade Elétrica.....	90
9.3 Considerações Finais.....	91
9.4 Contribuições do Trabalho.....	94
9.5 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	96
ANEXOS.....	101

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Histórico do uso de Marquises

No Brasil a partir do ano de 1902, com surgimento do Cimento Portland, e de teorias de dimensionamento do concreto armado, a construção de grandes edifícios tornou-se possível, e as cidades que tinham construções de no máximo 4 pavimentos, iniciaram um processo de verticalização, inspiradas no modelo urbano americano. Surgiu aí a preocupação com o risco que a queda de objetos de grande altura traria para os transeuntes (RIZZO, 2007). Com essa preocupação, foi criado na cidade do Rio de Janeiro em 1937 o Dec. 6000/37, que impôs condições para construção de marquises, e tornou obrigatória a sua construção em prédios comerciais, visando a proteção dos pedestres.

No ano de 1970, também na cidade do Rio de Janeiro foi editado o Dec. 3800/70 que mantinha a obrigatoriedade de construção de marquises ao longo de toda a extensão da fachada em edificações comerciais. No ano de 1991 com o Dec. 10426/91 extinguiu-se a obrigatoriedade de construção da marquise. (RIZZO, 2007).

Mas de acordo com Nakaguma (2006), mesmo após o fim da obrigatoriedade da construção das marquises, estas continuaram a ser construídas, tornando-se parte da cultura da construção de edifícios.

1.2 Tipos de Marquises

De acordo com Rocha (1987), marquises são estruturas em balanço formadas por vigas e lajes ou por apenas uma laje. Podem receber cargas de pessoas, de anúncios comerciais ou outras formas de propaganda, de impermeabilização etc.

Ainda de acordo com Rocha (1987), a estrutura da marquise a ser projetada, depende principalmente do vão do balanço e da carga aplicada. As mais comuns na prática, como se pode verificar nas construções existentes, são as formadas por lajes simples em balanço, ou ainda as mais complexas, formadas por vigas e lajes, que são menos frequentes.

Rocha (1987) classifica as marquises conforme a existência e posição das vigas da seguinte forma:

a) Marquise com laje simples em balanço.

São indicadas para pequenos balanços, em média até 1,8 m. O problema principal nessas marquises é verificar a flecha na extremidade do balanço, já que o dimensionamento é simples. A Figura 1.1 mostra a laje em balanço engastada na laje interna; o esquema estático é de uma barra engastada numa extremidade e livre na outra, a armadura principal, portanto, é negativa (calculada como em viga) e transversal e pode-se dispensar a colocação da armadura positiva.

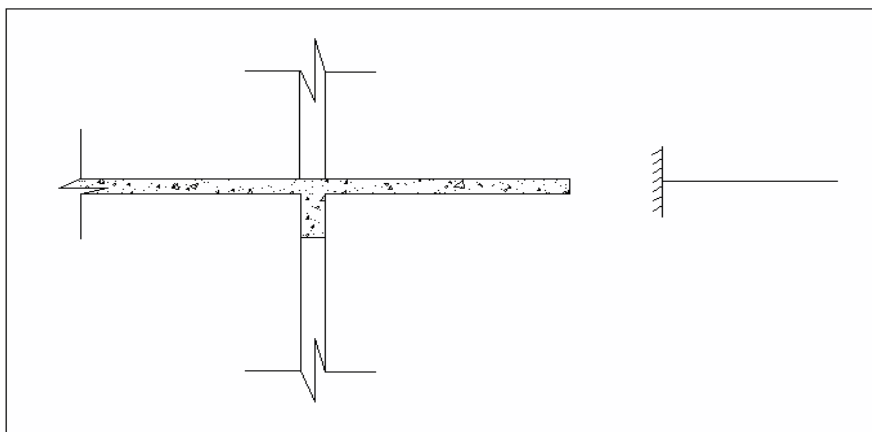


Figura 1.1 – Laje em balanço com espessura constante engastada na laje interna

Um problema que surge é conhecer o ponto de interrupção da armadura negativa na laje na qual a laje em balanço está engastada. Quando a laje interna é armada em uma direção conforme a Figura 1.2, pode-se calcular os esforços solicitantes das duas lajes fazendo como uma viga com faixa de um metro. Assim, fica determinada a posição do momento nulo e o comprimento da armadura negativa.

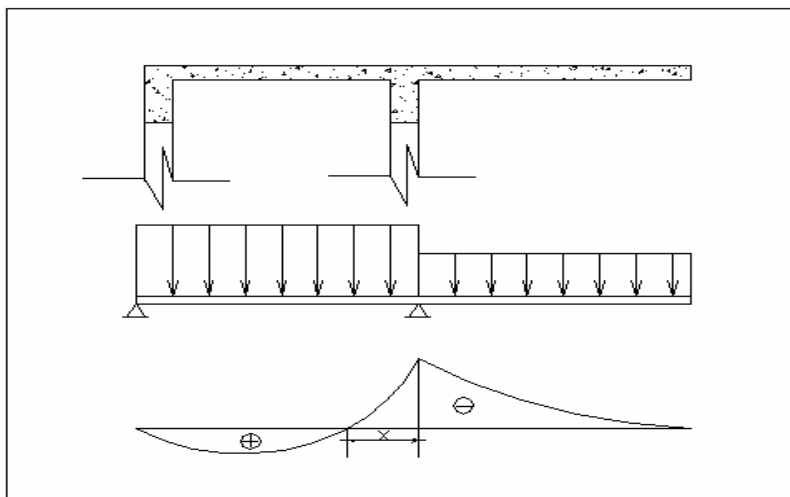


Figura 1.2 – Laje em balanço engastada em laje armada em uma direção.

Quando a laje interna é armada em duas direções, o problema não é tão simples. A laje da marquise é calculada como uma viga em balanço e assim dimensionada. A laje interna em cruz deve ser calculada para a carga uniformemente distribuída combinada com um momento fletor (o que solicita a laje da marquise) aplicado de forma uniforme ao longo da borda de ligação com a laje da marquise. (ROCHA, 1987)

Para balanços maiores, a fim de diminuir o peso próprio, pode-se variar a espessura da laje em direção à extremidade do balanço, nesse caso, para efeito do cálculo do peso próprio, pode-se adotar uma espessura média. (ROCHA, 1987).

Ainda de acordo com Rocha (1987), as lajes em balanço podem não ser contínuas com as lajes internas, ou caso essas não existam, há a necessidade de engastar a laje na viga (Figura 1.3)

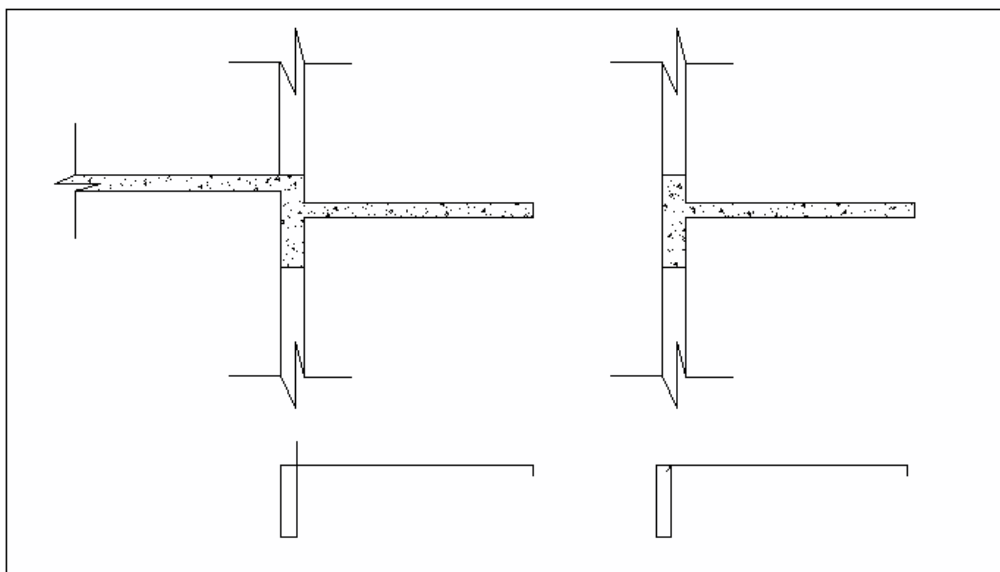


Figura 1.3 – Laje em balanço sem continuidade com outra laje

No caso da laje em balanço engastada na viga, o momento fletor que solicita a laje em balanço é momento de torção para a viga, que deve obrigatoriamente ser considerado no cálculo da armadura da viga.

b) Marquises formadas por lajes e vigas

São muitas as possibilidades de projeto quando a estrutura das marquises é composta por lajes e vigas. Para balanços muito grandes (acima de 1,80m), recomenda-se que as marquises sejam apoiadas em vigas, afim de evitar lajes de grande espessura.

Neste caso a laje normalmente é armada em uma direção e simplesmente apoiada em vigas laterais e vigas de borda (Figura 1.4). Na viga onde esta engastada a laje da marquise do edifício, a vinculação depende da continuidade ou não com outra laje. Em muitos casos a viga de borda pode ser suprimida, tornando a laje de borda livre. Caso as vigas laterais não sejam contínuas, logicamente estas devem ser engastadas nos pilares. Neste caso, no cálculo dos pilares, é necessário considerar o momento fletor proveniente dessas vigas.

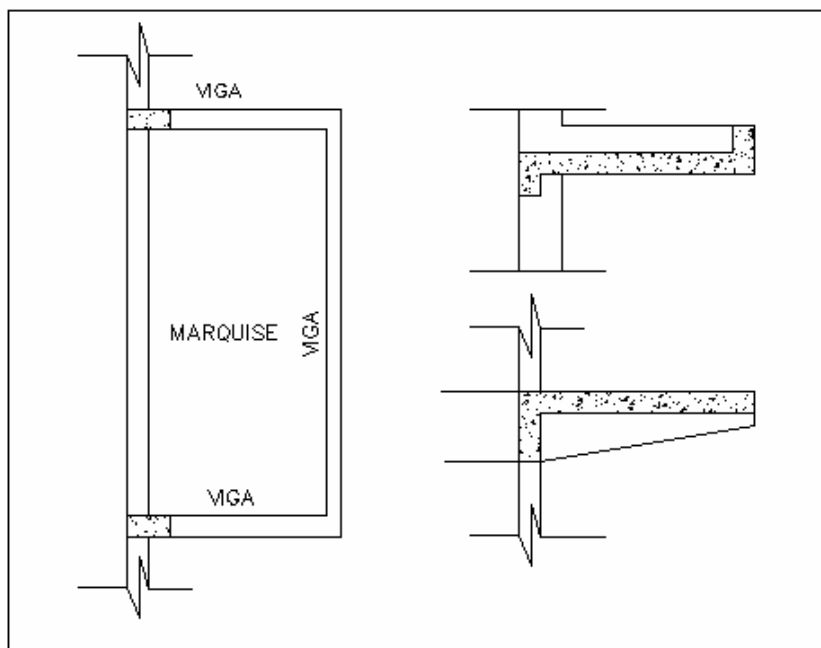


Figura 1.4 – Marquises sustentadas por vigas

Rocha (1987) mostra que marquises com lajes apoiadas em vigas engastadas em pilares, o momento fletor que solicita a viga, solicita também o pilar. Pilares de um lance com a base engastada têm um momento fletor constante ao longo da sua altura e igual ao momento negativo da viga.

1.3 Patologias em Marquises

As ruínas em marquises tem ocorrido de forma mais frequente em lajes engastadas, uma vez que estas estruturas apresentam pouca vinculação, configurando estruturas isostáticas ou, em alguns casos, estruturas com baixo grau de hiperestaticidade. Assim, a perda de uma vinculação por menor que seja, pode ser condição suficiente para sua instabilidade. (BRAGUIM, 2006)

Essa configuração estrutural faz então com que a parte mais solicitada dessas estruturas seja a superior, sujeita a esforços de tração, que provocam alongamento. O concreto apresenta comportamento diverso à tração e à compressão, resiste bem menos à tração que à compressão. Para compensar essa deficiência de resistência são utilizadas armaduras de aço nas regiões tracionadas, portanto nas marquises engastadas a região com armadura principal é a superior. (DORIGO, 1996)

Ainda de acordo com Dorigo (1996), a conclusão é de que o calcanhar de Aquiles das marquises é a armadura superior, pois esta é a primeira a ser afetada quando a impermeabilização falha ou quando surgem trincas de qualquer natureza na parte superior da estrutura. O processo de corrosão se instala transformando ferro em óxido de ferro, que é expansivo e encunha o concreto abrindo rachaduras progressivamente mais largas e profundas, o que propicia a penetração de agentes agressivos e acelerando esse processo.

O comportamento do concreto armado tem caráter de ruptura dúctil, pois embora seja um material frágil, tem na sua composição a armadura de aço que é um material dúctil, formando assim um material com comportamento intermediário. A grande vantagem disso é que, o concreto armado suporta deformações consideráveis nas proximidades das armaduras produzindo um quadro de fissuras evidentes antes de chegar ao colapso. (BRANDÃO e PINHEIRO, 1998)

Mas de acordo com Pujadas (1996), a marquise é uma exceção a esta regra, pois tende a sofrer ruptura brusca, tipo frágil, sem aviso e, por isso, é uma estrutura que precisa ser perfeita no seu projeto, na sua execução e na sua utilização. Além disso, um programa de manutenção preventiva que é de extrema importância para qualquer estrutura de concreto armado, é imprescindível para as marquises.

Quedas de marquises podem ocorrer por vários motivos: erro de projeto, erro de construção, materiais inadequados, uso incompatível ou falta de manutenção. Os três primeiros têm a ver, diretamente, com a engenharia, enquanto que os outros têm a ver com o usuário.

As falhas no projeto de marquises tem a ver principalmente com o detalhamento incorreto da armadura principal; a consideração de cargas menores que as necessárias para a utilização da estrutura, e ainda pela não consideração da agressividade do meio-ambiente, dependendo dessa agressividade, as conseqüências para o desempenho das marquises podem ser dramáticas. Porque o ar e a umidade, contaminados com matéria orgânica, fezes e urina de animais, produtos químicos, poluição ambiental, salinidade no caso de áreas litorâneas, penetram nas fissuras e provocam a corrosão das armaduras. (BRAGUIM, 2006)

Quanto à execução os problemas mais comuns ocorrem quanto ao posicionamento da armadura principal que é pisoteada devido ao tráfego dos operários e equipamentos durante a concretagem da marquise, que saem da sua posição origem que é a superior, perdendo sua função estrutural, fazendo com que os esforços de tração, em vez de serem absorvidos pelas barras da armadura, afetem exclusivamente o concreto. Como ele apresenta baixa resistência a esse tipo de solicitação ele apresenta elevada fissuração que, pode evoluir até trincas e, no limite à ruptura. (MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007).

Mas mesmo que a armadura esteja bem posicionada quanto ao seu cobrimento e posição horizontal e o concreto bem dosado, ainda assim o concreto em marquises apresentará microfissuras. Daí a importância da impermeabilização aliada a uma drenagem adequada e permanentemente funcional para assegurar a integridade e durabilidade dessas estruturas. Além disso, o entupimento de um ralo na marquise pelo acúmulo de folhas de árvores, animais mortos e sujeira pode gerar acúmulo de água em volumes superiores ao das sobrecargas previstas para esse tipo de estrutura. (JORDY e MENDES, 2006)

De acordo Medeiros e Grochoski (2007), o uso indevido de uma marquise também é muito grave, principalmente quando se introduzem sobrecargas, pois essa é dimensionada para suportar, além de seu peso próprio, o sistema de impermeabilização, e sobrecargas leves, decorrentes de serviços de manutenção de sua superfície. Assim aumentar essa carga, seja pela colocação de equipamentos de refrigeração, seja pela instalação de painéis publicitários ou pelo lançamento de camadas sucessivas de impermeabilização, violam as cargas consideradas no projeto original. Além disso, a instalação de painéis publicitários nas bordas das marquises impõe uma carga vertical decorrente de seu peso, levando a ocorrência de esforços de flexão decorrentes da força do vento incidindo sobre o painel.

Em suma, problemas decorrentes de projeto e execução, são detectáveis durante o processo de construção, e seus responsáveis perfeitamente identificáveis. Já os resultantes de má-conservação e uso inadequado têm a ver com o usuário (NETO, 2007)

De acordo com Jordy e Mendes (2006), os casos de instabilidade elástica têm ocorrido nas estruturas de marquises de centros urbanos em diversas partes do mundo em

grandes e pequenas cidades sem distinção, resultando em acidentes estruturais com consequências imprevisíveis, geralmente com vítimas fatais.

De modo a evitar a ocorrência de acidentes, aspectos de durabilidade das estruturas, classes ambientais, cobrimentos de armaduras, detalhes construtivos e sistemas de proteção já são previstos nas novas normas de concreto e contribuem para a construção otimizada de novas marquises.

Para as marquises existentes que apresentam manifestações patológicas, deve-se buscar uma metodologia criteriosa para procedimentos de inspeções, avaliação de cargas e sobrecargas e verificação das impermeabilizações, visando à obtenção de diagnósticos confiáveis para tomadas de decisão quanto à recuperação, reforço ou demolição destas.

As normas de projeto estrutural devem ser obedecidas pelos projetistas, fiscalizadas pelo poder público e sem dúvida exigidas pelos proprietários, pois de acordo com o código civil (Lei 10406 de 10/01/2002)

Art 186 – Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência, imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito.

Art. 937 – O dono do edificio ou construção responde pelos danos que resultarem de sua ruína, se esta provier de falta de reparos, cuja necessidade fosse manifesta.

Art. 938 – Aquele que habitar prédio, ou parte dele, responde pelo proveniente das coisas que dele caírem ou forem lançadas em lugar indevido.

1.4 Objetivos

O objetivo deste trabalho é diagnosticar através de métodos de inspeção visual e ensaios não destrutivos, os aspectos estruturais, de utilização e de deterioração de marquises em edificações, sejam elas antigas ou recentes na região central das cidades de Uberlândia e Bambuí, onde se tem concentração de lojas e prédios comerciais, e por onde circulam diariamente centenas de pessoas, de modo que se possam tomar decisões precisas quanto à conservação, revitalização, reforço, ou mesmo demolição destas estruturas.

1.5 Justificativa

Nos últimos anos tem crescido no Brasil, o número de manifestações patológicas em marquises de concreto armado. Em Fevereiro de 2006, a queda de uma marquise na Universidade Estadual de Londrina, no Paraná, provocou a morte de duas pessoas e feriu mais de 20. A investigação que apurou as causas do acidente apontou que problemas no projeto e falhas na execução causaram o colapso da estrutura. (NAKAGUMA, 2006)

De acordo com estimativas do CREA-RJ, em 2007, cerca de 500 marquises na cidade do Rio de Janeiro apresentam problemas estruturais. Ainda no Rio de Janeiro, a Defesa Civil confirma que 70% das marquises dos edifícios do centro não passam por manutenção há anos. A Figura 1.5, mostra marquise que ruiu em Copacabana em 04 de março de 2006, matando duas pessoas e ferindo oito, e que não era vistoriada há mais 13 anos (MASSET, 2006)



Figura 1.5 – Queda de Marquise no Rio de Janeiro (MASSET, 2006)

Na cidade do Rio de Janeiro, a queda de marquises se tornou tão habitual que o Prefeito César Maia resolveu tomar uma medida drástica, proibir a construção de novas

marquises e ordenar a demolição imediata de todas as marquises em condições não adequadas de segurança, sendo esta medida efetivada através do Decreto N° 27663 de 09 de Março de 2007, expedido pela Prefeitura do Rio de Janeiro, o que demonstra a grande preocupação quanto à garantia de segurança das marquises e, portanto, da necessidade de avaliação periódica e cuidadosa dessas estruturas. (MASSET, 2006)

Em Juiz de Fora na Zona da Mata Mineira, no ano de 2006, técnicos da Secretária de Política Urbana, identificaram no centro e em alguns bairros da cidade, marquises de edifícios em situação de risco, destas vistorias preliminares constatou-se que 80 % destas marquises têm alguma irregularidade, tais como trincas, infiltrações e ferrugens. (SOUSA, 2007)

No ano de 2007, em Salvador os proprietários de prédios localizados no circuito do carnaval mantiveram isoladas marquises e sacadas durante a festa, pois das cerca de 20 destas estruturas do circuito, 12 destas estavam interditadas. Pois se tratavam de marquises já vistoriadas, e que não foram projetadas para receber pessoas, uma vez que nessa época são utilizadas como camarotes. (REBOUÇAS, 2007)

Visando evitar a ruína e posterior queda de marquises, varias cidades brasileiras tem tomado medidas, que levam principalmente em consideração o conhecimento das causas de patologias nestas estruturas, visando evitar a repetição dos mesmos erros.

Na cidade de Vitória (ES), por exemplo, a prefeitura identificou após inspeções de rotina, 190 marquises em situação de risco, destas, 157 (82,6%) já possuem laudo técnico de estabilidade e segurança, emitido por engenheiro civil a recuperação efetuada pelos proprietários. (DAVARIZ, 2006)

O conhecimento das causas das patologias em marquises deve ser feito através da análise de projeto, do levantamento das características geométricas da estrutura, e de inspeção visual e detalhada, com equipamentos adequados.

Os freqüentes acidentes envolvendo queda de marquises, em varias cidades brasileiras, têm levado outras a iniciativa de promover a identificação de patologias em suas marquises, e também incentivou o desenvolvimento deste trabalho nas cidades de Uberlândia e Bambui, a fim de buscar a implantação de uma sistemática para assegurar condições adequadas de conservação das marquises nas edificações existentes nestes municípios, garantindo segurança estrutural e durabilidade destas estruturas.

1.6 Apresentação do Trabalho

O presente trabalho é composto por nove capítulos, onde os seis primeiros apresentam uma introdução e uma revisão literária a respeito do tema, enquanto que os seguintes referem-se à realização do programa experimental, aos resultados, às conclusões e considerações finais.

O capítulo 1 **Introdução**, tem como finalidade a apresentação da dissertação, evidenciando a importância do tema, dos objetivos da pesquisa e de seu conteúdo.

No capítulo 2 **Patologias em Estruturas de Concreto** faz-se uma abordagem sobre patologia estrutural, abrangendo seus sintomas, suas causas, os mecanismos básicos de degradação do concreto e da armadura, suas origens e o diagnostico.

O capítulo 3 **Durabilidade do Concreto** trata da durabilidade das estruturas de concreto, os mecanismos de sua deterioração e da armadura, a agressividade do ambiente, cobrimento da armadura, controle de fissuração e vida útil das estruturas de concreto.

O capítulo 4 **Processos de Deterioração das Estruturas de Concreto** aborda os processos de deterioração do concreto relativos à ocorrência de patologias nas fases de projeto, construção, execução e manutenção das estruturas.

O capítulo 5 **Principais Patologias em Marquises** trata da ocorrência das patologias mais comuns em marquises no Brasil.

O capítulo 6 **Metodologia de Inspeção de Marquises** apresenta os procedimentos para cadastramento, inspeção visual e ensaios não destrutivos em marquises.

O capítulo 7 **Inspeção de Marquises nas cidades de Uberlândia e Bambuí** trata dos procedimentos e equipamentos utilizados para inspeção de marquises nas cidades de Uberlândia e Bambuí.

O capítulo 8 **Resultados e Discussão** traz a apresentação dos resultados, onde, em paralelo, são também feitas algumas análises e discussão dos mesmos.

No capítulo 9 **Conclusões e Considerações Finais** são expostas as principais conclusões do trabalho e algumas sugestões para melhoria de projetos, construção, uso e manutenção de marquises.

CAPÍTULO 2

PATOLOGIAS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

2.1 Introdução

Dá-se o nome de patologia das Estruturas ao campo da Engenharia que estuda as origens, as causas, os sintomas e as conseqüências das falhas ou defeitos das estruturas. Helene (1992) acrescenta ainda que é o estudo de todas as partes que compõem o diagnóstico de um problema estrutural.

Os problemas patológicos podem ser classificados como simples, cujo diagnóstico e profilaxia são evidentes, e complexos, aqueles que exigem um maior conhecimento sobre o assunto (SOUZA & RIPPER, 1998)

Esses problemas, apresentados por grande parte das estruturas, são decorrentes do descaso com que a durabilidade estrutural vem sendo tratada nos últimos anos. Desta forma, pode-se dizer que a patologia da construção está intimamente ligada à qualidade da própria construção (CÁNOVAS, 1988).

Ainda de acordo com (SOUZA & RIPPER, 1998), das estruturas em geral, e em particular das estruturas de concreto armado, espera-se uma completa adequação às finalidades a que se destinam, sempre levando em consideração o binômio segurança – economia.

Portanto, as estruturas devem ser assumidas como produtos extremamente complexos, que apresentam uma enorme variedade de características, das quais dependerá a sua maior ou menor adequação aos propósitos estabelecidos pelo projeto.

Quando se pretende que um produto atinja o nível de qualidade desejado, deve-se garantir que tenha conformidade com os requisitos de satisfação do cliente a um preço aceitável. Esta garantia é conseguida através de um conjunto de ações programadas e sistemáticas, necessárias para proporcionar a confiança apropriada de que o produto venha atender às expectativas.

Salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, em que a violência das solicitações, aliada ao caráter marcadamente imprevisível das mesmas, será o fator preponderante, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil, processo este que pode ser dividido, em três etapas básicas: concepção, execução e utilização.

Em nível de qualidade, exige-se, para a etapa de concepção, a garantia de plena satisfação do cliente, de facilidade de execução e de possibilidade de adequada manutenção; para a etapa de execução, será de garantir o fiel atendimento ao projeto, e para a etapa de utilização, é necessário conferir a garantia de satisfação do utilizador e a possibilidade de extensão da vida útil da obra.

O surgimento de problema patológico em dada estrutura indica, em ultima instância e de maneira geral, a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para as falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades.

2.2 Causas das Patologias nas Estruturas de Concreto

Ao se analisar uma estrutura de concreto armado deteriorada é indispensável identificar as causas e origens deste problema, para que não se permita a ocorrência dos mesmos erros que levaram a essa deterioração.

Segundo Souza e Ripper (1998), o estudo das causas responsáveis pelas diversas patologias presentes nas estruturas de concreto é bastante complexo e está em constante evolução. Entretanto, duas classificações foram por eles apresentadas: causas intrínsecas e causas extrínsecas.

2.2.1 Causas intrínsecas

Segundo Souza e Ripper (1998), causas intrínsecas são aquelas inerentes às próprias estruturas, ou seja, todas aquelas que têm sua origem nos materiais e peças estruturais durante a fase de execução e/ou de utilização das obras, por falhas humanas, por questões próprias ao material concreto e por ações externas. A Tabela 2.1 mostra as principais causas intrínsecas de deterioração das estruturas de concreto.

Tabela 2.1 – Causas intrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto.

Falhas Humanas Durante a Construção	Deficiências de concretagem	Transporte
		Lançamento
		Juntas de concretagem
		Adensamento
		Cura
	Inadequação de Escoramentos e Fôrmas	
	Deficiências nas Armaduras	Má interpretação dos projetos
		Insuficiência de armaduras
		Mau posicionamento das armaduras
		Cobrimento de concreto insuficiente
		Dobramento inadequado das barras
		Deficiências nas ancoragens
		Deficiências nas emendas
	Utilização Incorreta dos Materiais de Construção	Má utilização de anticorrosivos
		Fck inferior ao especificado
		Armadura diferente da especificado
		Solo com características diferentes
		Utilização de agregados reativos
		Utilização inadequada de aditivos
	Inexistência de Controle de Qualidade	Dosagem inadequada do concreto
Falhas Humanas durante a Utilização (ausência de manutenção)		
Causas Naturais	Causas Próprias à Estrutura Porosa do Concreto	
	Causas Químicas	Reações internas do concreto
		Expansibilidade de certos constituintes do cimento.
		Presença de cloretos
		Presença de ácidos e sais
		Presença de anidrido carbônico
		Presença de água
		Elevação da temperatura interna do concreto
	Causas Físicas	Variação da temperatura
		Insolação
		Vento
		Água
	Causas Biológicas	

Fonte: Souza e Ripper (1998)

2.2.2 Causas extrínsecas

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), causas extrínsecas são aquelas que não dependem da composição interna do concreto ou de falhas inerentes ao processo de execução, podendo ser consideradas como externas ao corpo estrutural, ou seja, fatores que atacam a estrutura "de fora para dentro", conforme se observa na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Causas extrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de concreto armado.

CAUSAS EXTRÍNSECAS	Falhas Humanas Durante o Projeto	Modelização Inadequada da Estrutura
		Má Avaliação das Cargas
		Detalhamento Errado ou Insuficiente
		Inadequação do Ambiente
		Incorreção na Interação Solo-Estrutura
		Incorreção na Consideração de Juntas de Dilatação
	Falhas Humanas Durante a Utilização	Alterações Estruturais
		Sobrecargas Exageradas
		Alteração das Condições do Terreno de Fundação
	Ações Mecânicas	Choques de Veículos
		Recalque de Fundações
		Acidentes
	Ações Físicas	Variação de Temperatura
		Insolação
		Atuação da Água
	Ações Químicas	
	Ações Biológicas	

Fonte: Souza e Ripper (1998)

2.3 Origens das patologias do concreto armado

2.3.1 Patologias Geradas na Etapa de Concepção da Estrutura.

Varias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção da estrutura. Elas podem se originar durante o estudo preliminar, ou seja, no lançamento da estrutura, na execução do anteprojeto, ou durante elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia.

De maneira geral, as dificuldades técnicas e o custo para solucionar um problema patológico originado de uma falha de projeto são diretamente proporcionais à antiguidade da falha. Uma falha no estudo preliminar, por exemplo, gera um problema

cuja solução é muito mais complexa e onerosa do que a de uma falha que venha a ocorrer na fase de anteprojeto.

Por outro lado, constata-se que as falhas originadas de um estudo preliminar deficiente, ou de anteprojeto equivocados, são responsáveis, principalmente pelo encarecimento do processo de construção ou por transtornos relacionados à utilização da obra, enquanto falhas geradas durante a realização do projeto final de engenharia geralmente são responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser tão diversos como:

2.3.2 Patologias Geradas na Etapa de Execução da Estrutura.

A sequência lógica do processo de construção civil indica que a etapa de execução deve ser iniciada apenas após o término da etapa de concepção, com conclusão de todos os estudos e projetos.

Isto, embora seja lógico e o ideal, raramente ocorre mesmo em obras de maior vulto, sendo prática comum, por exemplo, serem feitas adaptações no projeto já durante a obra, sob a desculpa, de serem necessárias certas simplificações construtivas, que, na maioria dos casos, originam erros.

Iniciada a construção, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas tão diversas como falta de condições locais de trabalho, não capacitação profissional da mão-de-obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem.

Um ponto importante para a diminuição das patologias na fase de execução das obras é a industrialização, cuja principal contribuição é a redução de riscos e incertezas na construção civil, que implica, diretamente na redução de custos e prazos. Para que essa industrialização ocorra é imperativo que toda obra seja dotada de um atualizado e adequado sistema de controle de qualidade, assim como de controle de produtividade da mão de mão-de-obra, sendo também de fundamental importância a implementação de um programa de incentivos, como forma de evitar o desânimo e a sabotagem.

Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes, normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras, podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto.

A ocorrência de problemas patológicos na fase de execução de obras esta relacionado também aos problemas socioeconômicos, que provocam baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, como os serventes e os meio-oficiais, e mesmo do pessoal com alguma qualificação profissional.

É fato conhecido que a motivação dos trabalhadores está diretamente relacionada ao fornecimento da maior quantidade possível de informações técnicas sobre os materiais a utilizar e as estruturas a construir, e que quanto mais alargada for a gama de trabalhadores a receber tais informações, maior será a chance de que se venha a atingir um produto final de elevada qualidade.

Um outro fator importante a considerar na análise do surgimento de problemas patológicos nas estruturas está relacionado á indústria de materiais e componentes. Estas indústrias são bastante independentes, relativamente á indústria da construção civil, embora seus produtos devessem ser desenvolvidos para suprir as necessidades da construção, e existe uma grande dificuldade de interação destes dois setores do parque industrial. (SOUZA & RIPPER,1998)

2.3.3 Patologias Geradas na Etapa de Utilização da Estrutura.

De acordo com Souza e Ripper (1998), acabadas as etapas de concepção e de execução, e mesmo quando tais etapas tenham sido de qualidade adequada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos originados da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequada.

Desta forma, e de maneira paradoxal, o usuário, maior interessado em que a estrutura tenha um bom desempenho, poderá vir a ser, por ignorância ou por desleixo, o agente gerador de deterioração estrutural.

Os problemas patológicos ocasionados por uso inadequado podem ser evitados informando-se ao usuário sobre as possibilidades e as limitações da obra, como, por exemplo, a capacidade de carga da estrutura.

Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou mesmo pela ausência total de manutenção, têm sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de alocação de verbas para a manutenção pode vir a tornar-se fator responsável pelo surgimento de problemas estruturais de maior monta, implicando gastos significativos e, no limite, a própria demolição da estrutura.

Um aspecto curioso quanto às patologias nas construções tem sido a tentativa de se procurar definir qual a atividade que tem sido responsável, ao longo dos tempos, pela maior quantidade de erros.

Tabela 2.3 – Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto.

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLOGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	
D.E.Allen (Canadá) (1979)	55	49		
C.S.T.C (Bélgica) Verçosa (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50			10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado Verçosa (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	88			12
E.N.R (U.S.A.) (1968-1978)	9	6	75	10
S.A.I (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	40		16
Jean Blévot (França) (1974)	35		65	
LEMIT (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Fonte: (SOUZA & RIPPER, 1998)

Os índices percentuais apresentados na Tabela 2.3 nem sempre são concordantes, o que se justifica primeiramente porque os estudos foram realizados em diferentes

continentes, e, em segunda instância, porque em alguns casos as causas são tantas que pode ter sido difícil definir a preponderante.

CAPÍTULO 3

DURABILIDADE DO CONCRETO

3.1 Introdução

No Brasil a preferência pelo concreto armado, pela sua resistência e outras características inigualáveis, levou ao mito de que essa estrutura é eterna, deixando em segundo plano sua manutenção, esquecendo-se de que se trata de um material sensível a agressividade do ambiente, principalmente no aspecto da integridade das armaduras que são as mais sensíveis às agressões do meio ambiente quando expostas (GRAZIANO, 2002).

Assim o conhecimento do comportamento, a especificação correta materiais que compõem a estrutura para uso em condições severas de exposição, condições essas que devem ser avaliadas pelo nível de agressividade do meio de exposição, são imprescindíveis na elaboração do projeto estrutural. (LORENSINI, 2006).

Com informações a respeito da agressividade do ambiente, projetos que levem em consideração as normas de projeto estrutural, acompanhamento técnico na execução da estrutura, e ainda conhecimento das causas dos processos deterioração das estruturas de concreto é possível projetar estruturas que não sofram deterioração excessiva ao longo do tempo, sem que, para isso, seja necessário aumentar os custos. O que falta, no momento, é a aceitação e a aplicação inteligente do conhecimento disponível e recentemente desenvolvido (HELENE, 1992)

3.2 A Durabilidade das Estruturas e a NBR 6118:2003

A NBR 6118 (ABNT, 2003) trata de alguns critérios de projeto como a qualidade e a espessura do concreto de cobrimento e o controle da fissuração para obtenção de

estruturas de concreto armado duráveis, pois aborda os principais mecanismos de envelhecimento e deterioração do concreto armado, mostra a importância de se conhecer a influência das classes de agressividade ambiental.

3.2.1 - Mecanismos de Deterioração Relativos ao Concreto

Dentre os mecanismos de deterioração do concreto, a NBR 6118(ABNT, 2003) destaca o ataque por sulfatos, a lixiviação, a reação álcali-agregado e reações deletérias superficiais.

Ataque de sulfatos: Expansão e reações deletérias da pasta de cimento hidratado por ação de águas e solos contendo sulfatos. Causa expansão e fissuração do concreto, perda de coesão na pasta de cimento e redução do pH do extrato aquoso dos poros superficiais. O ataque ocorre somente quando a concentração de sulfatos ultrapassa um determinado limite. (SANTOS e SAGAVE, 2003b).

Lixiviação: Dissolução e carreamento dos compostos hidratados da pasta de cimento por ação de águas puras, ácidas ou carbônicas agressivas. Pode ocorrer quando o concreto for mal adensado, apresentar fissuras ou juntas mal executadas, permitindo assim a percolação da água através do material. Quando ocorre a lixiviação, o concreto apresenta superfície arenosa ou com agregados expostos sem a pasta superficial, eflorescências de carbonato e redução do pH do extrato aquoso dos poros (SANTOS e SAGAVE, 2003b).

Reação álcali-agregado: Expansão por ação das reações entre álcalis do cimento (Na_2O ; K_2O) e certos agregados reativos. O produto destas reações é um gel que se forma nos planos mais fracos ou poros do agregado ou ainda na sua superfície, destruindo a aderência pasta/agregado. O gel é do tipo “reação ilimitada”, isto é, só pára de ocorrer quando faltar um dos reagentes. Causa expansão geral da massa de concreto com fissuras superficiais e profundas (NEVILLE, 1979).

Reações deletérias superficiais: Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de produtos ferruginosos presentes na sua composição mineralógica. Em alguns casos podem causar manchas e saliências na superfície do concreto.

3.2.2 Mecanismos de Deterioração Relativos à Armadura

A deterioração das armaduras está ligada ao processo de corrosão, sendo que dentre os mecanismos de deterioração da armadura, a NBR 6118 (ABNT, 2003) destaca a despassivação por carbonatação e a despassivação por elevado teor de íons cloreto.

Carbonatação: Despassivação da armadura por redução do pH do concreto devido à ação do gás carbônico da atmosfera que penetra por difusão e reage com os hidróxidos alcalinos da solução existente nos poros do concreto. Uma característica desse processo é a existência de uma frente de carbonatação que separa duas zonas com pH muito diferentes. Quando a reação de carbonatação ocorre, tem-se a despassivação da armadura pela redução do pH na zona carbonatada. Com a armadura despassivada e com a presença de umidade e oxigênio, ocorrerá uma corrosão generalizada na armadura. (CASCUDO, 1997)

Ataque por cloretos: Despassivação da armadura por ação de cloretos que penetram no concreto através de processos de difusão, de impregnação ou de absorção capilar e que superam, na solução dos poros do concreto, uma concentração limite, causando assim a despassivação da armadura. Os íons cloreto também podem estar presentes no próprio concreto, originados da água de amassamento, de agregados contaminados ou ainda provenientes de aditivos. Neste caso um controle da qualidade dos materiais constituintes do concreto se faz necessário. Com a armadura despassivada e com a presença de umidade e oxigênio, ocorrerá uma corrosão localizada na armadura. (OLIVEIRA, 2002)

3.2.3 Mecanismos de Deterioração da Estrutura Propriamente Dita

São os mecanismos de deterioração relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação, e são pela NBR 6118 (ABNT, 2003) classificados como mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita.

3.2.4 Agressividade do Ambiente

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), a classificação da agressividade do ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da

retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto. A definição da classe de agressividade do ambiente é fundamental para a concepção do projeto estrutural, pois influenciará no valor mínimo de resistência característica à compressão do concreto, no valor mínimo da espessura do cobrimento de armadura e na máxima abertura de fissura permitida (SANTOS e SAGAVE, 2003b).

A Tabela 3.1 apresenta a classe de agressividade em função das condições de exposição da estrutura ou de suas partes segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003).

O responsável pelo projeto estrutural deve atentar para os dados relativos ao meio ambiente, buscando sempre fazer uma estimativa mais próxima da realidade. Porém, isso não é uma tarefa fácil, tendo em vista a grande variabilidade e a dificuldade em quantificar os dados referentes a uma boa classificação da agressividade do ambiente (SANTOS e SAGAVE, 2003b).

Tabela 3.1 - Classes de Agressividade Ambiental

Classe da agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1) 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1) 2)}	
IV	Muito Forte	Industrial ^{1) 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um micro-clima com classe de agressividade um nível mais brando para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais branda em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuvas em ambientes predominantemente secos ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118:2003

3.2.5 Qualidade do Concreto de Cobrimento

A NBR 6118 (ABNT, 2003) estabelece critérios de durabilidade a partir do controle da resistência característica à compressão do concreto, f_{ck} , e da relação água/cimento, a/c , do concreto utilizado em obra, levando-se em conta as condições de agressividade do ambiente no qual os elementos da estrutura de concreto estão expostos. A Tabela 3.2

apresenta as relações máximas admissíveis da relação água/cimento e mínimas exigidas do f_{ck} para o concreto, em função da agressividade do ambiente e tipo de concreto utilizado.

É importante ressaltar que ter um concreto com boa resistência à compressão não garante a durabilidade da estrutura. A qualidade e a espessura do cobrimento desempenham um papel importante com vistas à durabilidade. Daí a importância de controlar também a execução, principalmente durante as atividades de lançamento, adensamento e cura do concreto. (SANTOS e SAGAVE, 2003b).

Tabela 3.2 - Relação Entre a Classe de Agressividade e a Qualidade do Concreto segundo a NBR 6118:2003 (ABNT, 2003)

Concreto	Tipo	Classe de Agressividade (Tabela 2.2)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento	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 de Concreto	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$
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.					

Fonte: NBR 6118: 2003 (ABNT, 2003)

A NBR 6118 (ABNT, 2003) também indica o cobrimento mínimo das armaduras em função da agressividade do ambiente no qual a estrutura está inserida. A Tabela 3.3 apresenta as exigências com relação ao cobrimento nominal (cobrimento mínimo mais tolerância de execução Δc) em função da classe de agressividade ambiental. Em obras correntes o valor de Δc deve ser maior ou igual a 10 mm. Entretanto, pode-se reduzir a tolerância de execução para 5 mm quando houver um adequado controle de qualidade, rígidos limites de tolerância durante a execução e estiver explícita nos desenhos do projeto esta exigência de controle rigoroso.

A NBR 6118 (ABNT, 2003) ressalta ainda que, ao especificar o valor do cobrimento nominal a ser respeitado no projeto, deve-se garantir que a dimensão máxima do agregado graúdo utilizado no concreto não supere em 20% a espessura nominal do cobrimento. Deve ser garantido também que o cobrimento nominal será sempre maior ou igual ao diâmetro da barra.

Tabela 3.3 - Relação Entre a Classe de Agressividade e o Cobrimento Nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$.

Tipo de estrutura	Componente Ou elemento	Classes de agressividade			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal			
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 sobre 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 pelo item 7.4.7.5 da norma respeitando um cobrimento nominal $\geq 15\text{mm}$.

³⁾ Nas faces inferiores das lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter o cobrimento nominal $\geq 45\text{mm}$.

Fonte: NBR 6118:2003 (ABNT, 2003)

3.2.6 Controle de Fissuração do Concreto

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), o estado limite de serviço de abertura de fissuras, ELS-W, deve ser analisado no controle da fissuração para peças de concreto armado. O controle da fissuração pode ser realizado por meio da limitação da abertura estimada de fissuras. Os valores máximos admissíveis para abertura de fissuras, w_k , são mostrados na Tabela 3.4. Para uma estrutura de concreto armado, é permitida uma abertura máxima de 0,4 mm para casos de pequena agressividade e uma abertura máxima de 0,2 mm em ambientes extremamente agressivos.

No caso em que as fissuras afetam a funcionalidade da estrutura, como por exemplo, no caso de estanqueidade de reservatórios, devem ser adotados valores limites menores para a abertura das fissuras. Também devem ser adotados valores limites menores para a abertura das fissuras em situações onde ocorra desconforto psicológico ao usuário, mesmo não representando perda da segurança da estrutura.

Tabela 3.4 - Exigências de Durabilidade Relacionadas à Fissuração

Tipo de Concreto estrutural	Classe de Agressividade Ambiental (CAA) e Tipo de Protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinações de ações em Serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I e CAA IV	não há	-
Concreto armado	CAA I	ELS-W _{wk} ≤ 0,4 mm	Comb. frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W _{wk} ≤ 0,3 mm	
	CAA IV	ELS-W _{wk} ≤ 0,2 mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e CAA II	ELS-W _{wk} ≤ 0,2 mm	Comb. frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e CAA IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS - F	Comb. frequente
		ELS - D ¹⁾	Comb. quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completada)	Pré-tração com CAA III e CAA IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS - F	Comb. rara
		ELS - D ¹⁾	Comb. frequente

¹⁾A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com a_p = 25mm (Figura 3.1 da norma).

NOTAS:

1. As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se no item 3.2 da norma.
2. Para as classes de agressividade ambiental CAA III e CAA IV, Exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

Fonte: NBR 6118:2003 (ABNT, 2003)

3.2.7 Vida Útil das Estruturas de Concreto

De acordo com Brandão (1998), a vida útil é definida como o período de tempo durante o qual as estruturas de concreto mantêm condições satisfatórias de uso, preenchendo as finalidades para as quais foi projetada, sem a necessidade de manutenção dispendiosa.

A vida útil da construção como um todo depende igualmente do comportamento dos elementos estruturais de concreto armado e dos demais componentes incorporados à estrutura, porém, sem função estrutural, tais como drenos, juntas, apoios, instalações etc. Há que se considerar que estes elementos não estruturais, em geral, possuem vida útil mais curta do que a estrutura propriamente dita e, portanto, providências adequadas para sua manutenção, substituição e reparo devem ser previstas no projeto.

A extensão da vida útil varia com o tipo e a importância da estrutura. Assim, estruturas de caráter permanente devem ter, em geral, vida útil mais longa do que as de caráter provisório. O CEB-FIP Model Code 1990 (1993), por exemplo, afirma que as estruturas projetadas conforme suas recomendações têm grande probabilidade de apresentar vida útil de, pelo menos, 50 anos. Já a NBR 6118 (ABNT, 2003), recomenda vida útil de

projeto de, pelo menos, 1 ano para estruturas de caráter provisório e, para pontes e obras de caráter permanente, 50, 75 ou até mais de 100 anos.

Definida a extensão da vida útil desejada, cabe aos projetistas a função de especificar as medidas necessárias para assegurar que ela seja atingida, para isso levando em conta as condições ambientais e de exposição da estrutura. (BRANDÃO e PINHEIRO, 1998)

CAPÍTULO 4

PROCESSOS DE DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

4.1 Introdução

Os processos de deterioração mais comuns nas estruturas de concreto armado são a fissuração, a desagregação do concreto, a carbonatação, perda de aderência entre o concreto e a armadura, o desgaste do concreto e ainda a corrosão das armaduras.

Esse processo de deterioração do concreto tem sua origem nas diversas fases do processo construtivo, ou seja, podem ocorrer nas fases de projeto, execução, utilização e manutenção, de forma isolada, ou no conjunto destas.

Todos estes processos de deterioração, ocorrendo de forma isolada ou conjunta levam a uma perda de segurança e funcionalidade da estrutura, ocasionando conseqüentemente, uma diminuição sensível de sua vida útil.

Daí a importância de se conhecer as causas de deterioração das estruturas de concreto, podendo assim buscar métodos de recuperação ou reforço, e ainda evitar a ocorrência de novos erros que levem a processos de deterioração.

4.2 Fissuração

Segundo Souza e Repetir (1998) as fissuras podem ser consideradas como manifestações patológicas características das estruturas de concreto. Para que se consiga identificar com precisão as causas e efeito, é necessário desenvolver análises consistentes, que incluam a mais correta determinação da configuração das fissuras, bem como da abertura da extensão e da profundidade das mesmas. Ao se analisar uma

estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem na elaboração da configuração das fissuras e sua classificação.

Classificadas as fissuras e de posse de sua configuração, pode-se dar início ao processo de determinação de suas causas, de forma a estabelecer as metodologias e proceder aos trabalhos de recuperação ou de reforço.

A fissuração do concreto tem sua origem em diferentes processos, os quais são:

a) Assentamento do concreto / Perda de Aderência da Armadura.

Segundo Gomes et al. (2003), este tipo de origem de fissuração ocorre sempre que o movimento da massa do concreto é impedido pela presença de fôrmas ou de barras da armadura, sendo tanto maior quanto mais espessa for a camada de concreto. As fissuras formadas pelo assentamento do concreto acompanham a disposição das armaduras, e provocam a criação do chamado efeito parede, que consiste na formação de um vazio por baixo da barra, que reduz a aderência desta ao concreto.

b) Movimentação de Fôrmas e Escoramentos

Ainda de acordo com Gomes et al. (2003), a movimentação das formas ocorrem quando do lançamento do concreto, e levam à:

- Deformação acentuada da peça, gerando alteração de sua seção transversal, com perda de sua resistência e desenvolvimento de um quadro de fissuração;
- Deformação das fôrmas, por mau posicionamento, por falta de fixação adequada, pela existência de juntas mal vedadas, ou por absorção da água do concreto, permitindo a criação de juntas de concretagem não previstas, o que leva a fissuração.

c) Retração do Concreto

A retração do concreto é um movimento natural da massa que é contrariado pela existência de restrições opostas por obstáculos internos e externos. Se este comportamento não for considerado, são grandes as possibilidades do desenvolvimento de um quadro de fissuração. (SOUZA e RIPPER,1998)

Além da análise das tensões de retração, é imprescindível considerar no projeto a interação da estrutura com o meio ambiente, quando da execução da estrutura, ou seja, sua concretagem, e ainda de que a mistura do concreto tenha um fator água / cimento, que permita a cura adequada da estrutura.

d) Variação de Temperatura

De acordo com Gomes et al. (2003), essa é uma situação típica de estruturas expostas às intempéries, ou seja, sol, chuva, temperaturas amenas pela noite e calor durante o dia, o que leva a gradientes térmicos naturais, gerando, em consequência, movimentos diferenciados entre elementos verticais e horizontais que resultam em fissuração, agravada no caso de diferença de inércia ou de materiais resistentes.

A prevenção contra este tipo de fissuração passa pela consideração no projeto da influência do meio que circunda a estrutura, pelo detalhamento das armaduras das peças solidárias, pela localização de juntas de dilatação, e ainda pelas cores da estrutura, uma vez que cores mais claras, refletem com mais eficiência os raios solares.

4.3. Desagregação do Concreto

Segundo Gomes et al. (2003), a desagregação do concreto é um fenômeno que pode ser observado nas estruturas de concreto, ocorrendo, na maioria das vezes, em conjunto com a fissuração. Deve-se entender como desagregação à própria separação física de concreto, com a perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento. Tem-se que uma peça com sessão de concreto, desagregado, perderá a capacidade de resistir aos esforços que a solicitam.

4.4 Carbonatação

Segundo Jonh e Tudisco (1993), a carbonatação resulta da ação dissolvente do anidrido carbônico sobre o cimento hidratado, com a formação do carbonato de cálcio e a conseqüente redução do pH do concreto até valores inferiores a nove. Quanto maior for

a concentração de CO_2 presente, menor será o pH, ou, mais espessa será a camada de concreto carbonatada.

Em função da concentração de CO_2 na atmosfera e da porosidade e nível de fissuração do concreto, a carbonatação pode atingir a armadura, quebrando o filme que a protege, corroendo-a.

Nos casos em que a abertura das fissuras seja significativa, a penetração da carbonatação é acelerada, implantando, a corrosão. Se o concreto estiver totalmente saturado, não poderá ficar carbonatado, posto que a difusão do CO_2 só é possível através dos poros do concreto. Em geral, considera-se que se houver 0,5% a 1% de água nos poros do concreto, a carbonatação já não é possível. (GOMES et al. 2003),

4.5 Perda da Aderência

A perda da aderência é um efeito que pode ter conseqüências ruinosas para a estrutura, e pode ocorrer entre dois concretos de idades diferentes, na interface de duas concretagens, ou entre as barras de aço das armaduras e o concreto. (GOMES et al. 2003),

Ainda de acordo com Gomes et al. (2003), a perda de aderência entre dois concretos de idades diferentes ocorre quando a superfície entre o concreto antigo e o concreto novo estiver suja, quando houver um espaço de tempo muito grande entre duas concretagem e a superfície de contato não tiver sido convenientemente preparada, ou quando surgirem trincas importantes no elemento estrutural.

A perda de aderência entre o concreto e a armadura ocorre por causa de:

- Corrosão da armadura;
- Corrosão do concreto;
- Assentamento plástico do concreto;
- Dilatação ou retração excessiva das armaduras;
- Aplicação de preparados inibidores de corrosão.

4.6 Desgaste do Concreto

De acordo com Piancestelli (1997), o desgaste das superfícies dos elementos de concreto pode ocorrer devido ao atrito, à abrasão e à percussão.

Ainda segundo Piancestelli (1997), a ação abrasiva pode ser devida à atuação de diversos agentes, sendo os mais comuns o ar e a água. A ação das partículas carregadas pela água em movimento e pelo ar geralmente ocasiona erosão, cuja intensidade dependerá da quantidade, da forma, do tamanho e da dureza das partículas em suspensão, da velocidade e do turbilhonamento da água ou do ar, bem como da qualidade do concreto da estrutura atacada.

4.7 Corrosão das Armaduras

No caso das barras de aço imersas no concreto, a deterioração é caracterizada pela destruição da película passiva existente ao redor de toda a superfície das barras. A solução aquosa resulta da parcela do excesso da água de amassamento do concreto que não é absorvida pela superfície dos furos e normalmente vai preencher os veios capilares do concreto. (ANDRADE, 1992)

O pH do meio aquoso existente no interior do concreto é bastante alcalino. Sempre que o nível de alcalinidade for superior a nove, estará garantida a criação da já referida película passivadora. (CASCUDO, 1997)

Ainda de acordo com Andrade (1992), a figura 4.1 mostra os mecanismos de desativação, ou seja, de geração de corrosão, por destruição da camada oxidada de revestimento protetor das barras são:

- Corrosão por tensão de fraturamento: armaduras que são submetidos a grandes esforços mecânicos e que, em presença de meio agressivo, podem sofrer fratura frágil na perda de condição para a sua utilização;

- Corrosão por pite, que pode revelar-se segundo duas formas: localizada (caracterizada pela ação de íons agressivos, sempre que haja umidade e presença de oxigênio) e generalizada (função da redução do pH para valores inferiores a nove, transportado através dos poros e fissuras do concreto sobre o cimento hidratado, carbonatação).

De acordo com Cascudo (1997), a corrosão das armaduras é um processo que avança de sua periferia para o seu interior, havendo troca de seção de armadura resistente por ferrugem. Este é o primeiro aspecto patológico da corrosão, ou seja, a diminuição de capacidade resistente da armadura por redução da área de armadura. Associadas a esta troca surgem, no entanto, outros mecanismos de degradação da estrutura, tais como:

- Perda de aderência entre a armadura e o concreto;
- Desagregação da camada de concreto envolvente da armadura;
- Fissuração, pela própria continuidade do sistema de desagregação do concreto.

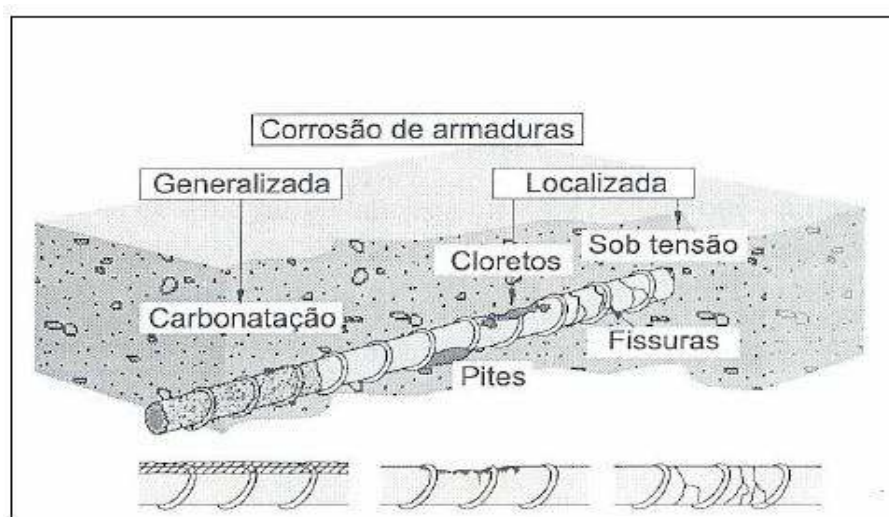


Figura 4.1 – Tipos de corrosão e fatores que as provocam (ANDRADE, 1992)

4.7.1 Agentes Agressivos na Corrosão das Armaduras

4.7.1.1 Ácidos

O pH do concreto situa-se entre 12,5 e 13,5 e pode-se considerar qualquer substância com pH inferior a estes valores como um possível agressor do concreto. Na prática admite-se que apenas substâncias com pH inferior a 6 agindo sobre concretos de alta permeabilidade são agressivas, uma vez que o grau de agressividade depende tanto do

pH do fluido quanto da permeabilidade. O ataque por ácidos fortes pode causar a deterioração das camadas superficiais do concreto. (METHA, 1994)

Em grandes centros urbanos, um dos principais processos de deterioração do concreto é pela ação da chuva ácida. Os poluentes presentes na chuva ácida são produzidos pela combustão de carvão mineral, petróleo e seus derivados. São principalmente o dióxido de enxofre e o dióxido de nitrogênio. Em contato com o vapor d'água da atmosfera, esses poluentes podem ainda produzir outras substâncias por meio de reações químicas. O dióxido de enxofre, por exemplo, reagindo com a água, pode formar o ácido sulfúrico. O dióxido de nitrogênio, por sua vez, pode produzir o ácido nítrico. O pH da chuva ácida é de 4,0 a 4,5, sendo que pode chegar a extremos de 2,5. (OLIVEIRA, 2002).

Outros ácidos menos comuns nos centros urbanos também tem ação deletéria sobre as estruturas de concreto armado. Na Tabela 4.1 são especificados alguns ácidos e seus efeitos.

Tabela 4.1- Efeito de alguns ácidos sobre o concreto (ABCP, 1990)

Ácido	Efeito sobre o concreto	Ácido	Efeito sobre o concreto
Acético	Desagrega lentamente	Lático	Desagrega lentamente
Águas Ácidas	As águas naturalmente ácidas podem corroer a argamassa da superfície, porém a ação pára logo depois.	Muriático	Desagrega
Carbônico	Desagrega lentamente	Nítrico 30%	Desagrega
Clorídrico	Desagrega	Nítrico >30%	Desagrega
Fênico	Desagrega lentamente	Oxálico	Nenhum
Fluorídrico 10%	Desagrega	Sulfúrico 60%	Desagrega
Fluorídrico 15%	Desagrega	Sulfúrico >80%	Desagrega
Fosfórico	Desagrega lentamente	Sulforoso	Desagrega
Humico	Depende da matéria vegetal, mas pode causar desagregação lenta.	Tânico	Desagrega lentamente

Fonte: ABCP, 1990

4.7.1.2 Excrementos de Pássaros.

Gonçalves (2006) relata em seu artigo que os pássaros, principalmente os pombos são freqüentadores das marquises e depositam sobre elas seu excremento, que é ácido. A percolação desta substância pelas fissuras do concreto pode atingir as armaduras e causar sua corrosão.

Cada pombo pode produzir ao ano cerca de 2,5 kg de excrementos. Multiplicando-se este valor pela quantidade de pombos nas áreas urbanas (estima-se, por exemplo, que na cidade de Uberlândia exista uma população de 100 mil pombos), leva há uma quantidade considerável de excrementos, o que não deve ser considerado como sobrecargas nas marquises, mas sim sua ação ácida. (MOLENTO, 2006).

4.7.1.3 Águas puras

De acordo com Oliveira (2002), além dos ácidos, a água também se constitui em um agente deletério e prejudicial á durabilidade do concreto. O grau de deterioração provocado pelas águas puras depende diretamente da quantidade de água que entra em contato com o concreto, do tempo de contato e a velocidade que a água incide na superfície da estrutura. Ao entrar em contato com a pasta de cimento, a água tende a dissolver os componentes que contem cálcio. Desta maneira, freqüentemente, ocorre à precipitação do carbonato de cálcio na superfície.

CAPÍTULO 5

PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM MARQUISES

5.1 Introdução

As patologias nas marquises conforme ilustra a Figura 5.1 ocorrem em fases distintas do processo construtivo, ou seja, no seu projeto, construção, utilização e manutenção. No entanto o colapso da estrutura não ocorre sempre pela ação de agentes causadores de forma isolada, mas geralmente por agentes causadores principais e outros que aceleram o processo de deterioração (BRAGUIM, 2006).

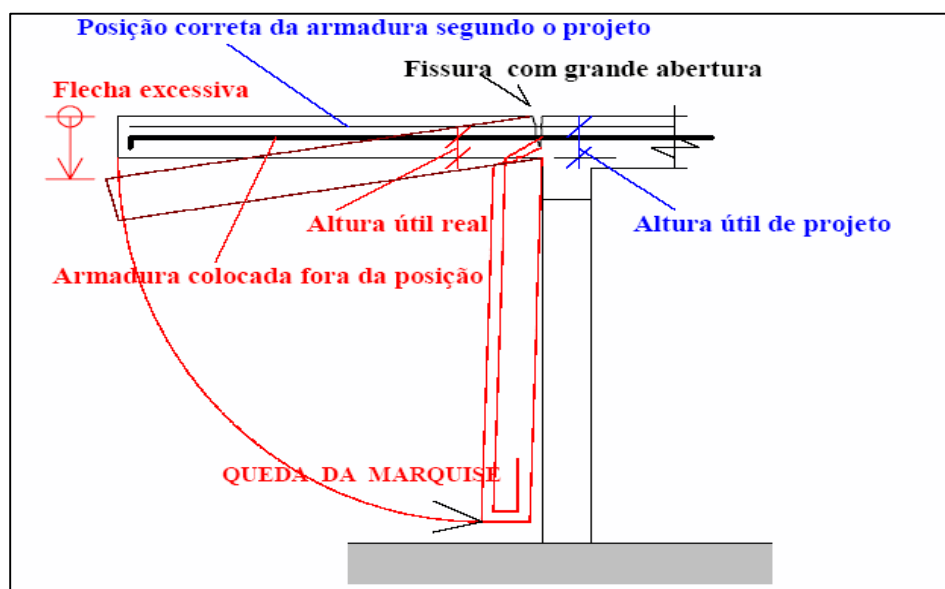


Figura 5.1-Patologias nas marquises.

A patologia mais comum nas marquises é a fissuração do concreto, sejam pela ação de sobrecargas, erros de projeto e de construção, fissuras pelas quais percolam agentes oriundos da poluição do ar, das fezes de animais, e a própria água de chuva, (Figura 5.2) que causam a corrosão de armaduras, levando a estrutura a ruína. (DORIGO, 1996)

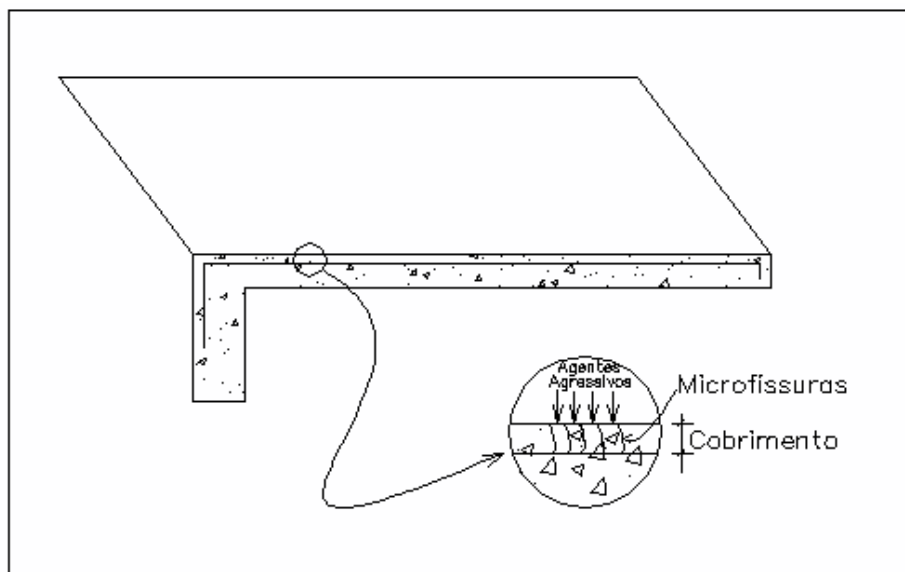


Figura 5.2- Localização de fissuras e desencadeamento de corrosão da armadura.

(MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007).

5.2 Patologias Geradas no Projeto de Marquises

As falhas em projetos estruturais podem ser as mais diversas, e dão origem principalmente a fissuras nas marquises. (NETO, 2007).

Segundo Gomes et. al (2003), na maioria dos casos é a falta de estudo prévio do local, e, por conseguinte de sua agressividade aliada a falta de cuidados em detalhes construtivos, o arrojo de alguns projetos arquitetônicos e, conseqüentemente, dos seus projetos estruturais e a ausência de especificações, ou especificações erradas dos materiais a serem utilizados, as principais causas para o aparecimento de fissuras.

Diante disso é importante ressaltar que estruturas especiais como as marquises devem merecer tratamento diferenciado, coisa que não ocorre na atual norma brasileira de projeto – NBR 6118 (ABNT, 2003). Nesta são previstos valores de abertura de fissura máximos em torno de 0,2mm a 0,4mm, dependendo da agressividade do ambiente, para elementos estruturais submetidos à tração em geral, sem distinção quanto ao seu tipo.

As marquises deveriam ser projetadas para não apresentar qualquer tipo de fissuração (estádio I). No entanto, para se evitar alteração na maneira como são calculadas, poder-se-ia admitir aberturas de fissura bem pequenas na faixa de 0,05mm. Dessa forma, a

durabilidade destas estaria garantida, e os riscos de uma ruptura brusca decorrente da corrosão minimizados. No caso de ocorrência de corrosão no fim da vida útil do elemento, esta se daria preferencialmente de forma generalizada, apresentando sinais evidentes de degradação, como manchas, fissuras e destacamento do concreto, antes do colapso do elemento. (MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007)

Ainda de acordo com Medeiros e Grochoski (2007), aspectos relacionados ao correto cobrimento de concreto em relação à armação, devem ser considerados e são também fundamentais para não ocasionar problemas de fissuração, assim como deslocamentos, corrosão das barras da armadura e perda da capacidade resistente. Esses valores mínimos do cobrimento dependem basicamente do elemento estrutural e da agressividade do meio ambiente.

De acordo com Bastos (2006), deve-se ter também especial atenção quanto as cargas a serem consideradas no projeto estrutural de marquises, a carga acidental vertical mínima recomendada é de $0,5 \text{ kN/m}^2$, considerando que a circulação sobre a laje será mínima e esporádica, apenas para manutenção, se houver parapeito a recomendação é considerar a aplicação em seu topo de carga horizontal de $0,8 \text{ kN/m}$ e carga vertical de $2,0 \text{ kN/m}$.

Caso existam fechamentos diversos como alvenaria, vidros e grades; e outras cargas de serviço, essas devem ser consideradas, afirma Nakaguma, (2006). Os esforços atuantes nas marquises são exemplificados na Figura 5.3.

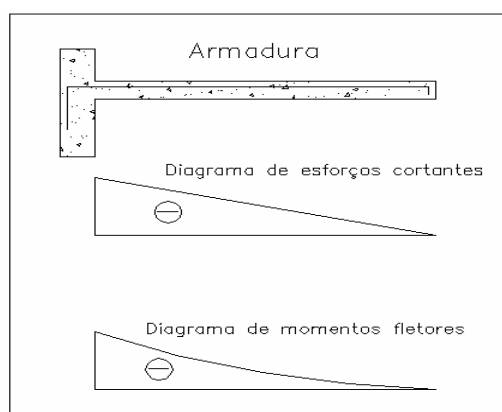


Figura 5.3- Ilustração dos esforços atuantes em uma estrutura em balanço (MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007)

5.3 Patologias Geradas na Construção de Marquises

5.3.1 Mal Posicionamento de Armaduras

De acordo com Neto (2007), a armadura principal nas marquises é a negativa, fica então posicionada na parte superior da laje que a constitui, o posicionamento correto da armadura é fundamental para o funcionamento da marquise, é importante então que durante a execução da obra, que as determinações do projeto sejam obedecidas. No entanto é comum que aconteça o rebaixamento dessa armadura negativa, pois antes da concretagem é comum pelo pisoteio de operários ou pelo lançamento e vibração do concreto sobre essa armadura, que esta vá parar numa posição em que se torna ineficaz.

Feita a concretagem dessa peça com a armadura na posição errada pode-se gerar riscos à estrutura da marquise, afirma Braguim, (2006).

Esse efeito de rebaixamento das barras de momento negativo abaixo do previsto em projeto não traria maiores conseqüências nas peças de grande altura, no entanto para uma marquise este efeito é relevante, pois sua altura é normalmente reduzida, principalmente naquelas diretamente engastadas. (DORIGO, 1996).

5.3.2 Escoramento Incorreto

As marquises são escoradas normalmente, em toda a sua área inferior, e a retirada deste escoramento deve ser da borda livre para o apoio, o que leva a transferência do momento fletor na estrutura na direção em que ela vai gradualmente fletindo, na medida em que seu balanço vai sendo liberado, no entanto, na construção de marquises em geral é apoiar a ponta da marquise, o que leva a inversão dos momentos, e assim a marquise sofre fissuras em sua parte inferior. Por outro lado, o reescoramento da ponta quando não executada corretamente gera um carregamento invertido de baixo para cima, levando a formação de fissuras na parte superior da marquise, por onde ocorre a infiltração da umidade e de agentes agressivos, podendo levar a corrosão da armadura principal da marquise, levando a sua ruína. (MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007).

A Figura 5.4 apresenta os momentos fletores para alguns tipos de carregamento.

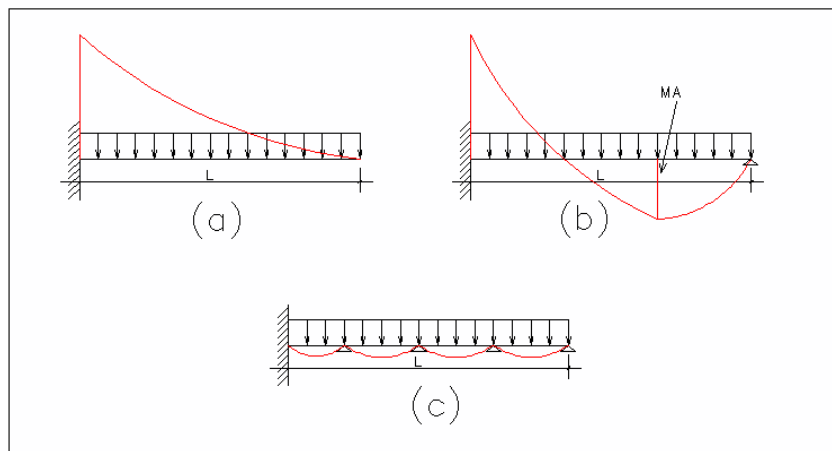


Figura 5.4 – (a) – Marquise sem escoramento. (b)- escoramento único na extremidade. (c) – introdução de 4 apoios ao longo da Marquise.(MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007).

5.4 Patologias geradas por Sobrecargas nas Marquises

De acordo Bastos (2006), a aplicação de cargas não previstas em projeto é muito comum em marquises e pode ser tanto um fator prejudicial a sua durabilidade como pode ser próprio causador isolado da ruína da estrutura. Os casos mais comuns de sobrecargas em marquises são: sobreposição de camadas de impermeabilização; instalação de equipamentos; acesso do público; acúmulo de água e sujeira e; muretas e grades nas bordas das marquises.

Segundo Jordy e Mendes (2006), na manutenção do sistema de impermeabilização ao invés de remover todo o sistema antigo juntamente com sua argamassa de proteção para só então aplicar a nova impermeabilização, é correto a instalação de um sistema novo sobre o antigo.

A gravidade da sobrecarga em marquises varia de acordo com a espessura, número de camadas de sobreposição, e peso específico dos materiais de impermeabilização.

A figura 5.5 mostra com clareza a sobreposição de sistemas de impermeabilização.

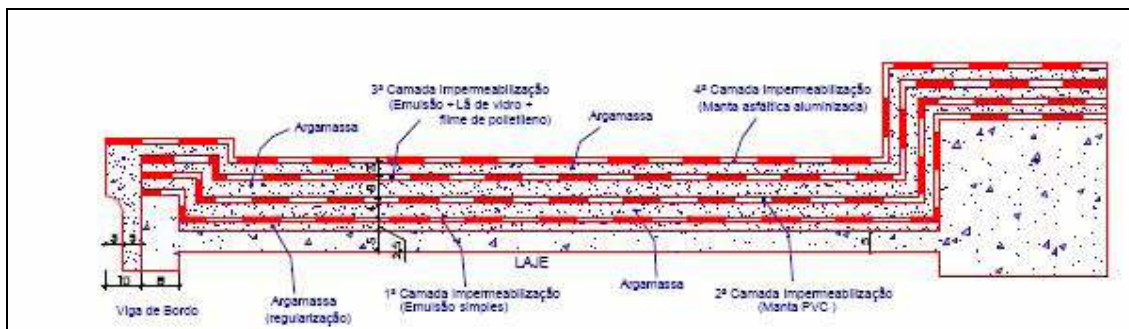


Figura 5.5 – Estratificação de camadas sobrepostas à estrutura de marquise. (JORDY e MENDES, 2006)

A sobrecarga (Kg/m^2) em marquises em função de sistemas de impermeabilização pode ser calculada pela equação 1.

$$S = \sum (P \times e) \quad (\text{Equação 01})$$

Em que,

S= Sobrecarga na marquise (kg/m^2),

P = Peso específico do material de impermeabilização (Kg/m^3) e,

e = espessura de cada sistema de impermeabilização sobreposto (m).

A instalação de equipamentos como ar-condicionado e de estruturas como letreiros (Figura 5.6) é outra forma de sobrecarga bastante comum, uma vez que a maioria das lojas tem marquises em sua fachada.



Figura 5.6 - Marquise deformada pela sobrecarga de painel publicitário. (RIZZO, 2007)

Ainda sobre este aspecto é importante salientar que o esforço do vento sobre estes letreiros é transmitido à marquise que pode ter sua estabilidade ameaçada, (conforme ilustra a figura 5.7), podendo vir a ruir. Portanto, não se trata simplesmente de suporte ao peso da estrutura do painel. (DORIGO, 1996).

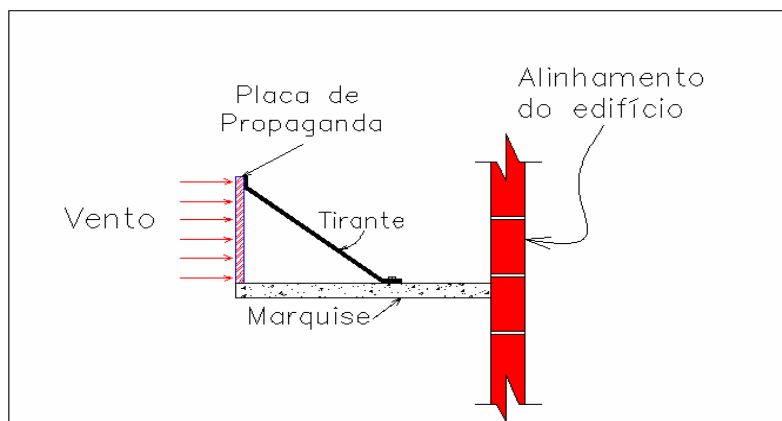


Figura 5.7 – Incidência do vento sobre placas de anúncio causando flexão na estrutura.

O acúmulo de água sobre a marquise também pode vir a produzir sobrecarga na mesma. Isso ocorre quando os sistemas de escoamento de águas pluviais estão subdimensionados ou estão falhos, geralmente pelo fato de a impermeabilização estar vencida ou as tubulações de escoamento estarem obstruídas.

Apesar de menos comum, mas não menos importante, o acesso do público às marquises, é outra forma de sobrecarga, como por exemplo sua utilização como camarotes na época de carnaval. Esta ocorrência é comum em regiões onde o carnaval de rua é uma tradição. As marquises não são projetadas para absorver o peso e o impacto provocado por dezenas de pessoas pulando e dançando sobre ela. Em Recife e Salvador, o poder municipal tem um programa de inspeção e interdição das marquises da cidade na época do carnaval. (RIZZO, 2007)

Como último fator temos a construção de muretas e/ou grades de proteção nas bordas livres das marquises, o que pelo elevado peso específico da alvenaria, pode levar a deterioração destas estruturas, já que estas na maioria dos casos são projetadas com as bordas laterais e frontais livres.

É preciso que os usuários de marquises, tenham o discernimento sobre uso não adequado para estas estruturas. No entanto, enquanto os usuários não apresentam essa

consciência, é preciso que projetistas e construtores fiquem atentos a situações de risco potencial.

Por exemplo, uma marquise não deve ser calculada como camarote para carnaval, mas é preciso que o calculista tenha em mente que em situações onde existe o acesso do público à marquise, ou indícios de um grande interesse neste acesso, este deve ser considerado no dimensionamento.

5.5 Patologias pelo Acumulo de Sujeiras nas Marquises

Contrariando as cargas previstas no projeto estrutural, as marquises de edifícios comerciais principalmente, são ocupadas em sua parte superior por estruturas, tais como placas e luminosos que em alguns casos podem chegar a grandes proporções, isto faz com que a parte superior das marquises tenham difícil acesso, dificultando a retirada de sujeira e umidade acumulados ao longo do tempo, umidade e sujeiras estas facilitadoras da agressividade atmosférica, especialmente em ambientes agressivos favoráveis a corrosão das armaduras. (NETO, 2007). Outro fator importante é o acúmulo desta sujeira, principalmente proveniente de reformas, que causam sobrecarga sobre a marquise.

5.6 Patologias nas Instalações em Marquises

As patologias nas instalações em marquises são aquelas relacionadas às instalações de drenagem de águas pluviais (Figura 5.8), e podem ser prejudiciais ao desempenho dessas estruturas, uma vez que através delas podem ocorrer penetrações, infiltrações e percolação de águas ou, em situações específicas, podem induzir ao acúmulo de água sobre as lajes das marquises e, como consequência, introdução de sobrecarga excessiva. Além disso, as instalações de águas pluviais geralmente possuem diâmetro ou posicionamento incompatíveis, prejudiciais às impermeabilizações e às ações de manutenção predial. (NAKAGUMA, 2002).

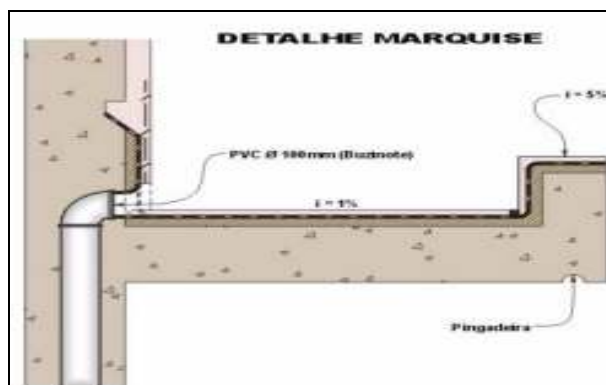


Figura 5.8- Sistema de Drenagem de águas pluviais em Marquises. (JORDY e MENDES, 2006)

Ainda que menos importante as instalações elétricas podem ser causadoras de patologias, pois muitas vezes são encontradas caixas elétricas e eletrodutos abertos e com cobrimento inadequado, representando pontos de penetração direta de águas.

5.7 Patologias nos Sistemas de Proteção de Marquises

São as falhas nas impermeabilizações, que permitem a infiltração de águas pluviais através de fissuras do concreto, que podem atingir as armaduras das marquises, causando sua corrosão. Outro erro comum a sobreposição seqüencial de camadas de sistemas de impermeabilização sobre a estrutura, que causa sobrecarga permanente excessiva sobre as marquises, sobrecargas essas que serão maiores ou menores de acordo com o material de impermeabilização utilizado. (NETO, 2007)

5.8 Corrosão das Armaduras

O surgimento de fissuras principalmente na parte superior da marquise pode ser originada nas diferentes fases do processo construtivo (projeto, construção, utilização ou manutenção) isoladamente em cada delas, ou pela interseção destas, e são essas fissuras a porta de entrada para agentes agressivos tais como Íons cloretos e poluentes atmosféricos típicos como o gás carbônico (CO_2), monóxido de carbono (CO), e outros gases ácidos tais como SO_2 , que juntos com água de chuva formam a chamada chuva ácida de alto poder de deterioração sobre as marquises atuando na corrosão da armadura. (MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007)

Como é comum a ocorrência de ciclos de molhagem e secagem na parte superior da marquise, o micro-clima configurado também é muito favorável ao desenvolvimento do

processo de corrosão de armaduras de aço, de forma acelerada. Ainda existe o fato de que a corrosão das barras de engastamento de uma marquise é um caso típico de corrosão sob tensão, que é um processo ainda mais rápido do que o convencional, conforme descrita por Helene (1994). A armadura fragiliza-se localmente na seção da fissura onde está corroído e rompe sem aviso por corrosão intercrystalina ou intergranular que podem causar a corrosão.

5.9 Importância da manutenção de Marquises

De acordo com Gomes et al (2003) as marquises devem ser projetadas, calculadas, detalhadas e construídas sob a consideração do ambiente que as envolve, considerando-se sempre que devam tornar possível, durante a sua vida útil, o desenvolvimento da mais apropriada manutenção, o que implica na condição de serem possíveis a realização de inspeções.

Torna-se então necessário que os pontos mais vulneráveis desta estrutura devem sempre estar perfeitamente identificados, tanto na fase de projeto quanto na de construção, para que seja possível estabelecer, para estes pontos, um programa mais intensivo de inspeções e um sistema de manutenção particular.

Assim depois de concluída a obra, a fase de uso também requer cuidados para evitar prejuízos à estrutura da marquise. A maior incidência de problemas está relacionada com a falta de manutenção e conservação das marquises quanto a sistemas de impermeabilização, e captação de águas pluviais, e que leva ao empoçamento de água causado pela falta de caimento para os coletores de águas pluviais e pelo acúmulo de sujeira junto a estes coletores, afirma Pujadas (2006). Fatores esses que aliados ao aparecimento de fissuras e trincas e cobrimento insuficiente de concreto levam a corrosão das armaduras e deslocamentos de concreto.

Alem de causar sobrecargas na estrutura o uso de letreiros, luminosos nas marquises pode causar também problemas de infiltração, uma vez que sua instalação requer a perfuração do sistema de impermeabilização. PUJADAS (2006)

No Brasil ainda são poucas as cidades que exigem a manutenção das marquises e que realizam inspeções periódicas. A prefeitura do Rio de Janeiro realiza vistorias nas

marquises da cidade e aplica multas e notificações quando necessário. Em Porto Alegre, a legislação municipal exige que um relatório técnico, assinado por profissional registrado no CREA, seja apresentado a cada três anos na Secretaria Municipal de Obras. Já na cidade de Santos, em São Paulo, desde 2002 uma lei municipal determina que periodicamente os donos de imóveis cujos elementos estejam sobre logradouro público apresentem à prefeitura uma ART emitida por um engenheiro responsável pela vistoria. (JORDY e MENDES, 2006)

Em São Paulo, por iniciativa da ABECE, tramita na Câmara Municipal projeto de lei para tornar obrigatória a vistoria das marquises. A proposta é que seja realizada uma vistoria no máximo dez anos após a conclusão da obra e a partir daí, a cada cinco anos. Após cinco anos do habite-se, a construtora responsável pela obra é obrigada a fazer uma vistoria e emitir um relatório específico para as marquises. Se houver algum problema, a construtora deve corrigir. Depois de mais cinco anos o proprietário do imóvel deve providenciar a vistoria, junto a empresas de inspeção ou engenheiros. BRAGUIM (2006).

Ainda de acordo com Braguim (2006) é necessário que os órgãos públicos principalmente os municipais, estaduais, e os proprietários e responsáveis em geral tenham comprometimento em definir adequadas políticas de manutenção e fiscalização, dispondo de pessoal capacitado e devidamente instrumentado para exercê-la. Evitando assim custos sociais tão elevados como, por exemplo, a perda de vidas humanas, quando há a ruína da estrutura. A manutenção deve ser tratada como mais uma etapa da cadeia da construção civil, somando-se as etapas de concepção, execução e utilização.

Os trabalhos de manutenção estratégica de uma marquise devem contemplar as etapas de cadastramento, inspeções periódicas, inspeções condicionadas, serviços de limpeza, e ainda recuperação e / ou reforço da estrutura o que leva a melhor exploração das capacidades resistentes ainda disponíveis, ou a possibilidade de extensão da vida útil. Com base no cadastramento da estrutura é possível manter-se um efetivo controle das atividades rotineiras de inspeção, programar e registrar, adequadamente, os reparos ou reforços porventura necessários durante suas vidas. (NETO, 2007)

De acordo com Pujadas (2006), dentre os trabalhos de manutenção, a inspeção periódica é elemento indispensável na metodologia da manutenção preventiva, pois todos os outros dependem da eficiência deste trabalho. Todos os danos e anomalias devem ser registrados, sendo então os formulários enviados para o responsável pelo cadastro e acompanhamento da estrutura que as analisará e tomará as providências cabíveis. A periodicidade das inspeções variará de acordo com a idade, a importância e a vulnerabilidade da estrutura.

5.10 Levantamento de casos de desabamento de Marquises e suas causas no Brasil

Medeiros e Grochoski (2007) em seu estudo mostram que o desabamento de marquises no Brasil tem ocorrido principalmente naquelas do tipo laje engastada, e as causas tem sido as mais variadas, em edifícios de idade de construção antiga e mesmo naqueles mais novos, conforme mostra a Tabela 5.1.

A causa da ruína de marquises no Brasil tem na maioria dos casos se apresentado pela ação conjunta de agentes causadores e não pela atuação isolada destes agentes, como também demonstra a Tabela 5.1.

As causas mais freqüentes dos acidentes são: a corrosão de armaduras, a sobrecarga na estrutura, o erro de projeto, o mau uso da edificação, as falhas na execução e a infiltração de água, sendo a maioria delas possíveis de serem evitadas por um programa de inspeção e manutenção periódica da marquise.

Ainda segundo Medeiros e Grochoski (2007), do ano de 1990 a 2007, ocorreram 11 mortes e 51 feridos em desabamento de marquises no Brasil.

A queda de marquises no Brasil tem se dado por diferentes motivos, nas regiões litorâneas a corrosão das armaduras pela ação da maresia aliada a falta de manutenção tem sido os mais comuns, enquanto que em outras regiões os motivos mais freqüentes são os erros de projeto e de construção. (PUJADAS, 2006)

Tabela 5.1 – Relação de alguns casos de desabamento de marquise e estruturas similares no Brasil.

Edifício	Ano do acidente	Idade da edificação	Tipo estrutural	Agentes causadores
Mercúrio (RJ)	1990	Não Declarado	Laje sobre viga engastada	-Corrosão da armadura agravada por cobertura insuficiente.
Terminus (RJ)	1992	Não Declarado	Laje sobre viga engastada	-Sobrecarga devido a sucessivas camadas de impermeabilização.- -Corrosão das armaduras.
Restaurante da Tijuca (RJ)	1992	37 anos	Laje sobre viga engastada	-Dimensionamento incorreto -Corrosão das Armaduras
Prédio do BANDERN(RN)	1993	> 50 anos	Laje engastada.	Corrosão das Armaduras
Tavares (RJ)	1995	Não Declarado	Laje engastada	-Excesso de Água por falta de drenagem. - Sobrecarga de letreiro apoiado sobre a marquise
Hospital Municipal Barata Ribeiro (RJ)	1996	48 anos	Laje engastada	- Mal Posicionamento da Armadura Negativa. - Sobrecarga devido a sucessivas camadas de impermeabilização.- Excesso de água por falta de drenagem.
Hotel Palace (BA)	2000	66 anos	Não Declarado	-Corrosão das armaduras. - Excesso de água não drenada.
D' Almeida	2001	Não Declarado	Não Declarado	-Corrosão das armaduras. - Excesso de água não drenada.
Granville	2004	24 anos	Laje engastada	- Mal posicionamento da armadura negativa.
Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da UEL (PR)	2006	7 anos	Laje sobre viga engastada	-Corrosão das armaduras. - Excesso de água não drenada.
Bar Parada Obrigatória – Vila Isabel (RJ)	2006	50 anos	Não Declarado	- Corrosão das armaduras.
Hotel Canadá	2007	40 anos	Não Declarado	- Corrosão das Armaduras. -Sobrecarga

Fonte: Medeiros e Grochoski, 2007

CAPÍTULO 6

METODOLOGIA DE INSPEÇÃO DE MARQUISE

6.1 Introdução

É de suma importância a inspeção de marquises seja nos grandes centros ou em cidade de menor porte, identificando-se as patologias destas estruturas, com avaliação de sua estabilidade, uma vez que a ruína desta estrutura pode representar riscos, inclusive fatais aos pedestres que sob essas circulam diariamente. (JORDY e MENDES, 2006).

A inspeção deve seguir uma metodologia simplificada e eficaz, e deve ser realizada através da análise de projeto, das características geométricas da estrutura, de inspeção visual ou ainda de inspeção detalhada com equipamentos adequados. (GOMES et al., 2003)

6.2 Análise de Projeto e Entrevista com o Proprietário

Através da análise de projeto é possível levantar informações a respeito da resistência à compressão e dosagem do concreto determinada pelo projetista; dimensões, posição vertical e horizontal, e ainda cobrimento da armadura principal, assim como as dimensões da laje.

A entrevista com o proprietário da edificação é um fator importante, pois através dela pode-se conhecer o histórico da estrutura, ou seja, ano de sua construção, reformas, problemas ocorridos durante a construção ou sua utilização.

De posse destas informações obtidas do projeto ou de entrevista, e contrapondo-as com as informações levantadas através de inspeção visual, e detalhada, é possível determinar a origem de patologias.

6.3 Levantamento Geométrico com Indicação das Dimensões das Peças Estruturais

As dimensões das marquises são dados imprescindíveis para a verificação estrutural desta peça, devendo ser levantadas a espessura média, comprimento e largura da laje, assim como a altura das vigas em balanço nas quais estão apoiadas as lajes, essas informações podem ser levantadas em projetos a partir de plantas de forma, ou diretamente na estrutura construída. (JORDY e MENDES, 2006).

6.4 Técnicas e ensaios para inspeção de Marquises

Segundo Medeiros e Grochoski (2007), a análise das condições de uma marquise no tocante as suas condições de exposição, meio ambiente circundante, condições de uso, é complexa e requer a reunião de um conjunto de informações importantes. Deve ser feita com base em técnicas e ensaios que envolvem uma serie de equipamentos próprios e com critérios objetivando detectar e avaliar possíveis problemas patológicos que possam vir a causar ruínas nas marquises.

A aplicação de ensaios é de suma importância na avaliação da estrutura, pois assegura a qualidade do diagnostico, e da validação das operações de intervenção e recuperação, quando necessário. (GOMES et al, 2003)

Os ensaios utilizados nas inspeções de estruturas acabadas podem ser destrutivos e não destrutivos. Os primeiros são empregados com ressalvas, pois levam redução da capacidade resistente da estrutura, mesmo que temporariamente. Já os métodos não destrutivos são os mais utilizados, pois não danificam as estruturas. Mas, caso seja necessário utilizar métodos destrutivos, deve-se utilizar quantidade de amostras a menor possível e fazer uma correlação entre os resultados dos mesmos e aqueles obtidos por métodos não destrutivos, (MENTONE, 1999)

Apesar de serem mais utilizados, os métodos não destrutivos não medem resistência. Eles são, na sua maioria, de natureza comparativa. Deve-se estabelecer anteriormente uma correlação experimental entre a resistência medida em corpos de prova do concreto

utilizado na obra e a propriedade que o ensaio não destrutivo esta avaliando. Assim esta correlação é usada para converter o resultado de um ensaio não destrutivo para um valor de resistência (NEVILLE, 1982).

Apresentam-se neste item, os principais e mais utilizados métodos de ensaios e técnicas para inspeção de estruturas de concreto acabadas, buscando-se fornecer subsídios para a realização de uma vistoria eficaz e consciente.

6.4.1 Inspeção Visual

De acordo com Repette (1991), a inspeção visual consiste em um exame visual, onde se observa e registram-se os sintomas e problemas patológicos encontrados. Essas observações visuais podem ser posteriormente complementadas com ensaios de campo não destrutivos, neste caso defini-se então, quais as regiões da estrutura deverão sofrer investigações detalhadas, definindo-se quais os equipamentos e medições serão empregados.

Ainda de acordo com Repette (1991), durante a inspeção preliminar, para permitir a definição da natureza e causa do problema, deve-se inspecionar tanto no aspecto exterior quanto aos aspectos interiores do concreto, buscando:

- realizar um exame visual de toda estrutura, utilizando binóculos se necessário, registrando-se com fotos as manifestações patológicas mais importantes e visíveis tais como: manchas de ferrugem, fissuras, flechas excessivas, destacamentos, bolhas, sistemas de impermeabilização, drenagem de águas, etc;
- identificar a atmosfera em que a estrutura esta contida, tanto o micro quanto o macro clima.
- classificar a agressividade do ambiente quanto à umidade, ciclos de molhagem e secagem e presença de agentes agressivos;

- retirar os cobrimentos de alguns pontos corroídos e outros para a observação e registro da espessura do cobrimento, redução do diâmetro da armadura, aspecto e quantidade dos produtos da corrosão, e ainda, a característica e os aspectos do concreto como porosidade, cor e forma de ruptura dos agregados;
- realizar o ensaio de profundidade da frente de carbonatação;
- medir e registrar as aberturas de fissuras, extensão e localização das mesmas.

Para que seja útil na elaboração do diagnóstico final, a inspeção preliminar deverá ser feita de forma mais ampla e sistemática possível, devendo sempre ser realizada por um profissional experiente em patologia de construções. (OLIVEIRA 2002)

De acordo com Oliveira (2002), informações como projetos, especificações técnicas, informações verbais e outros documentos podem auxiliar no diagnóstico e fornecer subsídios para que análise seja feita corretamente, e podem ser realizadas anteriormente ou mesmo concomitantes a realização dos ensaios.

Ainda de acordo com Oliveira (2002), para realização da inspeção visual em estruturas acabadas de concreto armado, alguns equipamentos e materiais são imprescindíveis ao técnico de vistoria, tais como:

- trena, régua e metro;
- lápis de pedreiro
- fio de prumo
- nível de mangueira
- lupa e/ou binóculos
- máquina fotográfica e/ou filmadora

- fissurômetro: régua graduada em décimos de milímetros para medição da abertura de fissuras; e
- equipamentos de acesso: escada, cavalete, etc.

De acordo com Nakaguma (2006), através da inspeção visual pode-se condenar uma marquise caso exista um quadro patológico claramente definido. Mas de acordo com Rizzo (2007), marquises que já tenham sofrido obras de reforma, pintura e/ou impermeabilização, são mascaradas no seu real estado, o que torna impossível obter um diagnóstico definitivo da segurança apenas por uma inspeção visual, sendo necessária sua avaliação por inspeção detalhada através de ensaios.

6.4.2 Inspeção Detalhada através de equipamentos

Caso a inspeção preliminar não seja suficiente para a determinação da origem e das causas da patologia, uma inspeção detalhada sobre a estrutura dever ser feita. O objetivo da inspeção detalhada é determinar a extensão da deterioração da estrutura, como obter dados suficientes e confiáveis para um diagnóstico e prognóstico corretos (ANDRADE, 1992).

De acordo com Oliveira (2002), um plano de trabalho dever ser feito antes de uma inspeção detalhada, a partir de informações obtidas na inspeção preliminar e na documentação existente sobre a obra, prevendo-se neste plano de trabalho a necessidade de equipamentos e acesso, os pontos a serem examinados, e ensaios a serem conduzidos. O plano de trabalho deve conter as seguintes ações:

- 1 – definição dos pontos a serem inspecionados, sua localização e número de ensaios a efetuar;
- 2- definição dos tipos de ensaios a realizar em cada ponto;
- 3- elaboração de um croqui com as partes inspecionadas e detalhes da realização dos ensaios, bem como seus resultados; e

4- detalhamento de equipamentos auxiliares como ferramentas, meios de acesso, reagentes, aparelhos de medição e outros. Deve ser prevista a calibração dos equipamentos quando necessário.

Todas as anomalias existentes quer sejam decorrentes de erros de projeto, execução, utilização ou manutenção, devem ser levantadas, caracterizando-se o quadro patológico da marquise. Os ensaios e a instrumentação da estrutura devem fornecer informações sobre a tipologia e mecanismos de deterioração e dos agentes agressores e também quantificar e avaliar a extensão dos problemas para que se possa decidir quanto à liberação da marquise sem restrição, seu reforço ou recuperação, ou mesmo sua demolição.

6.4.2.1 Pacometria

De acordo com Mentone (1999), é um ensaio que permite a identificação das armaduras quanto a sua posição, quantidade e diâmetro, bem como o cobrimento de concreto, desde que: o campo de medição seja inferior a 120 mm, sejam conhecidos o diâmetro das barras e a separação entre as barras seja superior a 100 mm. O equipamento comercial para este ensaio chama-se Pacômetro, sendo seu princípio de funcionamento o eletromagnetismo conforme mostra figura 6.1.

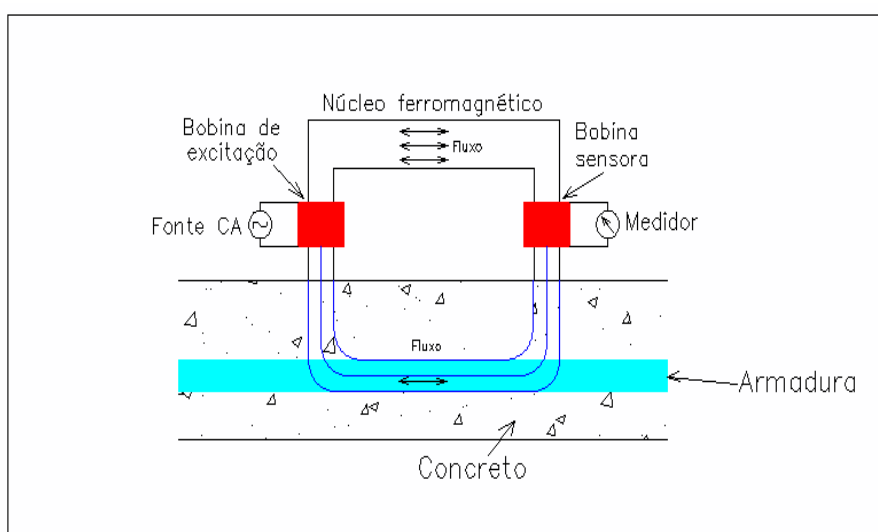


Figura 6.1- Esquema de Funcionamento do Pacômetro.

Os modelos comerciais existentes no mercado tem critérios de análise dos resultados para a localização das armaduras e determinação da espessura de cobrimento diferentes, assim como seu funcionamento. Na falta desses equipamentos, pode-se utilizar um processo com pequena intervenção para determinação do cobrimento. (ZIEGLER e CARMO, 2003)

O processo consiste em localizar a armadura e fazer um furo na sua exata posição ate atingir a armadura, mas sem causar danos. Pode-se utilizar furadeiras elétricas com broca de vídea de 8 a 10 mm de diâmetro. Após a limpeza do furo, pode-se medir com facilidade a espessura do cobrimento, sempre com precisão de milímetros, preenchendo-se em seguida o furo com argamassa, a fim de proteger a armadura (OLIVEIRA, 2002).

6.4.2.2 Ensaio de Potencial de Corrosão

O ensaio de medida de potencial de corrosão tem o objetivo de medir as diferenças de potencial entre aço da armadura e um eletrodo de referência padrão, normalmente eletrodos de calomelano (ECS) ou cobre/sulfato de cobre (ESC), e tem esquema de ligação conforme a Figura 6.2.. Os valores da diferença de potenciais obtidos são indicadores da situação de corrosão ou passividade das armaduras.

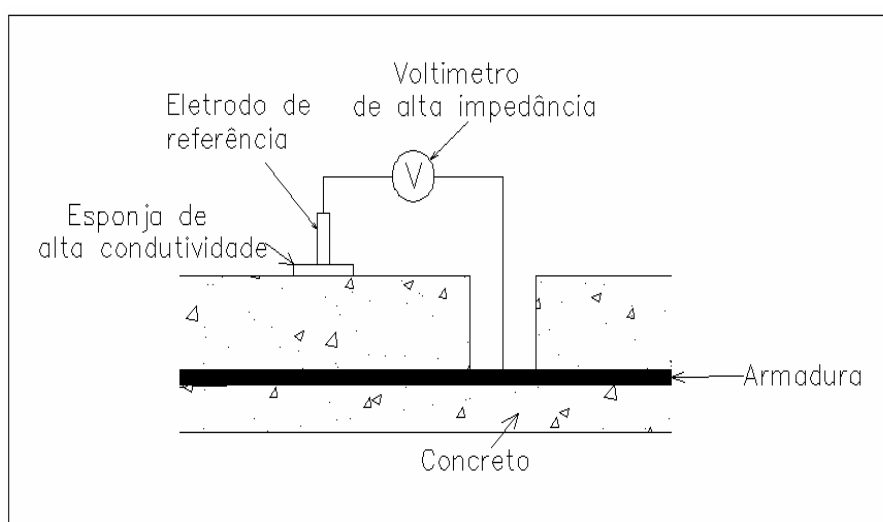


Figura 6.2 – Esquema do ensaio de potencial de corrosão (OLIVEIRA, 2002)

Os potenciais de corrosão da armadura no concreto são valores termodinâmicos dependentes de vários fatores, como umidade, cobrimento, tipo de cimento, idade, teor

de oxigênio disponível, etc. Sendo assim, não é possível obter informações sobre o valor da velocidade de corrosão da armadura, nem conclusões quantitativas da sua extensão. Por ser um ensaio estritamente qualitativo, indica a probabilidade de existência de corrosão, é prático de se conduzir em campo, e é a principal técnica de campo utilizada para o monitoramento de estruturas de concreto armado com vistas à corrosão (CASCUDO, 1997).

Os equipamentos necessários para a realização do ensaio de potenciais de corrosão são:

- voltímetro de alta impedância de entrada, com precisão de mV;
- eletrodo de referência – calomelano saturado ou cobre/sulfato de cobre;
- esponja de alta condutividade;
- conexões elétricas.

Há no mercado equipamentos de vários fornecedores que apresentam este conjunto de dispositivos de forma prática e com acessórios que podem agilizar a obtenção de resultados.

Segundo Cascudo, (1997) este ensaio, utilizando-se o eletrodo de cobre/sulfato de cobre é normalizado pela American Society of Testing Materials, na norma ASTM C 876 (1991). O ensaio fornece os seguintes resultados:

- informações qualitativas da situação da superfície da armadura e se ela está em estado de corrosão ou passividade;
- com a monitoração no tempo, tem-se a indicação de quando a armadura passou do estado passivo para a corrosão, ou vice-versa; e

- delimitações de áreas comprometidas da estrutura, por análise dos mapas de potenciais. Assim, áreas com potenciais mais negativos são associadas a áreas anódicas e áreas com potenciais mais positivos a áreas catódicas ou passivadas

Antes de indicar a leitura das medidas, deve-se retirar todo o revestimento e aplicar o eletrodo de referência na superfície do concreto. Deve-se planejar com antecedência o ensaio para a definição da distância entre os pontos, a fim de se confeccionar a malha do mapa de potenciais.

Deve-se observar a garantia de continuidade elétrica das armaduras e após, ligar o terminal positivo do voltímetro na armadura e o terminal negativo do eletrodo de referência. A superfície do concreto deve ser umedecida uniformemente, de maneira que se ativem diferenças apreciáveis nas leituras de zonas secas e úmidas. A esponja deve ser umedecida com uma solução de água e detergente na proporção de 4 a 5 ml por litro (CASCUDO,1997)

Segundo a norma ASTM C 876 (1991), os potenciais de corrosão medidos na superfície do concreto podem ser associados às probabilidades de ocorrência de corrosão conforme a Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Potenciais de corrosão e probabilidade de ocorrência

Potencial de corrosão relativo ao eletrodo de referência de cobre/sulfato de cobre (mV)	Probabilidade de corrosão (%)
mais negativo que -350	90
entre -200 e -350	incerta
mais positivo que -200	10

Fonte: Norma ASTM 876 (1991)

A interpretação das medidas de potencial de corrosão deve ser feita por um técnico experiente, que saiba analisar as possíveis intervenções de fatores que possam falsear resultados. Os principais fatores a se observar são:

- teor de umidade do concreto, discrepâncias de medidas em um concreto seco ou úmido podem chegar a 200 mV (ANDRADE, 1992). Por isso a necessidade de umedecer a superfície uniformemente;

- camadas superficiais de concreto com alta resistividade, o efeito deste fenômeno pode levar a medidas de potenciais mais positivos;
- espessura do cobrimento e sua qualidade. A qualidade do cobrimento afeta sua resistividade, por conseguinte pode até inviabilizar a leitura dos potenciais de uma barra similares, independentemente de está ou não ocorrendo corrosão;
- carbonatação ou cloretos. A carbonatação tende a gerar potenciais mais positivos do que realmente ocorre na barra, e os cloretos tendem a gerar potenciais mais negativos; e
- correntes erráticas ou de força podem gerar potenciais complementares anormais aos encontrados comumente nas estruturas de concreto.

6.4.2.3 Ultra-sonografia

De acordo com Carmo (2000), o ensaio de Ultra-sonografia consiste em fazer passar ondas mecânicas com elevada frequência (acima de 20 kHz) através do elemento de concreto ensaiado medindo-se o tempo gasto pelo pulso de onda para ir do transmissor até o receptor. A distância linear entre os transdutores (transmissor e receptor) dividida pelo tempo de percurso fornece a velocidade de propagação da onda. Segundo Lorensi (2000), a velocidade de propagação de uma onda longitudinal ultra-sônica num concreto íntegro, é sempre superior a 2500m/s.

Ainda quanto à qualidade do concreto determinada pela velocidade do pulso ultra-sônico, Cánovas (1998), apresenta o critério de classificação descrito na Tabela 6.2.

Tabela 6.2– Classificação do concreto em função da velocidade do pulso ultra-sônico.

Velocidade da onda ultra-sônica (m/s)	Qualidade do concreto
$V > 4500$	EXCELENTE
$3500 < V < 4500$	ÓTIMO
$3000 < V < 3500$	BOM
$2000 < V < 3000$	REGULAR
$V < 2000$	RUIM

Fonte: Cánovas (1998),

Ainda segundo Lorensi (2000), a velocidade do pulso ultra-sônico no aço é da ordem de 6000 m/s, assim a disposição e taxa de armadura da peça influenciam de maneira significativa na velocidade de propagação da onda no concreto.

Além desses outros fatores podem influenciar nas leituras do ensaio de Ultra-sonografia, segundo a própria NBR 8802 (ABNT, 1994)

- distância entre as superfícies de contato dos transdutores;
- densidade do concreto, que depende do traço e das condições de concretagem;
- tipo, densidade e outras características dos agregados;
- tipo de cimento e grau de hidratação;
- tipo de arranjo;
- tipo de adensamento; e
- idade do concreto.

Assim Eisinger e Lima (2002) recomendam a utilização do ensaio de Ultra-sonografia para a verificação da homogeneidade do concreto, para a detecção de eventuais falhas internas de concretagem, medição da profundidade de fissuras e outras imperfeições e para monitoramento da variação das propriedades do concreto ao longo do tempo.

O aparelho de Ultra-sonografia (Figura 6.3) é constituído de um gerador elétrico de pulsos (Figura 6.4) que excita um transdutor emissor, transformando a energia elétrica em vibrações mecânicas. No momento da emissão do pulso eletrônico um contador de tempo é acionado. As vibrações percorrem o concreto e são então captadas por um transdutor receptor, que recompõe a forma inicial de energia. Neste momento o contador de tempo é desativado, registrando-se em um visor digital o tempo total gasto para a onda atravessar a massa de concreto.



Figura 6.3 – Aparelho de Ultra-sonografia

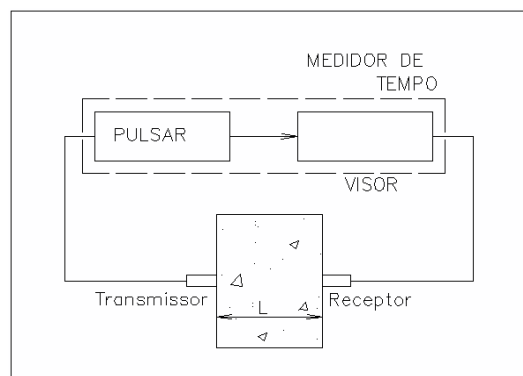


Figura 6.4– Esquema de funcionamento do aparelho de Ultra-sonografia (OLIVEIRA, 2002).

Segundo Oliveira (2001), o ensaio de Ultra-sonografia pode ser utilizado para a avaliação da homogeneidade e da qualidade do concreto empregado na obra. Para tal, eles apresentam quatro técnicas distintas de tratamento dos dados obtidos através destes ensaios: método do intervalo de confiança, método do histograma, método das iso-curvas e método da análise de variância.

6.4.2.4 Resistividade Elétrica

O estudo da resistividade elétrica do concreto é importante porque, junto com o oxigênio, estes são parâmetros que controlam a velocidade de corrosão das armaduras no concreto. A resistividade do concreto depende fundamentalmente da umidade da massa. Sendo assim, é equivalente a dizer que, se o concreto tem uma alta resistividade, significa que ele tem uma baixa condutividade iônica do eletrólito.

A técnica de ensaio de resistividade pode ser considerada semiquantitativa para a avaliação da corrosão, pelo fato da resistividade ser um dos fatores de controle da função eletroquímica.

Existem dois métodos de ensaio “in situ” da resistividade elétrica do concreto: o método dos “quatro pontos” (método de Wernner) e o método de “três pontos”. O primeiro é normalizado pela ASTM G 57-58 (1984) e o segundo é normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Neste Trabalho, será aplicado o primeiro método (método de Wenner), pois tem aplicabilidade mais fácil e existem aparelhos específicos para seu emprego.

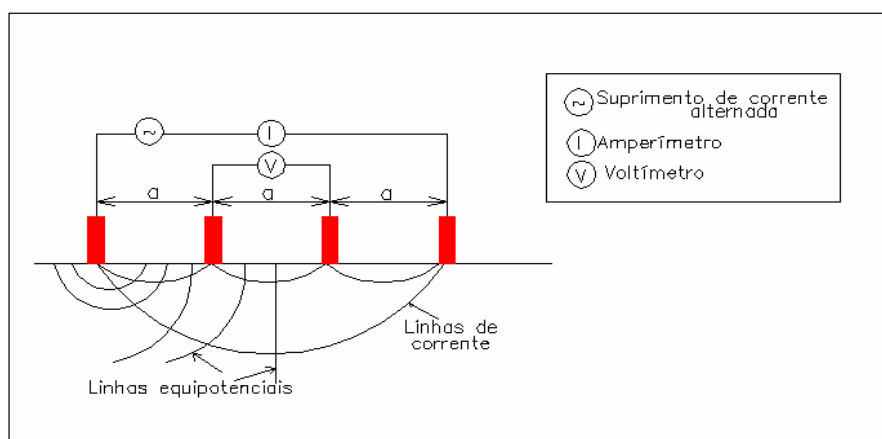


Figura 6.5 – Esquema da técnica de resistividade (GOWERS & MILLARD, 1999; DARBY, 1999).

Conforme a Figura 6.5, uma corrente é aplicada entre os eletrodos extremos do aparelho e a diferença de potencial gerada propicia a medida da resistividade, através da seguinte expressão:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot \frac{V}{I} \quad \text{Equação 02 (Oliveira, 2002)}$$

Onde: ρ = resistividade elétrica do concreto (ohm.cm)

a = espaçamento entre eletrodos (cm);

V = voltagem (Volts); e

I = corrente elétrica (Ampere).

Como referencia, a Tabela 6.3 apresenta as recomendações do CEB 192 (1983) quanto á resistividade elétrica do concreto. Estes parâmetros são respeitados e têm tido grande aceitação no meio técnico.

Tabela 6.3- Resistividade no concreto

Resistividade do Concreto (k.Ω.cm)	Probabilidade de Corrosão
> 20	Desprezível
10 – 20	Baixa
5 -10	Alta
< 5	Muito alta

Fonte: CEB, 1983

6.5 Classificação das inspeções de Marquises

Para este estudo adotou-se níveis de rigor ou níveis de inspeção de acordo com os adotados por Filho (2003), cuja classificação varia de acordo com o nível pretendido do inspetor e da finalidade da mesma.

Nível 1 – Inspeção para a identificação das patologias aparentes, elaboradas por profissional habilitado; contratado com orientação técnica pertinente;

Nível 2 – Inspeção para a identificação de patologias aparentes identificadas com o auxílio de equipamentos, elaborada por profissionais habilitados.

Nível 3 – Inspeção para a identificação de patologias aparentes, e das ocultas constatáveis com o auxílio de equipamentos, incluindo testes e ensaios locais e/ou laboratoriais específicos, elaborada por profissionais habilitados.

6.5.1 Critérios de classificação das Marquises

De acordo com Filho (2003), ante a relevância das eventuais patologias encontradas nas investigações preliminares, as marquises serão classificadas quanto:

I – às deformações estruturais além dos limites das normas;

II – às distorções;

III – às fissuras ou trincas;

IV – às sobrecargas não previstas no projeto original do edifício, de acordo com as normas;

V – condições de funcionamento não adequadas, como armaduras expostas e/ou corroídas, perfis oxidados, fixações deficientes, etc.

6.5.2 Classificação do estado das Marquises

A classificação do estado das marquises é feita segundo o Grau de Urgência, que é o risco oferecido aos usuários da estrutura e sua prioridade dentro dos limites da inspeção destas marquises. Depende da complexidade da inspeção e elaboração de seu laudo

final, quanto à necessidade de profissionais envolvidos e a profundidade nas constatações dos fatos. Deve relatar aspectos relativos à durabilidade, funcionalidade e segurança estrutural. Essa classificação considera os elementos de patologia e urgência de terapia. (FILHO, 2003).

A classificação quanto ao grau de urgência de uma patologia deve sempre ser fundamentada, considerando os limites e os níveis de inspeção realizada.

- a) CRÍTICO : Risco iminente quanto à segurança;
- b) REGULAR: Risco a funcionalidade;
- c) MINIMO: Risco de desvalorização precoce.

6.5.3 Classificação do Estado de Conservação de Marquises.

Ainda de acordo com Filho (2003), a classificação quanto ao estado de conservação deve sempre ser fundamentada, considerando os graus de urgência e as intensidades das patologias encontradas, bem como os níveis de aprofundamento da Inspeção realizada.

- a) CRÍTICO: quando a marquise contém patologias classificadas com grau de urgência crítico; (sem condições de uso). Marquises que apresentem problemas em todas os ensaios não destrutivos realizados.
- b) REGULAR: quando a marquise contém patologias classificadas com o grau de urgência regular; (Sujeito a reparos). Marquises que não apresentam problemas quanto à corrosão da armadura, porém com baixa qualidade do concreto evidenciada pela baixa velocidade do pulso de onda ultra-sônica na estrutura.
- c) SATISFATÓRIO: quando a marquise não contém patologias significativas; (Situação normal). Marquises que embora apresentem alguma patologia evidente visualmente, não apresentem problemas em nenhum dos ensaios realizados.

CAPÍTULO 7

INSPEÇÃO DE MARQUISES NAS CIDADES DE UBERLÂNDIA E BAMBUÍ.

7.1 Introdução

Neste capítulo é apresentada a metodologia experimental para determinação de aspectos estruturais, de utilização e de deterioração de marquises de edifícios nas cidades de Bambuí e Uberlândia.

Os aspectos estruturais, de utilização e estado de deterioração das marquises, foi analisado através de inspeção visual, e realização de ensaios não destrutivos de pacometria, ultra-sonografia, Potencial de corrosão e Resistividade elétrica.

O procedimento experimental foi realizado obedecendo à seguinte sequência:

- 1° - Pedido de autorização para realização da inspeção.
- 2° - Cadastramento da marquise.
- 3° - Entrevista com o proprietário do edifício.
- 4° - Determinação das dimensões das marquises.
- 5° - Inspeção visual, com registro fotográfico.
- 6° - Realização de ensaios não destrutivos.

Na cidade de Bambuí, foi realizada toda a sequência experimental, enquanto que na cidade de Uberlândia foram realizados apenas os procedimentos de cadastramento (2°) e inspeção visual das marquises (4°).

7.2 Caracterização das cidades

As cidades de Uberlândia e Bambuí, objetos deste estudo localizam-se nas regiões do triângulo mineiro e centro-oeste de Minas Gerais respectivamente.

A cidade de Uberlândia tem população estimada de 608.369 habitantes (IBGE, 2007), e tem na sua região central cerca de 200 edifícios de 03 a 12 pavimentos (PMU, 2007) com marquises, os quais apresentam variadas idades de construção, e sob as quais circulam diariamente milhares de pessoas, dada a concentração de edifícios comerciais e financeiros. Nesta cidade, dado o grande número de edifícios com marquises, foram cadastradas apenas 54 marquises, nas quais foram realizadas posteriormente inspeção visual.

A cidade de Bambuí tem população estimada de 21.850 habitantes (IBGE, 2007), e tem na sua região central edifícios com no máximo 03 pavimentos, e idade de construção na maioria dos casos de mais de 30 anos (PMB, 2009), edifícios os quais na sua maioria contam com marquises, e sob as quais circulam diariamente centenas de pessoas, pois como na cidade de Uberlândia, nesta região concentram-se grande parte das lojas comerciais e agências bancárias. Nesta cidade foi feito cadastramento de todas as marquises da região central, e posteriormente realizada inspeção visual e ensaios não destrutivos.

7.3 Entrevista com o proprietário do edifício.

Na entrevista procurou-se conhecer o histórico da edificação: ano de sua construção, a existência de projeto, responsável técnico pela obra, reformas realizadas, acidentes ocorridos durante a construção ou utilização da estrutura.

7.4 Cadastramento e inspeção visual de Marquises

As atividades de cadastro e inspeção visual das marquises foram realizadas de forma simultânea, com o objetivo de reunir, em uma primeira pesquisa, dados sobre as

condições das marquises de edifícios da região central das cidades de Uberlândia e Bambuí.

Para as marquises de edifícios na região central da cidade de Uberlândia, inicialmente fez-se o cadastramento das estruturas, e posteriormente inspeção de nível 1, ou seja, inspeção visual da estrutura, sendo cadastradas e analisadas 54 marquises com alguma evidência de deterioração. Os edifícios escolhidos localizam-se nas seguintes ruas e avenidas: Rua Goiás, Rua Santos Dumont, Rua Olegário Maciel, Av. Cesário Alvim, Rua Machado de Assis, Av. Afonso Pena, Av. Floriano Peixoto, Rua Tenente Virmondes, Rua Quintino Bocaiúva, Rua Coronel Antônio Alves Pereira, Av. João Pinheiro, Rua José Andraus, Av. Cripiano Del Fávero, Rua Cruzeiro dos Peixotos, Rua Abdalla Haddad.

Posteriormente na cidade de Bambuí, foram cadastrados todos os edifícios da região central que tem marquises, e realizada inspeção de nível 3, ou seja, inspeção visual, registrando as patologias através de fotos digitais, e ensaios com o uso de equipamentos não destrutivos.

Todos os edifícios foram cadastrados através do preenchimento da planilha apresentada no anexo C, planilha na qual foi inserida fotografia digital da marquise cadastrada. Neste cadastramento foram inseridas as seguintes informações: Endereço, uso, patologias evidentes visualmente, sobrecarga, tipo estrutural, e idade da edificação.

Na inspeção visual, utilizou-se a planilha anexo B (B1), onde se busca a identificação das seguintes patologias: ferragens expostas ou sombreadas; deslocamento de concreto ou reboco; trincas transversais e longitudinais ou junto ao engaste; sobrecargas por letreiros, placas, sobreposição de camadas de impermeabilização, paredes nas bordas; infiltração de água; furos e rebaixamento na laje; flechas na direção transversal ou longitudinal; esmagamento da parede existente abaixo do engaste. As patologias identificadas nas marquises dos edifícios nas cidades de Uberlândia e Bambuí, são apresentadas nas Tabelas 7.1 e 7.2.

Tabela 7.1- Caracterização das Marquises Cadastradas na cidade de Uberlândia.

Identificação	Patologia	Sobrecarga	Tipo estrutural
1U		Letreiro	Engastada
2U		Letreiro	Engastada
3U			Engastada
4U		Letreiro	Engastada
5U	-Infiltração de água	Letreiro	Engastada
6U		Letreiro	Engastada
7U		Letreiro	Engastada
8U			Engastada
9U		Letreiro	Engastada
10U	-Infiltração de água	Letreiro	Engastada
11U		Letreiro	Engastada
12U	-Infiltração de água -Desplacamento de revestimento	Mureta em alvenaria e Grade	Engastada
13U	-Infiltração de água	Letreiro	Engastada
14U		Letreiro	Engastada
15U		Letreiro	Engastada
16U		Letreiro	Engastada
17U		Letreiro	Engastada
18U	-Infiltração de água	Letreiro	Engastada
19U	-Infiltração de água	Letreiro	Engastada
20U	-Infiltração de água		Engastada
21U		Letreiro	Engastada
22U			Engastada
23U	-Infiltração de água	Letreiro	Engastada
24U	-Desplacamento de revestimento	Letreiro	Engastada
25U	-Infiltração de água		Engastada
26U		Letreiro	Engastada
27U			Engastada
28U	-Infiltração de água Desplacamento de revestimento	Letreiro	Engastada
29U			Engastada
30U	-Infiltração de água		Engastada
31U		Letreiro	Engastada
32U			Engastada
33U	-Infiltração de água. -Desplacamento de revestimento.	Letreiro	Engastada
34U			Engastada
35U			Engastada
36U	-Desplacamento de revestimento.		Engastada
37U	-Desplacamento de revestimento		Engastada
39U		Letreiro	Engastada
40U	-Infiltração de água -Desplacamento. de revestimento.	Letreiro	Engastada
41U	-Trinca transversal.		Engastada
42U	-Infiltração de água.		Engastada
43U	-Flecha na direção transversal e longitudinal.		Engastada
44U	-Infiltração de água.	Aparelho de ar condicionado.	Engastada
45U	-Infiltração de água.	Letreiro	Engastada
46U	-Infiltração de água. Desplacamento de revestimento. -Exposição de Armadura .		Engastada

Continuação da Tabela 7.1- Caracterização das Marquises Cadastradas na cidade de Uberlândia.

Identificação	Patologia	Sobrecarga	Tipo estrutural
47U			Engastada
48U		Letreiro	Engastada
49U	-Infiltração de água.	Letreiro	Engastada
50U		Letreiro	Engastada
51U	-Infiltração de água.		Engastada
52U		Letreiro	Engastada
53U		Letreiro	Engastada
54U	-Infiltração de água. -Desplacamento de revestimento.	Letreiro	Engastada

Tabela 7.2- Caracterização das Marquises Cadastradas na cidade de Bambuí.

Edifício	Patologia	Sobrecarga	Tipo estrutural	Idade do edifício
1B	Infiltração de água Trincas transversais	_____	Engastada	24 anos
2B	Trincas transversais.	Entulho	Engastada	30 anos
3B	Trincas transversais Infiltração de água	_____	Engastada	14 anos
4B	Infiltração de água	_____	Engastada	03 anos
5B	Ferragem exposta Desplacamento de reboco	_____	Engastada	22 anos
6B	Ferragem exposta, Trincas long. Transv., Furos, Infiltração.	Letreiro	Engastada	47 anos
7B	_____	_____	Engastada	04 anos
8B	Trincas longitudinais e transversais, infiltração de água, furos, flecha na direção transversal e longitudinal, ferragens expostas, deslocamento de reboco.	Letreiro	Engastada	52 anos
9B	Trincas transversais, infiltração de água.	_____	Engastada	25 anos
10B	Ferragem exposta, trincas longitudinais e transversais, deslocamento de reboco, infiltração de água, furos na laje.	_____	Engastada	28 anos

Para as marquises dos edifícios da cidade de Bambuí, onde foi realizada inspeção detalhada, foram medidas as dimensões destas estruturas utilizando trena metálica de 5,0 metros, as quais são apresentadas na Tabela 7.3.

As Espessuras das marquises são médias, uma vez que foram feitas leituras nos pontos de extrema direita, esquerda e médio da estrutura.

Tabela 7.3 - Características geométricas das Marquises cadastradas em Bambuí

Dimensões	Marquises									
	01B	02B	03B	04B	05B	06B	07B	08B	09B	10B
Espessura (cm)	13,0	13,0	10,0	10,0	12,0	12,0	13,0	13,00	8,0	12,0
Comprimento (m)	12,50	5,60	13,30	5,50	4,65	12,20	13,20	12,80	9,20	7,20
Largura (m)	1,05	1,50	1,0	1,55	0,88	1,30	1,20	1,27	1,00	1,00

7.5 Ensaios não Destrutivos nas Marquises

Os ensaios foram realizados em quatro pontos por marquise conforme mostra a Figura 7.1, sempre no alinhamento do engaste desta laje, dois pontos em cada extremidade e dois pontos intermediários.

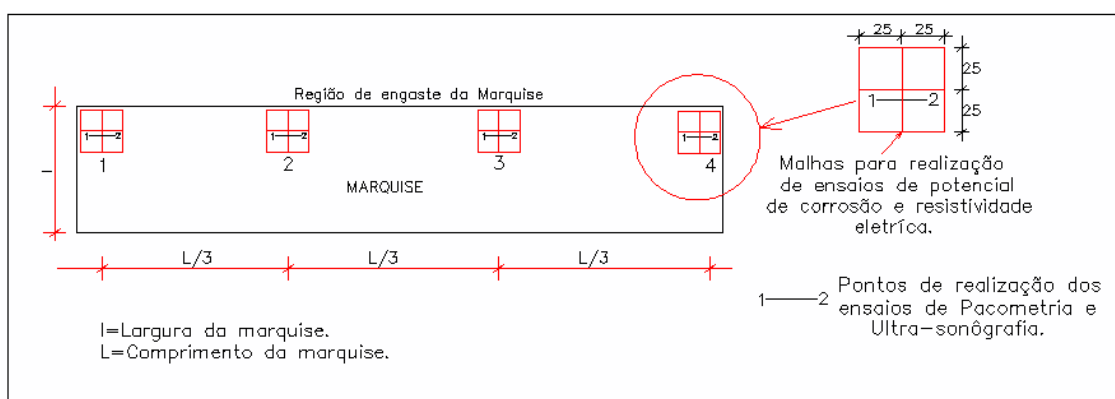


Figura 7.1 – Pontos de realização de ensaios nas marquises.

Antes da realização de cada ensaio, realizou-se os seguintes procedimentos:

- Verificação da rugosidade da superfície superior da marquise, pois superfícies com alta rugosidade impossibilitam a realização dos ensaios;
- Verificação da umidade da superfície;

- c) - Limpeza da superfície utilizando espátula e vassoura;
- d) – Preenchimento de planilhas, com anotação de patologias observadas;
- e) - Registro fotográfico da fachada do edifício que contem a marquise;
- f) – Registro fotográfico de patologias na marquise;

Em virtude dos diferentes teores de umidade da superfície necessários para cada ensaio, a seqüência de ensaios sempre obedeceu à seguinte ordem:

- 1° - Ultra-sonografia;
- 2° - Pacometria;
- 3° – Potencial de corrosão;
- 4° - Resistividade elétrica.

7.5.1 Ultra – sonografia

Neste ensaio foi usado o equipamento “*Ultrasonic Pulse velocity tester*”, modelo 58-E0048, marca CONTROLS, mostrado na Figura 7.2, sendo necessária antes do seu uso, a calibração feita através da medida do tempo que a onda emitida pelo aparelho leva para percorrer uma de barra de ferro, de 30 cm de comprimento, o qual deve ser de 57,2 μ s (conforme orientação do fabricante), sendo este o tempo de calibração.



Figura 7.2 – Equipamento de Ultra-sonografia



Figura 7.3 – Realização de ensaio de ultra-

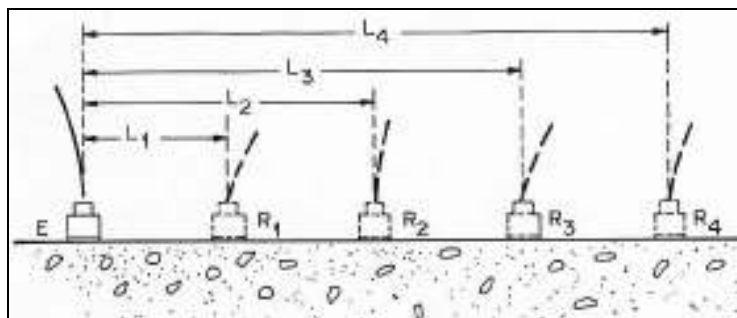


Figura 7.4 - Esquema de medição indireta

Em seguida fez-se a conexão dos cabos com os transdutores e os pontos de emissão e recepção das ondas no aparelho. A distância entre os transdutores para cada ponto da laje foi igual a 30 cm. Para cada leitura da velocidade da onda aplicou-se vaselina industrial na superfície dos transdutores, a fim de permitir o contato dos transdutores com a superfície do concreto sem a interferência do ar. As leituras de tempo que a onda leva para percorrer a estrutura de concreto foram expressas em μs e foram feitas pelo método indireto (Figuras 7.3 e 7.4), conforme NBR 8802 (ABNT, 1994), uma vez que pela posição dos pontos de análise foi impossível a colocação dos transdutores simultaneamente na face superior e inferior das lajes.

7.5.2 Pacometria

Neste ensaio foi usado o equipamento da marca *James Instruments Inc* (Figura 7.5), sendo necessário antes do seu uso, a sua calibração, através de:

- 1 - Definição da unidade de medida para os parâmetros desejados, a unidade escolhida foi a de milímetros para o cobrimento e distancia horizontal entre armaduras;
- 2 - Definição do diâmetro da armadura para a estrutura, na falta desta informação estimou-se este diâmetro, conforme orientação do fabricante.

Com o aparelho calibrado iniciou-se o ensaio, que consiste em percorrer os pontos previamente marcados, com a sonda, identificando através de sinal sonoro, a existência de armadura nas proximidades do ponto, fazendo-se então a leitura do cobrimento da armadura, e o espaçamento horizontal entre estas. Sendo, no entanto, para este estudo necessária apenas a informação do cobrimento da armadura, os quais foram expressos em milímetros. A base do método deste ensaio é descrita em ACI 228 2R-98.



Figura 7.5 – Aparelho para ensaio de pacometria.

7.5.3 Potencial de Corrosão

Neste ensaio foi usado o equipamento CANIN “*Corrosion Analysing Instrument*”, modelo 9602474E, marca PROCEQ (Figura 7.6) o ensaio foi realizado em malhas formadas por quatro quadrados de 25 cm de lado, dispostos nas marquises conforme descrito no item 7.2.



Figura 7.6 – Aparelho para medição de de potencial de corrosão



Figura 7.7 – Umedecimento da Superfície da marquise para ensaio de potencial de corrosão.

O terminal positivo do voltímetro foi ligado na armadura exposta (conforme a Figura 7.8, na inexistência de armadura exposta foi feita a conexão em grampos metálicos já chumbados na Marquise), enquanto que o terminal negativo foi ligado no eletrodo de referência (sulfato de cobre), buscando dar continuidade elétrica das armaduras. A superfície do concreto foi umedecida uniformemente conforme mostra a Figura 7.7, de maneira a se ativar diferenças apreciáveis nas leituras de zonas secas e úmidas. A esponja do eletrodo de referência também foi umedecida em água. Todas as leituras realizadas foram expressas na unidade de mV.



Figura 7.8 – Ligação do terminal positivo do voltímetro na Marquise

7.5.4 Resistividade do Concreto

Neste ensaio foi usado o equipamento RESI “*Resistivity Metert*”, modelo 38004200, marca PROCEQ (Figura 7.9), sendo necessário antes do seu uso, o umedecimento da superfície a ser realizado o ensaio, a fim de se ativar diferenças apreciáveis de leituras nas zonas secas e úmidas. Todas as leituras realizadas foram expressas em $K.\Omega \cdot cm$



Figura 7.9– Aparelho para medição de Resistividade do concreto.



Figura 7.10 – Realização de ensaio de resistividade Elétrica em Marquises.

O método do ensaio (Figura 7.10) é descrito na ASTM G 57-78 (1984), e os valores encontrados por este método têm obtido boa correlação, com uma margem de erro de 20%, de acordo com Ziegler e Carmo (2006).

CAPÍTULO 8

RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através de inspeção visual, realizada nas marquises de edifícios nas cidades de Uberlândia e Bambuí, e de ensaios não destrutivos realizados nestas estruturas na cidade de Bambuí.

Na inspeção por ensaios não destrutivos realizada nas marquises de edifícios na cidade de Bambuí, buscou-se:

- a) através da realização de ensaios com aparelho de ultra-som, mensurar valores de tempo de propagação de onda que representem a qualidade do concreto, quanto à existência de vazios internos e resistência à compressão;
- b) através dos ensaios de potencial de corrosão e resistividade elétrica a identificação do real estado das armaduras quanto a sua corrosão;
- c) e pelo ensaio de pacometria determinou-se a posição da armadura quanto ao seu cobrimento.

Apresenta-se também a discussão destes resultados, buscando-se conhecer as reais condições de serviço das marquises inspecionadas, sob a ótica da funcionalidade, durabilidade e segurança estrutural, a fim de compor um quadro patológico para esta estrutura.

8.2 Resultado da Inspeção Visual

Na inspeção visual foram identificados os problemas mais comuns das marquises e que podem contribuir para o comprometimento de sua segurança. Na Tabela 8.1.e 8.2 encontram-se relacionados os percentuais para cada um dos tipos de patologia.

Analisando a Tabela 8.1, pode-se notar que as patologias que mais ocorrem nas marquises dos edifícios da cidade de Bambuí são as trincas transversais, que podem ser indícios da corrosão das armaduras, uma vez a corrosão do aço da armadura leva a formação de óxidos e hidróxidos de ferro com volumes de 3 a 10 vezes superiores ao aço original da armadura, o que gera tensões internas de tração que fissuram o concreto, fissuras que aumentam com o decorrer do processo, podendo inclusive causar o destacamento de placas de concreto.

Tabela 8.1- Resultado de Inspeção Visual de Marquises nas cidades de Bambuí

Tipo de Patologia	%	Tipo de Patologia	%
Armaduras expostas	30	Sinais de enchimento da laje	20
Armaduras sombreadas	10	Tubos e ductos presos á laje	30
Desplacamento de concerto	10	Furos na laje	30
Trincas transversais	70	Evidencia de reparos na laje	—
Trincas longitudinais	40	Forro rebaixando a laje	—
Desplacamento de reboco	20	Flecha na direção transversal	10
Letreiro luminoso	10	Flecha na direção longitudinal	10
Sinais de infiltração de água	60	Trinca longitudinal junto ao engaste	10

Na cidade de Uberlândia (Tabela 8.2) é alto o índice de marquises com sobrecargas por placas de propaganda, assim como de infiltrações. O alto índice de marquises com sinais de infiltração pode ser explicado em parte, pois para fixação de placas comerciais é necessário que se façam furos na laje.

Tabela 8.2- Resultado de Inspeção Visual de Marquises nas cidades de Uberlândia.

Tipo de Patologia	%	Tipo de Patologia	%
Armaduras expostas	3,70	Sinais de enchimento da laje	—
Armaduras sombreadas	—	Tubos e ductos presos á laje	—
Desplacamento de concerto	—	Furos na laje	—
Trincas transversais	1,85	Evidencia de reparos na laje	—
Trincas longitudinais	—	Forro rebaixando a laje	—
Desplacamento de reboco	18,5	Flecha na direção transversal	1,85
Letreiro luminoso	59,25	Flecha na direção longitudinal	1,85
Sinais de infiltração de água	37,03	Trinca longitudinal junto ao engaste	—

As marquises 22U e 31U exemplificam sobrecargas nas marquises de edifícios na cidade de Uberlândia, e problemas quanto à infiltração de água nestas estruturas.



Figura 8.1 – Marquise com sobrecarga por painel Publicitário – Marquise 22U



Figura 8.2 - Marquise com sobrecarga por painel Publicitário – Marquise 31U

Na cidade de Bambuí, o alto índice de marquises com trincas transversais é evidenciado na marquise 10U, onde este tipo de trinca apresenta-se de forma equidistantes ao longo de toda a estrutura, trincas estas que transpassam toda a espessura da marquise.

Na sequência de Figura 8.3 ate 8.16, são apresentadas patologias identificadas através de inspeção visual em algumas das marquises inspecionadas.



Figura 8.3 - Deslocamento de concreto, trinca e armadura exposta na marquise 06B.



Figura 8.4 - Trinca com infiltração na marquise 06B.



Figura 8.5 - Furo na marquise 06B



Figura 8.6 - Deslocamento de reboco e armadura exposta na marquise 05B.



Figura 8.7- Trinca na marquise 10B



Figura 8.8 – Trinca na marquise 05B



Figura 8.9 – Trinca na marquise 09B



Figura 8.10 – Trinca na marquise 02B



Figura 8.11 - Sinais de infiltração na marquise 10B.



Figura 8.12– Armadura exposta na marquise 10B



Figura 8.13 - Armadura exposta na marquise 08B.



Figura 8.14 – Armadura exposta na marquise 10B.



Figura 8.15– Deslocamento de reboco na Marquise 08B



Figura 8.16– Deslocamento de reboco na marquise 06B

8.3 Resultado da Inspeção através de ensaios não destrutivos.

Por motivos operacionais a inspeção através de ensaios não destrutivos foi realizada apenas na cidade de Bambuí, onde foram inspecionadas todas as marquises da região central desta cidade, num total de 10 estruturas.

8.3.1 Pacometria

Neste ensaio buscou-se a determinação do cobrimento da armadura principal que para as marquises é a negativa, e que se localiza normalmente na face superior da estrutura, no entanto em algumas lajes ou regiões desta estrutura não foi possível a determinação do cobrimento pela superfície superior, realizando então o ensaio na face inferior das lajes. Os resultados do ensaio são representados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 – Resultados do ensaio de pacometria.

Posição	Marquise									
	Cobrimento da armadura (cm)									
	01B	02B	03B	04B	05B	06B	07B	08B	09B	10B
1	2,854 ^b	4,090 ^c	2,375 ^c	5,410 ^c	9,840 ^c	1,550 ^b	2,650 ^c	3,060 ^c	2,850 ^c	3,010 ^c
2	1,905 ^b	2,940 ^c	4,440 ^b	1,550 ^c	10,220 ^c	1,485 ^b	2,220 ^c	1,650 ^c	3,020 ^c	2,650 ^c
3	5,040 ^c	4,380 ^c	5,870 ^c	6,810 ^b	6,630 ^c	3,180 ^c	2,270 ^c	1,630 ^c	3,000 ^c	2,050 ^c
4	3,740 ^c	1,740 ^c	7,504 ^c	5,960 ^c	7,980 ^c	2,600 ^c	2,610 ^c	1,620 ^c	1,990 ^c	2,540 ^c

^c = Laje analisada na superfície superior

^b = Laje analisada na superfície inferior

Nos casos em que não foi possível determinar o cobrimento da armadura na parte superior da laje diretamente com o uso do pacômetro, determinou-se o cobrimento

(Tabela 8.4) subtraindo da espessura medida da laje a leitura de cobrimento realizada com o equipamento na face inferior da estrutura, de acordo com a equação 04.

$$C = E - L_i \quad (\text{Equação 03}),$$

Em que:

C= Cobrimento da armadura (cm);

E= Espessura da marquise (cm)

L_i = Leitura no pacômetro pela face inferior da marquise(cm)

Tabela 8.4 – Cobrimento das armaduras

Posição	Marquise									
	Cobrimento da armadura (cm)									
	01B	02B	03B	04B	05B	06B	07B	08B	09B	10B
1	10,146	4,090	2,375	5,410	9,840	10,450	2,650	2,025	2,850	3,010
2	11,095	2,94	5,600	1,550	10,22	8,515	2,220	1,65	3,020	2,650
3	5,040	4,38	5,870	6,810	6,630	3,180	2,270	1,63	3,000	2,050
4	3,740	1,74	7,504	5,960	7,980	2,600	2,610	1,62	1,990	2,540

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), as marquises são classificadas como estruturas de classe ambiental II, agressividade moderada e com risco de deterioração pequeno. Para esta classe de agressividade o cobrimento nominal deve ser no mínimo de 25 mm.

Na análise do cobrimento das armaduras das marquises, determinada através do ensaio de pacometria, verificou-se que as estruturas 07B e 10B foram as únicas que em nenhum dos pontos analisados apresentou cobrimento insuficiente. As outras marquises em pelo um dos pontos de análise apresentou cobrimento insuficiente, sendo o caso mais grave o da marquise 08B que apresentou cobrimento muito abaixo do especificado pela NBR 6118 (ABNT, 2003) em todos os pontos analisados.

Quanto à posição de trabalho das armaduras na estrutura, que deve ser na parte superior, já que a armadura é negativa, verificou-se posição inadequada nas marquises 01B, 05B e 06B que apresentaram problemas em dois pontos analisados, com armaduras localizadas na face inferior das lajes.

Tanto o cobrimento insuficiente, quanto a posição inadequada da armadura principal evidenciam problemas no projeto, pelo detalhamento da correta posição das armaduras, ou ainda na construção destas estruturas armadas como se fosse uma laje apoiada e não engastada.

Neste ensaio optou-se por não determinar o espaçamento horizontal entre barras da armadura, uma vez que oito dos proprietários não tinham em seu poder (em virtude perda ou inexistência) o projeto estrutural do edifício, não existindo então parâmetro de comparação para a medida efetuada.

8.3.2 Ultra-sonografia.

Seguindo os procedimentos indicados no item 7.2.1, foram obtidos os tempos de propagação de onda por ultra-sonografia relacionados na Tabela 8.5.

A partir dos tempos medidos e da distancia entre os transdutores, determinou-se a velocidade de propagação de onda por ultra-sonografia nas marquises, obtendo-se os valores indicados na Tabela 8.6.

Nos pontos 2 e 3 da marquise 08B e no ponto 1 da marquise 10B, não foi possível a leitura do tempo de propagação do pulso de onda, em virtude do alto grau de fissuração.

Tabela 8.5 – Resultado do ensaio de Ultra- sonografia.

Posição	Marquise									
	Tempo de propagação de pulso de onda ultra-sônica (μs)									
	01B	02B	03B	04B	05B	06B	07B	08B	09B	10B
1	159,4	123,3	151,9	98,8	183,7	251,2	101,1	623,70	162,4	0,0
2	132,0	119,2	150,2	101,2	183,1	264,2	112,5	0,0	159,8	184,9
3	201,2	140,2	152,1	99,2	190,2	162,4	115,1	0,0	158,7	166,0
4	208,3	127,4	158,7	98,7	196,9	287,8	114,7	698,9	163,8	197,2

$\mu s = 10^{-6} s$

A velocidade do pulso de onda ultra-sônica foi determinada através da equação (04)

$$V = \frac{L}{T}, \quad (\text{m/s}) \quad (\text{Equação 04}),$$

Em que:

L = Distância entre os transdutores igual a 30 cm

T = Tempo que a onda leva para percorrer a estrutura (Método indireto).

Tabela 8.6 – Velocidade de pulso de onda ultra-sônica nas Marquises.

Posição	Marquise									
	Velocidade do pulso de onda ultra-sônica (m/s)									
	01B	02B	03B	04B	05B	06B	07B	08B	09B	10B
1	1882,05	2354,79	1890,36	3036,43	1633,09	1042,49	2967,36	481,00	1847,29	-
2	2272,72	2139,80	1972,39	2964,43	1638,45	1847,32	2666,67	-	1877,35	1622,50
3	1491,05	2516,78	1997,33	3024,20	1577,29	1135,56	2606,43	-	1890,35	1807,23
4	1440,23	2433,09	1974,98	3039,52	1523,61	1194,31	2073,25	434,84	1831,50	1521,30

De acordo com a classificação de Cánovas (1998) definida na Tabela 6.2, que define a qualidade do concreto em função da velocidade do pulso ultra-sônico, a qualidade do concreto das marquises analisadas é descrita na Tabela 8.7.

Tabela 8.7 – Qualidade do concreto das Marquises.

Marquise									
Qualidade do concreto pelo ensaio de ultra-sônografia									
01B	02B	03B	04B	05B	06B	07B	08B	09B	10B
Ruim	Regular	Ruim	Bom	Ruim	Ruim	Regular	Ruim	Ruim	Ruim

Assim verificou-se que apenas o concreto das marquise 04 apresenta-se bom, já que as demais, pela velocidade detectada, apresentam qualidade regular (velocidade do pulso de onda de 2000 a 3000 m/s) ou ruim (velocidade do pulso de onda menor que 2000 m/s), com especial atenção para as marquise 08B que apresentou velocidade de propagação da onda muito abaixo de 2000 m/s.

A baixa velocidade do pulso de onda ultra-sônica identifica a ocorrência de vazios internos, fissuras e trincas, o que mostra:

- a) baixa resistência à compressão do concreto (concreto dosado incorretamente);
- b) consideração da agressividade do ambiente;
- c) adensamento e cura insuficiente;
- d) falhas no escoramento.

No entanto, o modo de transmissão indireta utilizado nas inspeções de marquises em Bambuí é o menos recomendado, pois a intensidade do sinal recebido é

significativamente menor do que a recebida no modo direto. Este modo foi utilizado, pois se teve acesso a apenas uma face componente estrutural.

A velocidade obtida pelo modo de propagação indireto depende predominantemente da qualidade da região superficial do concreto, que pode não ser representativa do elemento como um todo. Desta forma a velocidade obtida poderá não ser a mesma da proveniente do modo de transmissão direto em uma mesma peça. No modo de transmissão indireto também se desconhece o caminho percorrido pelo pulso já que o transdutor não é pontual (Naik, Malhotra e Popovics, 2004).

8.3.3 Potencial de Corrosão

Na medição dos potenciais de corrosão, apresentados na Tabela 8.8, para minimizar os efeitos da umidade nos resultados, aplicou-se o procedimento descrito no item 2.2.3, ou seja, toda a superfície foi umedecida. Entretanto outras variáveis podem ter afetado os resultados, dentre elas, as microfissuras, ou ainda a própria homogeneização do umedecimento da estrutura ao longo da sua espessura.

As maiores probabilidades de corrosão das armaduras ocorrem nas marquises onde se tem uma baixa qualidade do concreto no que diz respeito à existência de fissuras e trincas (evidenciadas no ensaio de ultra-sonografia), e por onde percolam elementos agressivos á armadura, o que é agravado pela inexistência de sistemas de impermeabilização nestas marquises.

Tabela 8.8 – Resultado do ensaio de potencial de corrosão em Marquises

Posição	Potencial de Corrosão relativo ao eletrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre (m V)																			
	01B		02B		03B		04B		05B		06B		07B		08B		09B		10B	
1	33	28	-15	10	41	26	141	146	0	0	-179	-180	150	154	-210	-192	40	41	48	50
	36	37	-20	-90	42	42	123	117	0	0	-177	-168	155	157	-207	-204	46	47	37	39
2	15	32	32	21	51	42	92	98	90	91	1	0	80	120	-174	-165	78	80	63	7
	11	20	28	29	44	48	89	102	96	92	1	2	174	182	-146	-161	77	74	74	20
3	84	78	1	2	-67	-75	96	94	99	90	48	37	128	117	-169	-158	37	38	64	21
	51	51	2	2	-59	-58	69	87	90	88	68	57	156	131	-145	-150	34	32	87	67
4	47	52	4	6	-29	-13	64	72	90	87	9	23	105	105	-300	-390	32	34	62	64
	39	51	7	9	-110	-91	71	83	86	84	-21	-54	64	96	-250	-310	31	32	59	58

De acordo com a Norma ASTM C 876-91, para potenciais de corrosão mais negativo que -350 mV, tem-se uma probabilidade de 90%, potenciais de corrosão entre -200 m V

e -350 m V indicam uma probabilidade de corrosão incerta, e mais positivo que -200 mV, indicam a probabilidade de corrosão de 10%.

Neste sentido verificou-se que nenhuma das armaduras das marquises apresenta probabilidade de corrosão da ordem de 90%, já para a Marquise 08B 10% de probabilidade de corrosão, a laje 06B com probabilidade de corrosão elevada, porem abaixo de 90%. Todas as demais marquises apresentam probabilidade de corrosão incerta para suas armaduras.

8.3.4 Resistividade elétrica.

Os valores obtidos nas medidas de resistividade do concreto apresentados na Tabela 8.9 demonstram que este parâmetro varia de um ponto a outro de uma marquise, pois se o concreto estiver extremamente seco, ou seja, altamente resistivo, pode afetar as medidas de potencial, porque a corrente elétrica tende a evitar materiais resistivos, fazendo com que o eletrodo de referência não a detecte. Isso causa valores de potenciais mais positivos (ou menos negativos) em regiões que estejam efetivamente sofrendo corrosão, apesar de ter-se adotado o procedimento de umedecer uniformemente as regiões ensaiadas. O que se pode extrair em relação à uniformidade dos resultados é que, embora variem, no conjunto eles indicam o real estado do concreto de uma marquise e, se eliminados os valores de maior dispersão, os restantes caracterizam a região ensaiada.

Tabela 8.9 – Resultado do ensaio de resistividade elétrica em Marquises

Posição	Resistividade do concreto (K Ω .cm)																			
	01B		02B		03B		04B		05B		06B		07B		08B		09B		10B	
1	99	99	40	33	99	98	99	95	90	89	17	18	76	70	5	4	77	96	83	80
	99	99	34	34	99	98	92	94	88	52	15	16	78	75	2	4	93	95	88	91
2	98	97	74	78	99	99	85	93	90	91	14	16	71	79	7	6	81	83	21	19
	95	97	90	81	99	99	92	63	96	92	12	18	81	83	5	1	88	80	25	22
3	99	97	37	33	99	99	91	43	99	90	31	29	83	84	23	22	76	79	15	14
	95	95	39	44	99	99	75	96	90	88	34	27	91	89	24	23	85	76	17	14
4	93	92	35	38	99	97	72	78	91	92	15	14	84	81	12	10	77	74	71	72
	91	92	37	32	93	98	71	74	94	93	19	17	90	91	8	7	78	79	70	69

De acordo com CEB 192 (1989), a marquise 08 apresentou probabilidade de corrosão muito alta (menor que 5,0 K. Ω .cm) e alta (5,0 a 10,0 K. Ω .cm) em alguns pontos analisados. A marquise 06 e 10 apresentaram probabilidade de corrosão baixa (maior

que 20,0 K. Ω .cm), enquanto que as demais marquises apresentaram probabilidade de corrosão desprezível.

8.4 Classificação das Marquises

Pelo resultados da inspeção visual e ensaios não destrutivos realizados nas marquises de edifícios da cidade de Bambuí, foi determinada a classificação do estado de conservação destas marquises, a qual é representada na Tabela 8.10.

Tabela 8.10- Classificação de Marquises quanto ao estado de conservação

Marquise	Grau de Conservação
06B, 08B	Crítico
01B, 03B, 05B, 09B, 10B	Regular
02B, 04B, 07B	Satisfatório

A classificação do estado de conservação das marquises foi feita conforme o item 6.5.3, ou seja:

- a) estado de conservação crítico são aquelas que apresentaram dados que evidenciam problemas em todos os ensaios realizados.
- b) estado regular, são aquelas que ainda não apresentam problemas quanto á corrosão de armaduras, porém com baixa velocidade de propagação do pulso ultra-sônico, o que mostra problemas quanto à homogeneidade do concreto, caracterizando vazios internos ocasionados principalmente pelo adensamento insuficiente do concreto.
- c) estado satisfatório são aquelas que embora tenham apresentada alguma patologia evidente visualmente (fissura transversal, infiltração de água), não apresentaram dados que caracterizem problemas em nenhum dos ensaios realizados.

Nenhuma das marquises analisadas na cidade de Bambuí apresentam sistema de impermeabilização, e a grande maioria destas estruturas apresentaram também um sistema de drenagem de águas deficiente, o que pôde ser comprovado quando do

umedecimento da superfície da estrutura para realização dos ensaios de potencial de corrosão e resistividade elétrica.

Não foi feita a classificação quanto ao grau de conservação para as marquises analisadas nos edifícios da cidade de Uberlândia, uma vez que não foram realizados ensaios com equipamentos não destrutivos nestas estruturas. Porém pode-se evidenciar que as patologias nessas marquises estão relacionadas com sobrecargas devido a painéis publicitários e a infiltração de água.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados as análises referentes às inspeções visual e dos ensaios não destrutivos realizados nas marquises de edifícios nas cidades de Uberlândia e Bambuí. Assim como a descrição de outros aspectos importantes observados durante a realização da inspeção de marquises na cidade de Bambuí, a relevância deste trabalho, e ainda sugestões para trabalhos futuros que tratem do estudo da deterioração de marquises.

9.2 Conclusões específicas

Neste item apresentam-se as conclusões relativas à inspeção visual realizadas na cidade de Bambuí e Uberlândia, e aos ensaios não destrutivos realizados nas marquises de edifícios na cidade de Bambuí.

9.2.1 Inspeção Visual

Na inspeção visual verificou-se que 90% das marquises analisadas na cidade de Bambuí, apresentam algum tipo de patologia, com destaque para as trincas transversais e infiltração de água presentes em 70% das estruturas. Ainda quanto à inspeção visual os casos mais graves foram os das marquises 06B, 08B e 10B que apresentaram o maior número de patologias.

A ocorrência de trincas e sinais de infiltração de água evidenciam erros no projeto (armadura insuficiente, desconsideração da agressividade do meio-ambiente, concreto mal dosado) ou na construção (cobrimento e posição inadequada da armadura principal, escorramento incorreto, ou ainda adensamento e cura insuficiente do concreto), pois não existem outros fatores que podem acarretar essas patologias (sobrecargas por painéis de anúncio ou sobreposição de sistemas de impermeabilização). Por estas trincas transversais podem percolar água de chuva e outros elementos que causam a corrosão das armaduras, fato este agravado pela inexistência de sistemas de impermeabilização.

Na cidade de Uberlândia, onde se realizou apenas inspeção visual, houve a verificação de que as principais patologias foram à sobrecarga e a infiltração de água, constatadas em 59,25% e 37,03% das marquises analisadas respectivamente. Sobrecarga esta devida a letreiros, luminosos, grades e muretas. Os sinais de infiltração de água nestas marquises podem ser explicados principalmente pela existência de furos para afixação de placas de anúncio.

9.2.2 Ensaios não Destrutivos

Através dos ensaios não destrutivos realizados nas marquises de edifícios na região central da cidade de Bambuí, foi possível complementar a inspeção visual realizada anteriormente, comprovando o estado de conservação verificado visualmente, formando um quadro mais completo quanto à segurança e funcionalidade destas estruturas.

Para realização dos ensaios *in situ*, sob condições diferentes das ideais de laboratório, ocorreram dificuldades nas inspeções através de ensaios não destrutivos, tais como:

- a) difícil acesso ao local (altura das marquises);
- b) indisponibilidade de água para umedecimento da estrutura;
- c) transporte de equipamentos e escada de acesso;
- d) reprovação do proprietário para realização da inspeção;
- e) omissão do poder público quanto à participação no estudo;

No entanto nenhuma destas dificuldades prejudicou a realização dos ensaios, e a relevância dos dados coletados para caracterização do real estado de conservação das marquises na cidade de Bambuí.

9.2.2.1 Ultra-Sonografia.

No ensaio de ultra-sonografia, constatou-se através da determinação da velocidade do pulso de onda ultra-sônica nas marquises (pelo método indireto), que a qualidade do concreto que compõem estas estruturas, em 70% dos casos foram classificadas como ruim, 20% apresentam-se em condições regulares e apenas 10% estão em boas condições. A qualidade do concreto no ensaio de ultra-sonografia foi determinada em função da velocidade do pulso de onda na estrutura, quanto maior a velocidade, melhor a integridade do concreto. O concreto de qualidade ruim é aquele pouco compacto, pouco adensado, com alto grau de fissuras, e, portanto, com alta probabilidade de percolação de agentes agressivos a integridade da armadura.

A baixa velocidade do pulso de onda ultra-sônica no concreto, evidência também concretos de baixa resistência à compressão, o que nos leva a concretos mal dosados ou aqueles prescritos de forma incorreta pelo projetista da estrutura. Neste sentido, os casos mais graves identificados através deste ensaio foram para as marquises 06B e 08B, marquises estas que em alguns pontos analisados não foi emitida mensagem de tempo de percurso de onda, o que evidencia alto grau de fissuração.

9.2.2.2 Pacometria.

No ensaio de pacometria pode-se constatar o cobrimento insuficiente e a posição inadequada das armaduras nas marquises analisadas. Em 80% das armaduras destas marquises houve a evidencia de cobrimento insuficiente, enquanto que em 30% destas há mal posicionamento das armaduras, ou seja, as armaduras principais posicionadas fora da face superior da laje. Problemas esses originados principalmente na construção da estrutura. Os casos mais graves diagnosticados por este ensaio foram os das marquises 06B e 08B quanto ao cobrimento da armadura, e a Marquise 05B quanto à posição incorreta da armadura principal.

O concreto de cobrimento da armadura é a chamada proteção física. Ele protege a armadura de agentes agressivos e umidade, mantendo sua proteção química. Nos projetos de estruturas, o cobrimento deve ser calculado de acordo com a agressividade do meio em que a marquise é executada, mas também deve ser levada em consideração a qualidade do concreto, então falhas no cobrimento evidenciam erros de projeto e de construção, o que provavelmente ocorreu nas marquises com problema de cobrimento na cidade de Bambuí.

Ainda quanto ao ensaio de pacometria seria interessante determinar o espaçamento horizontal entre barras, assim como o seu diâmetro, e posteriormente comparar essas informações com aquelas do projeto original, no entanto em entrevista realizada com os proprietários dos edifícios onde foram analisadas as marquises, apenas dois tinham os projetos originais das estruturas, o que inviabilizou tal análise.

9.2.2.3 Potencial de Corrosão e Resistividade Elétrica.

Os ensaios de potencial de corrosão e de resistividade elétrica mostraram níveis consideráveis de probabilidade de corrosão das armaduras das marquises dos edifícios mais antigos (06B e 08B).

As marquises 01B, 02B, 03B, 04B, 05B, 07B e 09B, apresentaram grau de probabilidade de corrosão incerta, e desprezível para os ensaios de Potencial de Corrosão e resistividade elétrica, respectivamente.

Para o ensaio potencial de corrosão a dificuldade de homogeneização da umidade da estrutura, pois a ASTM C 876 especifica que a norma não se aplica em meios cujo concreto esteja muito seco, esse pode ter sido um dos fatores que contribuíram para a dispersão de dados, e indicado falsas probabilidades de corrosão para alguns pontos da estrutura.

As probabilidades de corrosão medidas nestes dois ensaios tem a ver diretamente com a qualidade do concreto e com a agressividade do meio-ambiente onde estão inseridas as marquises. As marquises mais antigas com probabilidade de corrosão das armaduras e

também com qualidade ruim do concreto, mostram que as estruturas mais novas com qualidade ruim do concreto, mais que hoje, ainda não apresentam corrosão de suas armaduras, poderão a curto e médio prazo ter suas armaduras corroídas, pela existência de fissuras no concreto e pela inexistência de sistemas de impermeabilização.

As armaduras das peças de concreto armado são quase que invariavelmente colocadas nas proximidades de suas superfícies; no caso de cobrimentos insuficientes ou de concretos mal adensados, as armaduras ficarão sujeitas á presença de água ar, e ainda de elementos da atmosfera poluída das cidades, podendo desencadear então um processo de corrosão, que tende a abranger toda a extensão mal protegida da armadura.

Além da corrosão da armadura propriamente dita, ainda há a formação de variedade de óxidos e hidróxidos de ferro que ocupam o lugar da armadura deteriorada, com volumes de 3 a 10 vezes superiores ao volume original do aço da armadura, o que causam grandes tensões internas no concreto. Conforme o processo de corrosão aumenta, esses produtos vão se acumulando ao redor das armaduras, formando crostas.

Os esforços agem de forma radial na barra, gerando tensões de tração que fissuram o concreto, fissuras que aumentam com o decorrer do processo, levando ao destacamento de placas de concreto, então nas marquises inspecionadas que apresentaram destacamento de concreto e/ou revestimento, e ainda com fissuras, se tem um estágio avançado de corrosão das armaduras.

Mas, nem toda corrosão provoca fissuras no concreto. Se o concreto estiver úmido, os óxidos podem migrar através dos poros e aparecerem na superfície em forma de manchas marrom-avermelhadas, que podem aparecer não coincidentes com as armaduras, conforme observado nas marquises da cidade de Uberlândia.

9.3 Considerações Finais

Os dados levantados através dos ensaios não destrutivos mostram que as marquises 06B e 08B, apresentaram problemas quanto à qualidade de seu concreto, posicionamento e corrosão de sua armadura. Todos esses problemas em conjunto, colocam estas estruturas

sob um grau crítico de conservação, o que indica que deve ser realizada recuperação, reforço ou mesmo demolição destas estruturas.

Porém para as marquises de menor idade de construção (01B, 02B, 03B, 05B, 09B), que não apresentaram probabilidade de corrosão de suas armaduras, mas que em contrapartida apresentam concretos com alto grau de vazios internos, poderão com o passar do tempo, submetidas ao ambiente ao qual estão inseridas, permitir a percolação de agentes agressivos através de suas fissuras, levando à deterioração de suas armaduras. Assim a implantação de sistemas de impermeabilização, de drenagem de águas pluviais e de manutenção nestas marquises, são de suma importância para o aumento da vida útil destas estruturas.

No entanto em todas as marquises analisadas na cidade de Bambuí, verificou-se a inexistência de sistemas de impermeabilização, assim como de um sistema eficiente de drenagem de águas pluviais, o que além de facilitar a infiltração de águas através dos vazios detectados no concreto, ainda causa sobrecarga na estrutura pelo acúmulo de grandes quantidades de água na sua parte superior.

A falta de limpeza das marquises foi outro fato observado em todas as estruturas, com especial atenção para a marquise 03B, onde se verificou uma grande quantidade de telhas e tijolos sobre a sua superfície.

Outras informações a respeito das marquises analisadas foram levantadas junto aos proprietários, construtores dos edifícios e ainda por simples observação na cidade de Bambuí, no sentido de contribuir quanto à determinação das causas das patologias evidenciadas na inspeção visual e realização de ensaios não destrutivos, informações as quais são:

a) de acordo com o proprietário do edifício da marquise 01B, quando da retirada do escoramento da original desta Marquise, esta desabou por completo, o que evidencia posicionamento incorreto da armadura principal.

b) segundo o construtor da marquise 10B, esta estrutura teria desabado se não fosse a vistoria do engenheiro responsável um dia antes da concretagem da estrutura, já que as armaduras negativas haviam sido colocadas pelo armador na parte inferior da laje.

c) intervenção na estrutura de marquises sem prévio estudo é fato comum, o que pode ser exemplificado no caso da marquise 02B, que foi cortada em toda a sua largura, atendendo ao proprietário que dividiu uma loja comercial em duas, e queria uma Marquise isolada para cada loja.

d) nas marquises 01B e 02B, o avanço da marquise além do alinhamento do meio-fio, foi um problema observado, problema este que dificulta o estacionamento de veículos altos para descarregamento de mercadorias, e ainda leva a constantes impactos da carroceria destes veículos com a estrutura, principalmente para a marquise 01B que está localizada em uma esquina.

A análise de marquises através da realização de ensaios não destrutivos e inspeção visual na cidade de Bambuí, em conjunto com as informações obtidas através de entrevista e simples observações mostram que as falhas no processo construtivo destas estruturas, são a principal causa de sua deterioração.

As principais falhas na etapa de construção, diagnosticadas neste trabalho foram o cobrimento insuficiente e posicionamento vertical inadequado da armadura principal, e também a má qualidade do concreto, gerada desde a sua dosagem, preparo, até o seu lançamento, adensamento e cura.

Essas falhas no processo construtivo levam a uma maior exposição e contato das armaduras com o meio externo, e conseqüentemente com os seus agentes agressivos, o que com o passar dos anos levará a sua corrosão, e que caracterizará a estrutura no grau crítico de conservação, ou seja, sem condições de uso, com risco de segurança aos seus usuários.

9.4 Contribuição do Trabalho

A realização de inspeção visual, e de ensaios não destrutivos para verificação da integridade do concreto em marquises é válida e importante. No entanto é imprescindível a participação das Prefeituras Municipais no sentido de tornar legal em seus códigos de obras, a obrigatoriedade de inspeções periódicas destas estruturas, exigindo se for o caso, sua recuperação, reforço ou mesmo demolição, a fim de assegurar sua segurança e funcionalidade.

O levantamento das causas da deterioração de marquises, servem como parâmetro para a construção de novas marquises, a fim de evitar a ocorrência de novos erros que levem às mesmas patologias diagnosticadas, o aproveitamento destas informações pode se dar nas seguintes etapas de processo construtivo:

- a) no projeto - na consideração da agressividade do ambiente;
- b) construção - adensamento, cura e preparo do concreto, escoamento e posição de armaduras, implementação de sistemas de impermeabilização.
- c) na utilização – uso de cargas não previstas em projetos e manutenção periódica.

Aos proprietários dos edifícios das marquises 06B e 08B, classificadas no grau crítico de conservação, foi repassado um laudo explicando a situação atual da estrutura, visando tomada de providências quanto à recuperação, reforço ou mesmo demolição da estrutura.

9.5 Sugestões para Trabalhos Futuros

A amplitude de assuntos possíveis de serem abordados em continuidade a este trabalho é grande. As variáveis podem ser a técnica e o método de abordagem do problema. Entretanto, alguns pontos discriminados em seguida apresentam-se de forma imediata e poderão solucionar algumas questões levantadas neste trabalho. São eles:

-
- aprimorar a metodologia do experimento, com uma quantidade maior de pontos para cada Marquise nos pontos mais críticos;
 - aprimorar um sistema para umedecimento homogêneo da estrutura, para realização dos ensaios de Potencial de Corrosão e Resistividade Elétrica;
 - examinar experimentalmente marquises de edifícios, nas quais os proprietários tenham o projeto estrutural para análise, a fim de identificar a posição da armadura principal, quanto ao seu espaçamento horizontal e diâmetro, para comparação com dados adquiridos via ensaio de pacometria;
 - avaliação quantitativa da corrosão das armaduras;
 - avaliação da profundidade e espessura de fissuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 228 2R-98. Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete Structures**, ACI Manual of Concrete Practice, Farmington Hills, USA, 2005.

AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS. **ASTM C 876-91. Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete**. Annual Book of ASTM Standards, USA, 1991.

AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS - Committee G-57. **ASTM G 57 - 78(84) - Standard Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method**. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.02, USA, 1984.

ANDRADE, Maria Del Carmen. Manual para diagnostico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. Tradução e adaptação Paulo Helene e Antônio Carmona. São Paulo: PINI, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2003: Projeto de Estruturas de concreto – Procedimento**, Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7584 – Concreto endurecido: Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão**. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 8802 - Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica**. Rio de Janeiro, 1994.

BRAGUIM, Jose Roberto. Perigo suspenso: Queda de marquises alerta para o risco de projetos. Revista Técnica. São Paulo, 27 de Junho de 2006. Suplemento IPT responde, p.14- 17.

BRANDÃO, A. M. S. e PINHEIRO, L. M. Qualidade e Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado - Aspectos Relativos ao Projeto, Caderno de Engenharia de Estruturas nº8, São Carlos, Brasil. 1998.

CARMO, P.I.O. Gerenciamento de Edificações: Proposta de Metodologia para Estabelecimento de um Sistema de Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Santa Maria. 2000. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. 2000.

CÁNOVAS, M.F. Patologia e Terapia do Concreto Armado. Editora PINI, São Paulo. 522 p. 1998.

CARMONA, Antônio Filho. Curso de patologia, reparo e reforço de estruturas de concreto armado. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998. 95 p.

CASCUDO, Oswaldo. O controle de corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas. 2 Ed, Goiânia, 1997.

CASTRO, Protasio F.; OLIVEIRA, Eduardo. M.R. de. The strength variability of concrete structural elements. In: ICCMC/IBST 2001 International conference on Advanced Technologies in Design, Construction and Maintenance of Concrete Structures Hanoi, Vietnam.2001.

COMITE EURO – INTERNATIONAL du BETON. **CEB 243**. Strategies for Testing and Assessment of Concrete Structures affected by Reinforcement Corrosion Lausanne, CEB-FIP. 1998.

DAVARIZ, Magnaldo. Marquises em Vitória: Um risco iminente. Diário de Vitória, Vitória, 12 setembro de 2006. Suplemento Cidade, p12.

DORIGO, F. Acidentes em marquises de Edifícios. In: CUNHA, A. J. P.; LIMA, N. A. SOUZA, V. C. M. Acidentes Estruturais na Construção Civil. São Paulo, PINI, 1996, v. 1, Capítulo 21, p. 161-168.

EISINGER, Mauro Bernardo; LIMA, Maryangela G. Metodologia para inspeção de estruturas de concreto armado – Um estado da arte. In: Anais do 2º Congresso Internacional sobre o Comportamento de Estruturas Danificadas. Rio de Janeiro, Universidade Federal Fluminense, Junho 2000, v.2.

FILHO, Nelson Nór. Avaliação e perícias de engenharia. IBAPE/SP.São Paulo.2003. Disponível em www.ibape-sp.org.br. Acesso em 12 de setembro de 2008.

GONÇALVES, Adilson Luiz. Erros de Projeto – Estruturas de Concreto. Artigo Técnico. Revista “Engenharia“. Edição nº 575 do Instituto de Engenharia de São Paulo. São Paulo. 2006.

GOMES, A. M.; ZEFERINO, B. B.; CASTRO, L. Z. ; LINHALES, F. ; CANUT, M. M. C. ; SOUZA, R. C. ; BOTELHO, L. G. D. . Proposta de Norma para inspeção de Marquise. In: XII COBREAP - Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias, 2003, Belo Horizonte. Anais do XII COBREAP - Congresso Brasileiro de Avaliações e Perícias, 2003.

GRAZIANO, Francisco . Inspeção de Rotina de estruturas de concreto. O Globo, Rio de Janeiro, 19 de set. de 2002. Disponível em www.oglobo.com.br. Acesso em 02 de ago. de 2008.

HELENE, P. R. L. Contribuição à normalização: a resistência sob carga mantida e a idade de estimativa da resistência característica; durabilidade e vida útil das estruturas de concreto armado. São Paulo, 1994 (Monografias EPUSP).

HELENE, P. R. L. Manual par reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto, PINI, São Paulo, 1992.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, “site” na internet, www.ibge.gov.br, 2009.

JOHN, Vanderley M.; TUDISCO, Marly. Durabilidade e Carbonatação do concreto armado na revisão da NBR 6118. São Paulo: EPUSP-IPT.1993.

JORDY, João Cassini; MENDES, Luiz Carlos. Análise e procedimentos construtivos de marquises com propostas de recuperação estrutural. Pós - graduação em Engenharia civil da Universidade Federal Fluminense. UFF. “Artigo”. Niterói. 2006.

LORENSINI, Rodrigo Vitali. Avaliação Probabilística da Deterioração de Estruturas em Concreto Armado. Belo Horizonte. 2006. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. 2006

LORENZI, A. Aplicação de testes Ultra-Sônicos para a Avaliação de Estruturas de Concreto Armado utilizando elementos de Inteligência Artificial. Santa Maria. 2000. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. 2000.

MATHER, K.; MATHER, B. (1987). Reflections on concrete durability and on international conferences on concrete durability. In: KATHARINE AND BRYANT MATHER INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCRETE DURABILITY, Atlanta, USA, 1987. Detroit, ACI. v.1, p.1-5. (ACI SP 100).

MASSET, George Eduardo. Para evitar acidentes. O Globo, Rio de Janeiro, 11 de agosto de 2006. Coluna ABADI, P.10-11.

MEDEIROS, Marcelo H.F. de; GROCHOSKI, Mauricio. Marquises: Por que algumas caem? Vol. 12, n 24, p.10-17. Revista Concreto .São Paulo, 2007.

MENTONE, Fernando J. Técnicas e equipamentos para avaliação de anomalias e do comportamento das estruturas de concreto. Concremat Engenharia e Tecnologia S.A, 1999.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. “Concreto: estruturas, propriedades e materiais”. PINI, São Paulo, 1994, 573p.

MOLENTO, Carla Forte Maiolino. Seqüência, bem estar e controle de Pombos urbanos. In: Seminário “ Medidas de controle e manejo da superpopulação de pombos e sua relação com a transmissão de micoses sistêmicas em humanos. Resumo de Palestra. Londrina.2000.

NAIK, T. R.; MALHOTRA, V. M.; POPOVICS, J. S., The ultrasonic pulse velocity method, **CRC handbook on nondestructive testing of concrete**, Tarun R. Naik and V M Malhotra eds, CRC Press, pp 169-189, 2004.

NAKAGUMA, Roberto. Perigo suspenso: Queda de marquises alerta para o risco de projetos. Revista Técnica. São Paulo, 27 de Junho de 2006. Suplemento IPT responde, p.14- 17.

NETO, Egydio. Marquises: Dificuldades construtivas e patologias. São Paulo. 2007. Artigo Técnico. Disponível em www.JBOnline.com.br. Acesso em 06/07/2008.

NEVILLE, A.M (1979).. Propriedades do concreto. Trad. Salvador Eugênio Giammusso. São Paulo, PINI, 1988.

OLIVEIRA, Eduardo Marques Righi de. Metodologia de caracterização de Patologias em Obras de arte especiais. Dissertação de mestrado em Engenharia civil da Universidade Federal Fluminense. UFF. Niterói. 2002.

PIANCESTELLI, E.M. - Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado - Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG - 1997 - 160p.

PMB–Prefeitura Municipal de Bambui, “site” na internet, www.bambui.mg.gov.br . Acesso em 23 /04/2009.

PMU– Prefeitura Municipal de Uberlândia, “site” na internet, www3.uberlandia.mg.gov.br/secretaria. Acesso em 22/04/2009.

PUJADAS, Flavia Zoega Andreatta. Perigo suspenso: Queda de marquises alerta para o risco de projetos. Revista Técnica. São Paulo, 27 de Junho de 2006. Suplemento IPT responde, p.14- 17.

REBOUÇAS, Daniele. SUCOM alerta responsáveis por marquises para risco aos foliões. A Tarde, Salvador, 15 de julho de 2007. Disponível em www.atarde.com.br. Acesso em 21/01/2009.

REPETTE, Wellington L. Contribuição à inspeção e à avaliação da segurança de estruturas acabadas de concreto armado .Porto Alegre, 1991. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RIZZO, Bruno Engert. Centro de Estudos e Pesquisa de Desastres. Marquises- Uma Abordagem Técnica. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em www.rio.rj.br defesa civil. Acesso em 05 de maio de 2008.

ROCHA, A. M. *Concreto armado*, volume.3., Editora. Nobel, São Paulo, 1987.

SANTOS, S., SAGAVE, A. M. e Duarte, L. A. *A Nova NBR 6118 e a Durabilidade das Estruturas*. Universidade do Vale do Itajaí, Editora Universitária, Itajaí,Brasil, 2003.

SANTOS, S. e SAGAVE, A. M. *A Deterioração das Estruturas*. Universidade do Vale do Itajaí, Editora Universitária, Itajaí, 2003b.

SOUSA, Luis Carlos. Marquises da região central são vistoriadas. A Tribuna de Minas, Juiz de Fora, 15 de setembro de 2007. Disponível em www.acessa.com/cidade. Acesso em 15 de maio de 2008.

SOUZA, Vicente Custódio de, RIPPER, Thomas. Patologia recuperação e reforço de estruturas de concreto. Editora PINI, São Paulo, 1998.

ZIEGLER, Guilherme L.F; CARMO, Paulo I.O do. Inspeção e manutenção de estruturas de concreto armado: Uso de ensaios não destrutivos. Santa Maria, UFSM, 2003. “Artigo“. Porto Alegre. 2006.

ANEXOS:

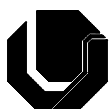
A - PLANILHA DE CADASTRAMENTO DE MARQUES.

B - PLANILHA DE INSPEÇÃO VISUAL DE MARQUES.

C – FOTOS DE MARQUES CADASTRADAS NA CIDADE DE UBERLÂNDIA.

D – FOTOS DE MARQUES CADASTRADAS NA CIDADE DE BAMBUÍ.

E – LISTA DE ENDEREÇOS DE EDIFÍCIOS.

ANEXO A. PLANILHA DE CADASTRAMENTO DE MARQUISES.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Inspeção de Marquises

Cadastramento de Marquises na região central de Uberlândia - MG

1. Endereço:

2. Descrição do Imóvel:

a) Tipo de edificação:

☐ Comercial ☐ Industrial ☐ Residencial ☐ Religiosa ☐ Educacional

☐ Outro : Especificar: _____

b) Pannel publicitário: ☐ Sim ☐ Não

c) Acesso : ☐ Frontal ☐ Lateral

d) Agressividade do ambiente.

☐ Poluição atmosférica ☐ Excrementos de Pássaros

☐ Outras: Especificar: _____

e) Tipo Estrutural: ☐ Laje engastada ☐ Laje sobre viga engastada

Foto 01: Vista Frontal

ANEXO B – PLANILHA DE INSPEÇÃO DE MARQUISES.

Tabela B1 - Planilha de inspeção Visual de Marquises

OCORRÊNCIA				
Há Armaduras expostas		Sim		Não
Há Armaduras sombreadas		Sim		Não
Há deslocamento de concerto		Sim		Não
Há trincas transversais		Sim		Não
Há trincas longitudinais		Sim		Não
Há deslocamento de reboco		Sim		Não
Há letreiro luminoso		Sim		Não
Há placa de propaganda		Sim		Não
Há sinais de infiltração de água		Sim		Não
Há sinais de enchimento da laje		Sim		Não
Existe pingadeira na borda laje		Sim		Não
Há tubos e ductos presos á laje		Sim		Não
Há furos na laje		Sim		Não
Há evidencia de reparos na laje		Sim		Não
Existe forro rebaixando a laje		Sim		Não
Nota-se flecha na direção Transversal		Sim		Não
Nota-se flecha na direção Longitudinal		Sim		Não
Há trinca longitudinal junto ao engaste		Sim		Não
Há sinais de esmagamento da parede existente abaixo do engaste		Sim		Não
Existe parede na borda da Marquise		Sim		Não

Fonte: Gomes, 2004

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A1– Marquise 01 U



Figura A2– Marquise 02 U



Figura A3 – Marquise 03 U



Figura A4– Marquise 04 U



Figura A5– Marquise 05 U



Figura A6– Marquise 06 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A7– Marquise 07 U



Figura A8– Marquise 08 U



Figura A9 – Marquise 09 U



Figura 10– Marquise 10 U



Figura A11– Marquise 11 U



Figura A12– Marquise 12 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A13– Marquise 13 U



Figura A14– Marquise 14 U



Figura A15– Marquise 15 U



Figura A16– Marquise 16 U



Figura A17– Marquise 17 U



Figura A18– Marquise 18 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A19– Marquise 19 U



Figura A20– Marquise 20 U



Figura A21– Marquise 21 U



Figura A22– Marquise 22 U



Figura A23– Marquise 23 U



Figura A24– Marquise 24 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A25– Marquise 25 U



Figura A26– Marquise 26 U



Figura A27– Marquise 27 U



Figura A28– Marquise 28 U



Figura A29– Marquise 29U



Figura A30– Marquise 30 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A31– Marquise 31 U



Figura A32– Marquise 32 U



Figura A33– Marquise 33 U



Figura A34– Marquise 34 U



Figura A35– Marquise 35 U



Figura A36– Marquise 36 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A37– Marquise 37 U



Figura A38– Marquise 38 U



Figura A39– Marquise 39 U



Figura A40– Marquise 40 U



Figura A41– Marquise 41 U



Figura A42– Marquise 42 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A43– Marquise 43 U



Figura A44– Marquise 44 U



Figura A45– Marquise 45 U



Figura A46– Marquise 46 U



Figura A47– Marquise 47 U



Figura A48– Marquise 48 U

ANEXO C – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM UBERLÂNDIA.

Figura A49– Marquise 49 U



Figura A50– Marquise 50 U



Figura A51– Marquise 51 U



Figura A52– Marquise 52 U



Figura A53– Marquise 53 U



Figura A54– Marquise 54 U

ANEXO D – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM BAMBUÍ.

Figura A55- Marquise 01B



Figura A56- Marquise 02 B



Figura A57- Marquise 03 B



Figura A58- Marquise 04 B



Figura A59- Marquise 05 B



Figura A60- Marquise 06 B

ANEXO D – FOTOS DAS MARQUISES CADASTRADAS EM BAMBUÍ.

Figura A61- Marquise 07 B



Figura A62- Marquise 08 B



Figura A63- Marquise 09 B



Figura A64- Marquise 10 B

E – LISTA DE ENDEREÇOS DE MARQUISES.

Tabela E1- Endereço das Marquises Cadastradas na cidade de Uberlândia.

Identificação	Endereço
1U	Av. Afonso Pena, 554
2U	Av. Afonso Pena
3U	Av. Afonso Pena, 27
4U	Av. Afonso Pena, 602
5U	Av. Afonso Pena, 773
6U	Av. Afonso Pena, 554
7U	Av. Afonso Pena
8U	Av. Afonso Pena, 27
9U	Av. Afonso Pena, 602
10U	Av. Afonso Pena, 773
11U	Av. Afonso Pena, 1056
12U	Av. Antônio Alves Pereira c / Av. Cipriano Del Fávero
13U	Av. Cipriano Del Fávero, 07
14U	Av. Cipriano Del Fávero, 895
15U	Av. Cipriano Del Fávero, 990
16U	Av. Floriano Peixoto 01
17U	Av. Floriano Peixoto 02
18U	Av. Floriano Peixoto 03
19U	Av. Floriano Peixoto, 500
20U	Av. Floriano Peixoto, 875
21U	Av. Floriano Peixoto, 997
22U	Av. João Naves Ávila
23U	Av. João Naves Ávila
24U	Av. João Pinheiro, 110
25U	Av. João Pinheiro, 1351
26U	Av. João Pinheiro, 1050
27U	Av. João Pinheiro, 1337
29U	Drogaria Econômica
30U	Av. Machado de Assis c/ Av. Afonso Pena
31U	Rua Abdalla Hadadd
32U	Rua Belo Horizonte, 543
33U	Rua Belo Horizonte, 540
34U	Rua Cesário Alvim, 599
35U	Rua Cesário Alvim, 493

Continuação da Tabela E1- Endereço das Marquises Cadastradas na cidade de Uberlândia.

Identificação	Endereço
36U	Rua Cesário Alvim, 521
37U	Rua Cesário Alvim, 529
38U	Rua Cesário Alvim, 737
39U	Rua Coronel Antônio Alves, 282
40U	Rua Cruzeiro dos Peixotos, 341
50U	Rua Goiás c/ Afonso Pena
51U	Rua Goiás, 121
52U	Rua José Andraus, 18
53U	Rua Machado de Assis, 333
54U	Rua Machado de Assis, 371

Tabela E2- Endereço das Marquises Cadastradas na cidade de Bambuí

Identificação	Endereço
1A	Rua Jose Augusto Chaves, 548
2A	Rua Joaquim Magalhães
3A	Rua Santos Dumont, 46
4A	Rua Getulio Vargas, 402
5A	Rua Padre Domingos, 129
6A	Rua Jose Augusto Chaves, 635
7A	Rua Zacarias Rodrigues, 34
8A	Praça Coronel Torres, 123
9A	Rua Jose Tiburcio, 128
10A	Rua dos Expedicionários

