



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA  
CENTRO DE TECNOLOGIA DE ALEGRETE - CTA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**RAFAEL ALMADA TRINDADE**

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM MARQUISES NA PARTE CENTRAL DA  
CIDADE DE ALEGRETE**

**Alegrete/RS**

**2013**

**RAFAEL ALMADA TRINDADE**

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM MARQUISES NA PARTE CENTRAL DA  
CIDADE DE ALEGRETE**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro em Engenharia Civil.

Orientador: Ederli Marangon

**Alegrete/RS  
2013**

**RAFAEL ALMADA TRINDADE**

**ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM MARQUISES NA PARTE CENTRAL DA  
CIDADE DE ALEGRETE**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título  
de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em: 24, de setembro de 2013.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Eng. Ederli Marangon  
Orientador  
Unipampa

---

Prof. Mário Munró

---

Prof. Dr. Eng Telmo Egmar Camilo Deifeld  
Unipampa

É incansável buscar o conhecimento !

Interminável é sua procura !

Aos mestres, que nos abreviam esta  
procura !

O Reconhecimento sempre !

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que me deu tudo, o Dom da Vida !!

A Meus pais, por me ensinarem a retidão do caminho !!

Aos mestres, que com sua paciência, antes de me ensinarem, fizeram-me aprender

## RESUMO

Nos últimos anos tem crescido a incidência de patologias em marquises, na maioria dos casos, estas patologias geram enfraquecimento da estrutura, podendo levá-la ao colapso, gerando vítimas fatais. A fim de prevenir estas estruturas da ação de agentes patológicos, é necessário que as causas que geram patologias nestas estruturas sejam conhecidas, desta forma pode-se evitar a repetição dos mesmos erros, garantindo que as marquises ofereçam mais segurança à população. Para detectar a presença de patologias e identificar as possíveis causas destas, foi necessário realizar o levantamento das dimensões geométricas, inspeção visual, e ensaios não destrutivos, a fim de analisar o estado de conservação destas estruturas. Baseado nesta análise, foi possível constatar que o aparecimento das diversas manifestações patológicas apresentadas nestas estruturas, tem como possíveis causas, a falta de manutenção, sobrecarga e perfurações na laje. Dentro deste contexto, apresenta-se neste trabalho os resultados obtidos após inspecionar 25 marquises, localizadas na parte central da cidade de Alegrete.

**Palavras-chave:** patologia-marquise

## **ABSTRACT**

Has grown in recent years the incidence of pathologies in marquees, in most cases, these pathologies generate weakening of the structure and may take it to collapse, resulting in casualties. In order to prevent these structures from the action of pathogens, it is necessary that the causes that generate pathology in these structures are known, this way you can avoid repeating the same mistakes, ensuring that awnings provide more security to the population. To detect the presence of disease and to identify the possible causes of these, it was necessary to survey the geometric dimensions, visual inspection and non-destructive testing, to examine the state of conservation of these structures. Based on this analysis, it was established that the appearance of the various pathological manifestations presented in these structures has the potential causes, poor maintenance, overloading and holes in the slab. Within this context, the paper presents the results obtained after inspecting 25 marquees, located in the central part of the city of Alegrete.

**Keywords:** pathology- marquee

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Queda da marquise do Hotel Canadá .....	02
Figura 2 – Marquises de proteção constituídas por laje simples em balanço (a), e lajes apoiadas em vigas laterais (b) .....	04
Figura 3 – Exemplo de marquise como sacada .....	05
Figura 4 – Correto posicionamento da armadura principal e esforços atuantes em uma estrutura em balanço ( marquises ) .....	07
Figura 5 – Uso de espaçadores treliçados (a), e esquema de utilização deste dispositivos (b) .....	08
Figura 6 – Mostra a variação de momento fletor de acordo com o escoramento.....	09
Figura 7 – Marquise deformada pela sobrecarga de painel publicitário. ....	10
Figura 8 – Incidência do vento sobre placas de anúncio causando flexão na estrutura. ....	11
Figura 9 – Detalhamento de fissuras na parte superior do engaste de marquises....	12
Figura 10 – Armadura com corrosão localizada. Neste trecho da corrosão a estrutura apresentava uma fissura. ....	13
Figura 11 – Ciclo patológico, fissuração, corrosão e colapso estrutural.....	13
Figura 12 – Sequência de etapas realizadas neste trabalho.....	16
Figura 13 – Ilustração da sequência de execução do ensaio de esclerometria .....	19
Figura 14 – Esclerometro utilizado para o ensaio (a). Aferição do esclerometro com a bigorna de aço (b) .....	19
Figura 15 – Visualização típica das áreas ensaiadas nas marquises. ....	21
Figura 16 – Esquema da realização dos ensaios nas marquises.....	21
Figura 17 – Aplicação de golpes com o esclerometro na vertical.....	22
Figura 18 – Curva utilizada para estimar a resistência do concreto à compressão...23	
Figura 19 – Esquema de funcionamento do pacômetro.....	23
Figura 20 – Pacômetro utilizado para o ensaio. ....	24
Figura 21 – Execução do ensaio de pacometria. ....	25



Figura 22 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto .....	27
Figura 23 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal.....	27
Figura 24 – Marquise M23 com sobrecarga do sistema de refrigeração.....	31
Figura 25 – Marquise M6 com manutenção muito antiga, mais de 50 anos. ....	32
Figura 26 – Erro na concepção ou execução do projeto da marquise M3. ....	32
Figura 27 – Perfuração na laje da marquise M2.....	34
Figura 28 – Deslocamento do concreto e exposição das armaduras.....	35
Figura 29 – Trinca e deslocamento do reboco na marquise M12. Logo acima é possível perceber o péssimo estado de conservação da sacada .....	36
Figura 30 – Exposição e corrosão na armadura superior da marquise M17 .....	36
Figura 31 – Acúmulo de lixo na marquise M1, evidenciando a falta de cuidado com a estrutura .....	36
Figura 32 – Fissura vertical na marquise M19.....	36
Figura 33 – Sobrecarga devido ao painel publicitário da loja, e aparecimento de trinca na marquise M23 .....	36
Figura 34 – Sobrecarga gerada por sistema de refrigeração na marquise M19, e perfuração no sistema de impermeabilização .....	36
Figura 35 – Deslocamento do concreto e exposição da armadura na sacada S4...37	
Figura 36 – Manchas de umidade na laje que indicam infiltração e fissuras na alvenaria, sacada S8.....	37
Figura 37 – Fissuras e deslocamento do concreto na sacada acima da marquise M3 .....	37
Figura 38 – Fissuras, descascamento da pintura e manchas escuras de mofo na marquise M6.....	37
Figura 39 – Formação de bolhas e descascamento da pintura na sacada S5.....	37
Figura 40 – Fissuras perpendiculares ao engaste na sacada S5.....	37
Figura 41 – Acúmulo de sujeira, junto ao coletor de água, na marquise M16.....	38

Figura 42 – Sobrecarga gerado pelo sistema de refrigeração, instalado na marquise M12 .....	38
Figura 43 – Armadura exposta e com visível diminuição da seção, devido ao processo de corrosão da armadura na marquise M3.....	38
Figura 44 – Esfacelamento da armadura da marquise M3.....	38
Figura 45 – Furo na laje para a passagem de tubulação pluvial, na marquise M3....	38
Figura 46 – Exposição da armadura e deslocamento do concreto na sacada acima da marquise M3.....	39
Figura 47 – Deslocamento do concreto, e manchas de umidade que indicam infiltração na laje da marquise M2.....	39
Figura 48 – Abertura na laje da marquise M2, para a passagem de tubos do sistema de refrigeração .....	39
Figura 49 – Laje da marquise M19 (a) apresentando fissuras paralelas ao engaste e laje da marquise M21 (b) apresentando fissuras aleatórias .....	40
Figura 50 – Fissuras no revestimento da alvenaria nas sacadas S5 (a), S8 (b) .....	41
Figura 51 – Marquise M6 (a) e marquise S5 (b), apresentam infiltração ao longo de sua extensão .....	42
Figura 52 – A imagem mostra a marquise M3 (a), com visível deslocamento do concreto e a corrosão da armadura. Com base na imagem (b), é possível visualizar corrosão na armadura da marquise M16 .....	43
Figura 53 – Reconstituição da seção de armadura com emendas por transpasse (a) ou emendas por luva (b) .....	44
Figura 54 – Marquise M12 apresentando trincas transversais.....	45
Figura 55 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M3)..	47
Figura 56 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M6)..	47
Figura 57 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M14)	47
Figura 58 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M15)	48
Figura 59 – Resistência à compressão de acordo com a curva de Machado (M17).	48
Figura 60 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M19)	48
Figura 61 – Planta baixa da marquise M17 .....	55

Figura 62 – Cargas atuantes (a), diagrama de momento fletor (b), diagrama de esforço cortante (c) .....	57
Figura 63 – Corte da seção transversal do engaste.....	57
Figura 64 – Edifício Galeria Alegrete Center .....	62
Figura 65 – Disposição das armaduras na marquise M17.....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Endereço das marquises vistoriadas.....	15
Quadro 2 – Valores do índice esclerométrico, obtidos na aferição do equipamento.	20
Quadro 3 – Patologias e possíveis causas de formação.....	29
Quadro 4 – Patologias e possíveis causas de formação.....	30
Quadro 5 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M3.....	47
Quadro 6 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M6.....	47
Quadro 7 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M14.....	47
Quadro 8 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M15.....	48
Quadro 9 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M17.....	48
Quadro 10 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M19.....	48
Quadro 11 – Resistência à compressão do concreto (MPa).....	49
Quadro 12 – Resultados dos ensaios de pacometria.....	51
Quadro 13 – Classificação do estado de conservação das marquises .....	52
Quadro 14 – Dados utilizados para realizar a retro análise.....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Ocorrência das patologias em marquises .....	33
Gráfico 2 – Ocorrência das possíveis causas de formação das patologias .....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>1.1 Justificativa.....</b>	<b>01</b>
<b>1.2 Objetivo geral .....</b>	<b>03</b>
<b>1.3 Objetivos específicos .....</b>	<b>03</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>04</b>
<b>2.1 Tipos de marquise e suas finalidades .....</b>	<b>04</b>
<b>2.2 Origem das Patologias em Marquises .....</b>	<b>05</b>
<b>2.2.1 Introdução.....</b>	<b>05</b>
<b>2.2.2 Erros no Projeto.....</b>	<b>06</b>
<b>2.2.3 Erros de Execução.....</b>	<b>06</b>
<b>2.2.3.1 Posição das Armaduras.....</b>	<b>07</b>
<b>2.2.3.2 Cobrimento .....</b>	<b>07</b>
<b>2.2.3.3 Escoramento Incorreto .....</b>	<b>08</b>
<b>2.2.4 Sobrecarga.....</b>	<b>09</b>
<b>2.2.5 Corrosão.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.6 Manutenção de Marquises.....</b>	<b>14</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Inspeção das marquises na parte central da cidade de Alegrete .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Ensaios não destrutivos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1 Esclerometria .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1.1 Avaliação da resistência à compressão.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.2 Pacometria .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Classificação do estado de conservação das marquises.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Estudo de Caso .....</b>	<b>26</b>

<b>4 Discussão e análise dos resultados.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Possíveis soluções para as patologias encontradas com frequência.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Ensaio não destrutivos .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.1 Ensaio de esclerometria .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.1.1 Resultado do ensaio de esclerometria .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.2 Ensaio de pacometria.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 Conservação das marquises.....</b>	<b>52</b>
<b>4.4 Estudo de Caso .....</b>	<b>53</b>
<b>4.4.1 Retro análise da marquise M17.....</b>	<b>53</b>
<b>4.4.2 Dimensionamento da marquise M17 de acordo com critérios de durabilidade e vida útil propostos pela NBR 6118 (ABNT,2003).....</b>	<b>55</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
<b>5.1 Inspeção visual .....</b>	<b>64</b>
<b>5.2 Possíveis soluções para as patologias encontradas com frequência.....</b>	<b>65</b>
<b>5.3 Ensaio não destrutivos .....</b>	<b>65</b>
<b>5.4 Conservação das marquises.....</b>	<b>66</b>
<b>5.5 Comparação entre a retro analise e o novo dimensionamento .....</b>	<b>67</b>
<b>5.6 Sugestões para trabalhos futuros.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>71</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

De acordo com Carmona e Helene (2006), o concreto armado, apesar de ser uma associação inteligente de materiais, de ser versátil e apresentar grande durabilidade, está sujeito a vários tipos de deterioração, que podem ocorrer por diversos mecanismos. Dentre eles a corrosão de armaduras tem apresentado maior incidência em elementos de concreto armado.

No início do século passado, as edificações chegavam muitas vezes em no máximo até cinco pavimentos. Essa limitação no número de pavimentos deve-se ao conhecimento limitado que os profissionais da época tinham em relação a materiais empregados na construção. Devido ao avanço de tecnologias empregadas no dimensionamento de concreto armado e a chegada de novos materiais no mercado, tais como o cimento Portland, permitiram a construção de edifícios mais altos.

Em virtude da construção de edifícios mais altos, a prefeitura do Rio de Janeiro preocupada com a possibilidade de acidentes devido a objetos que por ventura pudessem despencar na cabeça dos pedestres, criou o Dec. 6000/37, que tornou obrigatória a construção de marquises em prédios comerciais. Em 1988, com o Dec. 8272/88 e em 1991 com o Dec. 10426/91 extinguiu-se a obrigatoriedade de construção da marquise, a fim de ampliar a liberdade de criação dos profissionais da área de projetos. Dada a possibilidade da construção de marquises, em edifícios, este estudo faz-se a necessidade de verificar o estado de conservação destas estruturas.

### **1.1 Justificativa**

No Brasil o desabamento de marquises, vem se tornando bastante comum em edificações urbanas. Alguns casos são bem conhecidos, como o desabamento da marquise da Loja Arapuã, ocorrido em Porto Alegre no ano de 1988, com nove mortos e dez feridos. Ainda em Porto Alegre no ano de 2006, houve o desabamento da sacada de um prédio localizado no centro da cidade, com uma vítima fatal. No ano seguinte na cidade do Rio de Janeiro, ocorreu o desabamento da marquise do Hotel Canadá, conforme mostra a Figura 1, com duas vítimas fatais e quatorze feridos, ocorrido em fevereiro de 2007. Em 2008, na cidade de Maringá no Paraná,



ocorreu o desabamento simultâneo de quinze sacadas, no entanto não houve nenhum ferido.

Figura 1 – Queda da marquise do Hotel Canadá



Fonte: G1 Notícias – Marquise de hotel desaba em Copacabana ( 2013, não paginado )

Na cidade de Vitória (ES), a prefeitura municipal identificou após inspeções de rotina que 190 marquises estavam em situação de risco de desabamento, destas 157 (82,6%) já possuíam laudos técnicos de estabilidade e segurança, emitido por engenheiro civil e a recuperação já tinha sido efetuada pelos proprietários. (DAVARIZ 2006).

Em decorrência do número excessivo de acidentes envolvendo marquises, faz-se a necessidade de explorar mais sobre esse elemento estrutural a fim de evitar sua ruína. Para tanto, é importante identificar as causas que levam o surgimento de patologias nesse elemento estrutural. O conhecimento das causas que geram patologias, deve ser feito por uma metodologia que leve em consideração a análise de projeto, levantamento das características geométricas da estrutura, e a inspeção visual e/ou detalhada pela realização de ensaios experimentais.

## **1.2 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo identificar as patologias e suas possíveis causas, nas principais marquises localizadas na parte central da cidade de Alegrete-RS.

## **1.3 Objetivos específicos**

Os objetivos da investigação são:

- fazer levantamento de campo da estrutura, tais como, dimensões geométricas, inspeção visual e registro fotográfico;
- identificar o tipo de dano (patologia) e suas possíveis causas;
- realizar ensaios não destrutivos em algumas marquises, a fim de avaliar a qualidade do concreto e cobrimento das armaduras;
- indicar soluções para as patologias encontradas com freqüência;
- classificar o estado de conservação (crítico, regular, satisfatório), das marquises, nas quais foi realizado os ensaios não destrutivos;
- realizar retro análise de uma marquise e compará-la com um novo dimensionamento projetado de acordo com a NBR 6118 (ABNT,2003).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Tipos de marquise e suas finalidades

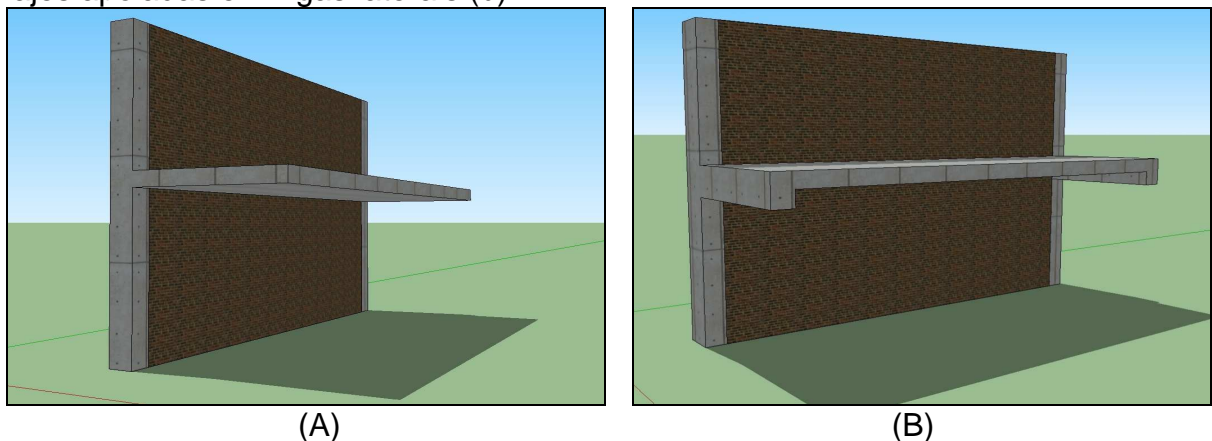
As marquises podem ter diferentes finalidades de uso. Os tipos mais comuns em edificações são: as marquises de proteção e marquises como sacadas.

#### a) Marquises de proteção

Pode ser definido como um elemento estrutural arquitetônico estruturado em balanço, logo acima do andar térreo, com a finalidade de proteger os pedestres de objetos que possam despencar dos andares superiores, além de proteger do sol e da chuva.

Para Rocha (1987), estes elementos estruturais são formados por laje e viga ou apenas a laje. Nas marquises de proteção, a laje é engastada na viga, conforme mostra a Figura 2 A, constituindo uma extremidade engastada e outra livre. Portanto a armadura principal, é negativa (momento negativo), podendo-se dispensar o uso de armadura de distribuição positiva. As marquises de proteção também podem apresentar em sua constituição lajes apoiadas em vigas laterais. Neste caso recomenda-se que sejam apoiadas em vigas quando houver balanços muito grandes (acima de 1,80m) a fim de evitar lajes de grande espessura. Para esta situação a laje é normalmente armada em uma direção, e apoiada em vigas laterais conforme mostra a Figura 2 B.

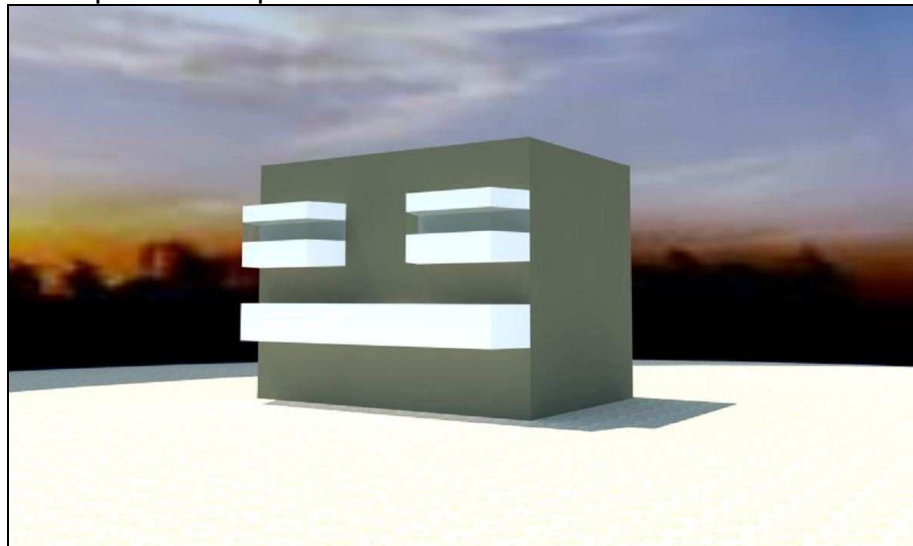
Figura 2 – Marquises de proteção constituídas por laje simples em balanço (a), e lajes apoiadas em vigas laterais (b)



## b) Marquises como sacadas

De acordo com Vasconcelos e Bortoluzzi (2010), é um elemento estrutural e arquitetônico, que tem por finalidade servir como uma área anexa aos apartamentos, podendo ser utilizada como área de lazer ou pequeno quintal, ampliando a área útil destes apartamentos. Em alguns casos sofrem intervenções pelos condôminos sendo fechadas e anexadas ao apartamento como se fosse um só ambiente. A Figura 3 mostra exemplos de marquises como sacadas.

Figura 3 – Exemplo de marquise como sacada



## 2.2 Origem das Patologias em Marquises

### 2.2.1 Introdução

O surgimento de manifestações patológicas em marquises está interligado a erros gerados na etapa de projeto, durante o processo construtivo, utilização, além de falhas no controle de qualidade (dos materiais e da execução) ou manutenção, de uma ou mais atividades, tais como: corrosão das armaduras, escoramento mal executado, falta de manutenção da estrutura.

### **2.2.2 Erros no Projeto**

De acordo com Souza e Ripper (1998, p.24), “as falhas geradas durante a realização do projeto final de engenharia geralmente são as responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios na estrutura”.

De acordo com Alves (2006), os projetos de marquises são relativamente simples, mesmo assim, se não forem considerados os aspectos que evitam o aceleração da degradação da estrutura, as manifestações patológicas se tornam frequentes. Um deles é a especificação correta e adequada do revestimento de concreto em relação à armação, fundamental para não ocasionar problemas de fissuração, deslocamentos, corrosão das barras de aço e perda da capacidade resistente.

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 entre 0,2mm e 0,4mm, dependendo da agressividade do ambiente, (MEDEIROS E GROSHOSKI, 2007,p5).

Para Medeiros e Groshoski (2007), estruturas como 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. Desta forma, a durabilidade destas estaria garantida, e os riscos de uma ruptura brusca decorrente da corrosão seriam minimizados.

### **2.2.3 Erros de Execução**

Geralmente problemas que acontecem por erros no processo executivo ocorrem devido ao descuido e desconhecimento técnico da mão de obra. No canteiro podem ocorrer os mais diversos erros, tais como: erros durante o processo de concretagem, deficiência nas armaduras devido a má interpretação de projetos, utilização incorreta dos materiais de construção.

### 2.2.3.1 Posição das Armaduras

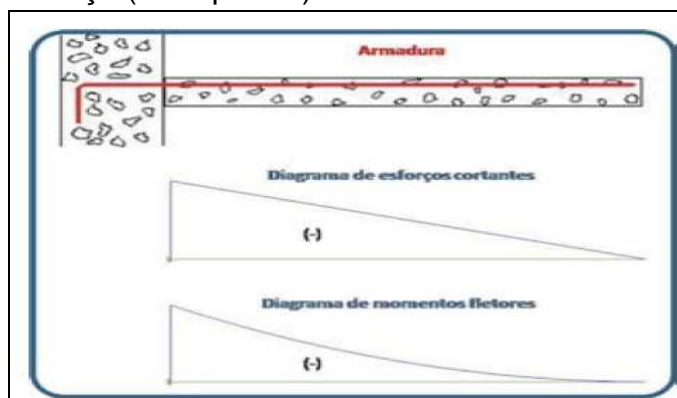
De acordo com Medeiros e Groshoski (2007, p.7), “na fase de execução deve-se atentar para o correto posicionamento das armaduras e demais detalhes construtivos, cabendo ao engenheiro de obra uma revisão detalhada destes itens antes da liberação da concretagem”.

É importante salientar que estruturas em balanço estão sujeita a momentos negativos, isto significa que para resistir aos esforços atuantes as armaduras principais devem estar posicionadas na face superior da laje, conforme pode ser visto na Figura 4.

De acordo com Braguim (2006), antes da concretagem é comum que as pessoas andem em cima da armadura, e esta, de tanto ser pisoteada, por falta de cuidado, tende a descer e vai parar numa posição que se torna ineficaz para resistir os esforços solicitantes de tração.

Segundo Alves (2006), o deslocamento da armadura negativa torna a laje subdimensionada para os esforços aos quais será submetida em sua condição de engaste-balanço.

Figura 4 – Correto posicionamento da armadura principal e esforços atuantes em uma estrutura em balanço ( marquises )



Fonte: Medeiros e Groshoski (2007, p.5)

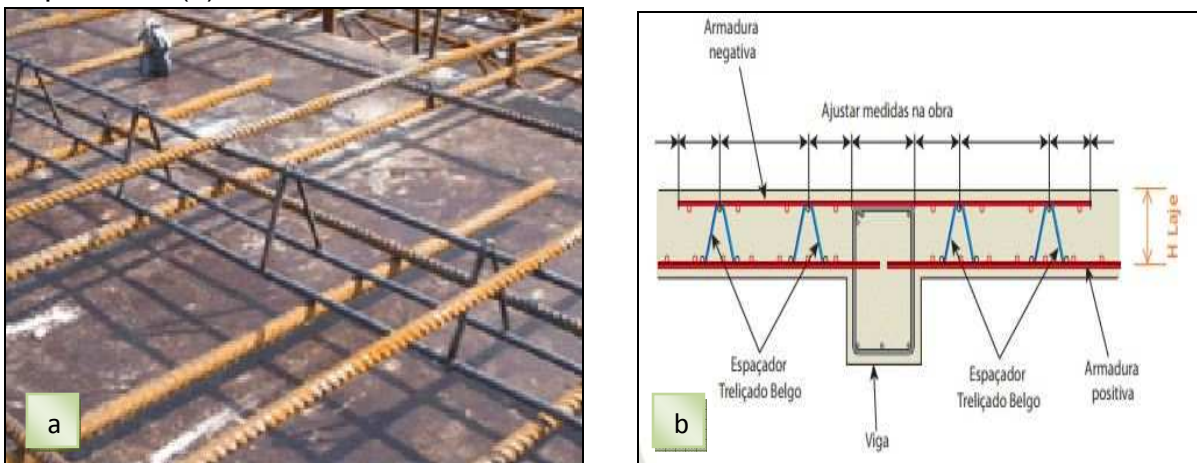
### 2.2.3.2 Cobrimento

O cobrimento insuficiente de concreto, é outro fator que provoca o surgimento de patologias nas estruturas de concreto armado. A NBR 6118 prevê valores para o

cobrimento mínimos, que podem variar de acordo com a classe de agressividade do ambiente.

Segundo o item 8.1.5.5 da NBR 14931:2003 (ABNT), o cobrimento de concreto especificado para a armadura deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores. Neste sentido a Figura 5 A, mostra o uso de espaçadores treliçados em lajes. Este dispositivo, permite posicionar as armaduras negativas das marquises na posição correta. Desse modo a figura 5 B, mostra o esquema de utilização deste dispositivo.

Figura 5 – Uso de espaçadores treliçados (a), e esquema de utilização deste dispositivos (b)



Fonte: Cofercan – Espaçadores treliçados Belgo para armaduras ( 2013, não paginado )

Os espaçadores quando empregados de maneira incorreta, tornam-se ineficazes para a finalidade de garantir o posicionamento e cobrimento adequado das armaduras no momento da concretagem. Quando isso ocorre parte da armadura pode ficar exposta gerando um problema de corrosão na armadura.

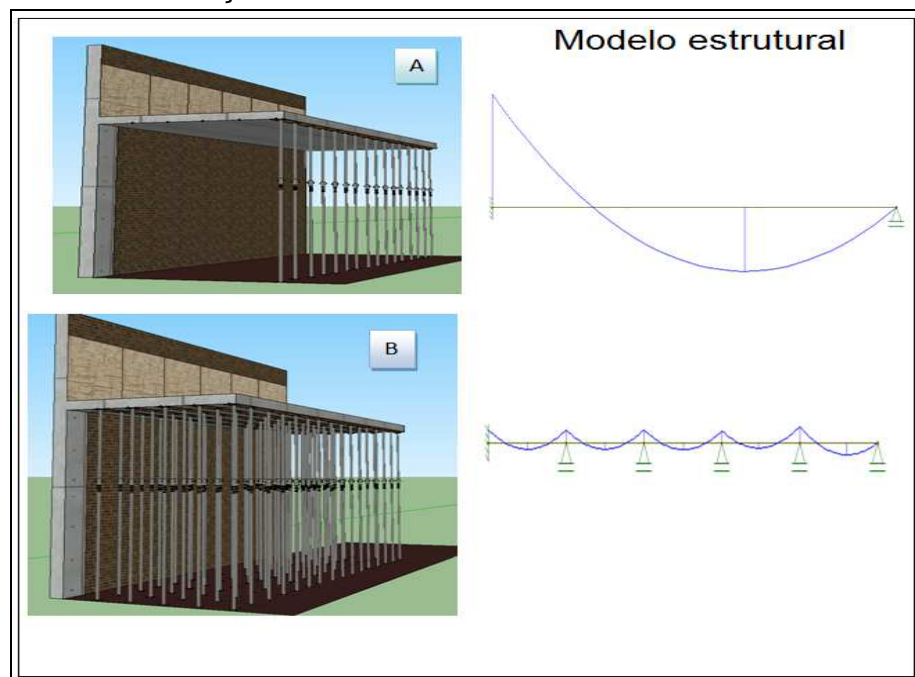
### 2.2.3.3 Escoramento Incorreto

Para Medeiros e Groshoski (2007), as lajes em balanço são escoradas normalmente, em toda a sua área inferior, e a retirada deste escoramento deve ser realizado da borda livre para o engaste, 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 execução de marquises em geral apóia-

se a ponta da marquise conforme mostra a Figura 6 A, o que leva a inversão dos momentos, e assim a marquise sofre fissuras na parte inferior. Note que a marquise recebe o escoramento incorreto, o que pode gerar uma mudança no comportamento estrutural da peça devido ao aumento do momento fletor positivo.

A forma mais correta de se realizar o escoramento de uma marquise é introduzir escoras ao longo de toda a sua extensão conforme mostra a Figura 6 B, desde sua extremidade até o engaste. Também deve ser observado com cuidado a colocação entre os pontaletes de apoio ou escoras metálicas e a laje, tábuas conhecidas como “chapuz” para minimizar o carregamento pontual. Essa forma é o correto escoramento da marquise, com pelo menos 5 apoios ao longo de sua extensão, o que diminui o momento fletor positivo, evitando o surgimento de fissuras na parte inferior do elemento estrutural.

Figura 6 – Mostra a variação de momento fletor de acordo com o escoramento



Fonte: Adaptado de Medeiros e Groshoski (2007, p.8)

#### 2.2.4 Sobrecarga

Para Medeiros e Groshoski (2007), a aplicação de cargas não previstas em projeto é muito comum em lajes e marquises antigas e pode ser tanto um fator prejudicial a sua durabilidade e estabilidade como o próprio agente causador da



ruptura destes elementos.

As sobrecargas mais frequentes em marquise são: sobreposição de camadas de impermeabilização, uso indevido, instalação de equipamentos, acesso do público, acúmulo de água e sujeira.

Muitas empresas que prestam serviço de impermeabilização tendem a tomar o caminho mais fácil para a renovação dos sistemas de impermeabilização vencidos das marquises. Ao invés de remover todo o sistema antigo juntamente com sua argamassa de proteção para só então aplicar a nova impermeabilização, instala-se o sistema novo sobre o antigo, gerando sobrecarga não prevista em projeto, (MEDEIROS E GROSHOSKI, 2007,p.6).

Segundo Medeiros e Groshoski ( 2007), a instalação de ar-condicionado e estruturas como letreiros de loja também são fontes de sobrecargas em marquises, conforme pode ser visto na Figura 7. Além disso para a fixação dessas estruturas é necessário perfurar a marquise, danificando o sistema de impermeabilização e, uma vez que isso ocorra a marquise fica exposta a umidade, podendo propiciar a formação de corrosão da armadura principal.

Figura 7 – Marquise deformada pela sobrecarga de painel publicitário.

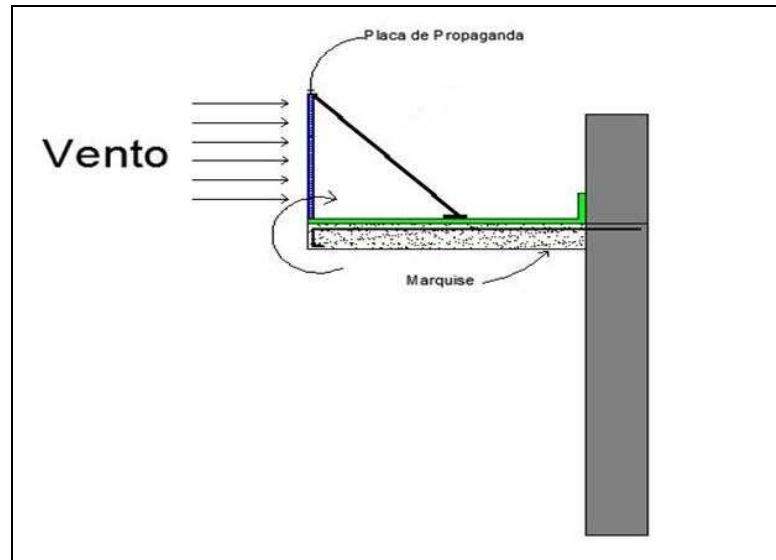


Fonte: Rizzo (2007, p.5)

É importante salientar que o esforço do vento sobre letreiros de lojas são transmitidos à marquise conforme mostra a Figura 8. De acordo Medeiros e Groshoski ( 2007), a marquise pode ter sua estabilidade ameaçada, podendo vir a ruir. Portanto, não se trata apenas de suporte ao peso da estrutura do painel, mas

também ao esforço que o vento gera no letreiro, provocando sobrecarga na marquise.

Figura 8 – Incidência do vento sobre placas de anúncio causando flexão na estrutura



Segundo Rizzo (2007) a força do vento incidindo sobre o painel de lojas é desprezado, mas veleiros são impulsionados pela força do vento, Essa mesma força que move uma embarcação pode derrubar uma marquise. É fundamental a consulta a um engenheiro civil antes de tomar a decisão de instalar qualquer peso não previsto no projeto da marquise.

Para Medeiros e Groshoski (2007), 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.

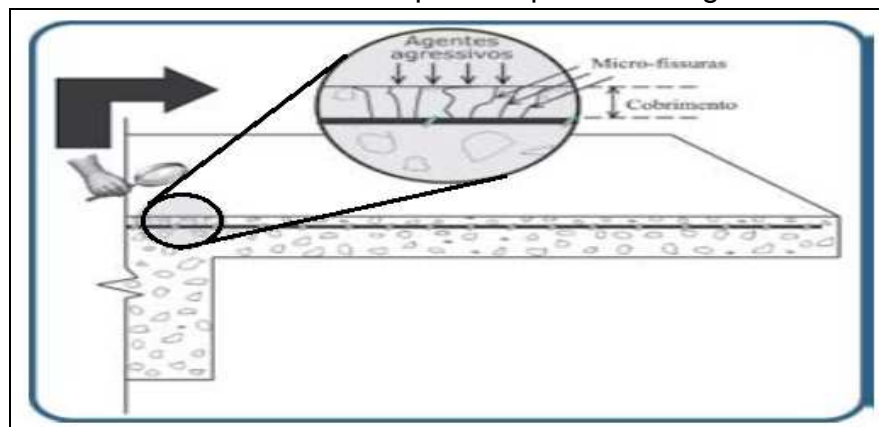
De acordo com Medeiros e Groshoski (2007), outro fator gerador de sobrecarga é o acesso do público às marquises, quando a mesma não foi projetada para esse tipo de carregamento. Essa ocorrência é bem comum em regiões onde o carnaval de rua é tradição. As marquises são usadas como camarotes, onde ficam várias pessoas pulando e dançando sobre a estrutura, o que pode levar a estrutura a apresentar sérios problemas de estabilidade, podendo chegar ao colapso.

Segundo Vasconcelos e Bortoluzzi (2010), vale lembrar que a falta de informações técnicas por parte dos moradores, gera sobrecarga em marquises como sacadas, por uso indevido. Pode-se citar como exemplo, o uso que os moradores de edifícios residenciais dão às sacadas de seus apartamentos, utilizando-as praticamente como uma extensão de seus apartamentos, colocando sobre estas estruturas, móveis e todo o tipo de cargas concentradas.

### 2.2.5 Corrosão

A corrosão da armadura de marquises é um problema patológico que ocorre devido à micro-fissuras na parte superior do engaste conforme mostra a Figura 9. Podem ter origem devido a falhas de projeto, execução, uso indevido ou até mesmo por falta de manutenção. Essas fissuras permitem a passagem de umidade e agentes agressivos que tendem a acelerar o processo de corrosão.

Figura 9 – Detalhamento de fissuras na parte superior do engaste de marquises



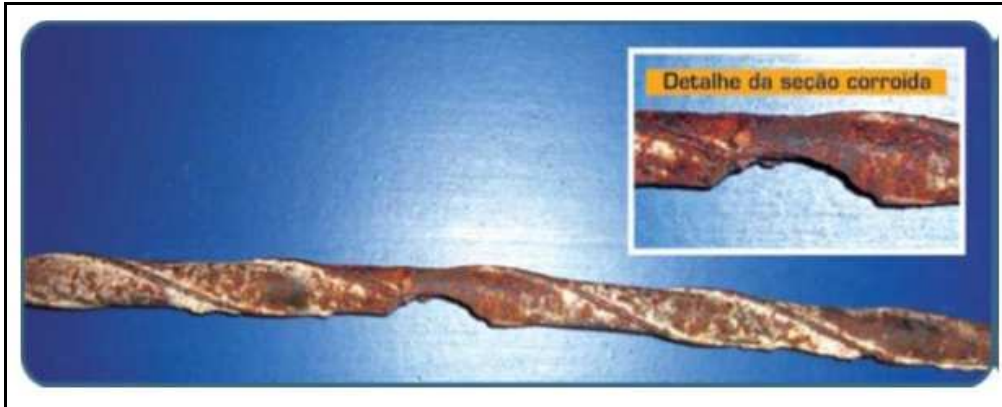
Fonte: Medeiros e Groshoski (2007, p.6)

Geralmente a falta de manutenção do sistema de impermeabilização permite o acesso de agentes agressivos como ions cloretos e poluentes atmosféricos à estrutura.

O acesso de um ou alguns destes produtos a esta região de concreto micro-fissurado resulta no seu contato com as armaduras trazendo como consequência a sua despassivação. Como é comum a ocorrência de ciclos de molhamento e secagem nesta área, o micro-clima configurado é muito favorável ao desenvolvimento do processo de corrosão de armaduras de aço, de forma acelerada, (MEDEIROS E GROSHOSKI, 2007, p.5).

O aço fragiliza-se localmente na seção da fissura onde está corroído conforme mostra a Figura 10, e rompe-se sem aviso prévio.

Figura 10 – Armadura com corrosão localizada. Neste trecho da corrosão a estrutura apresentava uma fissura.

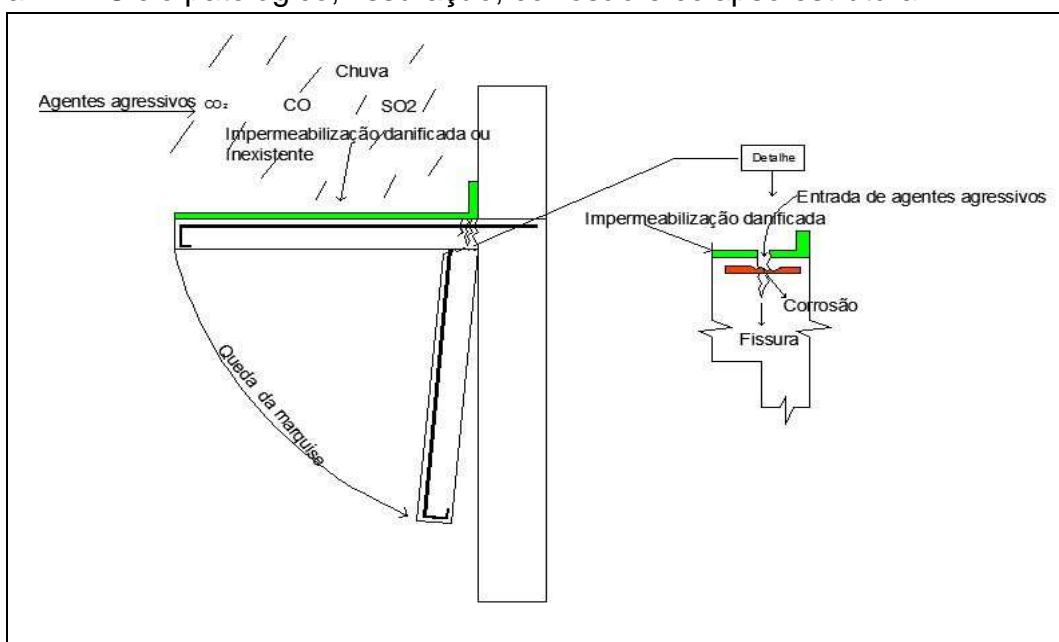


Fonte: Medeiros e Groshoski (2007, p.6)

De acordo com Helene (2003), para tentar minimizar os efeitos desse fenômeno nas estruturas em balanço pode-se fazer uso de materiais mais resistentes a corrosão, como o aço inoxidável ou armadura galvanizada.

Na Figura 11 temos um exemplo esquemático de fissuração do concreto, penetração de agentes agressivos, corrosão da armadura e queda da marquise.

Figura 11 – Ciclo patológico, fissuração, corrosão e colapso estrutural



Fonte: Adaptado de Vasconcelos e Bortoluzzi (2010, p.26)

### **2.2.6 Manutenção de Marquises**

Segundo Pujadas (2006), para evitar prejuízos à estrutura da marquise, estas necessitam de cuidados durante o seu período de uso. É importante salientar que a falta de manutenção e conservação das marquises e dos sistemas nelas aplicados como impermeabilização e captação de águas pluviais, são responsáveis pela maioria dos problemas patológicos presentes nestas estruturas.

Para Pujadas (2006), sem os procedimentos de manutenção necessários, as marquises apresentam inevitavelmente, com o passar dos anos, problemas crônicos de infiltrações, acelerando a deterioração e corrosão das armaduras, além do aparecimento de fissurações e deslocamentos de concreto.

Segundo Jordy e Mendes (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 e Viação. 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 profissional, engenheiro ou arquiteto, responsável pela vistoria.

### 3 METODOLOGIA

A escolha da região central, para a realização deste trabalho, deve-se ao fato de haver concentração de lojas e prédios comerciais, que possuem marquises em sua fachada, onde circulam várias pessoas por dia. Através deste trabalho foi possível identificar problemas nas marquises que podem contribuir para o comprometimento da segurança destas estruturas em balanço. O Quadro 1 mostra a localização das marquises e sacadas escolhidas para a realização deste trabalho.

Quadro 1 – Endereço das marquises vistoriadas

Marquises Vistoriadas			
Endereço	Identificação	Endereço	Identificação
Gaspar Martins nº 31	M1	Rua Barão do Cerro Largo nº 1054	S13
Gaspar Martins nº 75	M2	AV. Assis Brasil nº 320	M14
Gaspar Martins nº 187	M3	AV. Assis Brasil nº 220	M15
Gaspar Martins nº 309	S4	Rua General Neto nº 63	M16
Gaspar Martins nº 38	S5	B. Cerro Largo nº 1161	M17
Gaspar Martins nº 136	M6	Rua Venâncio Aires nº 458	M18
Gaspar Martins nº 158	M7	Rua Gaspar Martins nº	M19
Gaspar Martins nº 284	S8	Rua Venâncio Aires nº 279	S20
Gaspar Martins nº 322	M9	Rua General Neto nº 94,96	M21
Gaspar Martins nº 364	S10	Rua demétrio Ribeiro	M22
Gaspar Martins nº 378	S11	Rua Andradas nº 498	M23
Gaspar Martins nº 93	M12	Rua Vasco Alves nº 68	M24
		Rua Barão do Amazonas nº 30	S25

Legenda M = Marquise de proteção S = Marquise como Sacada

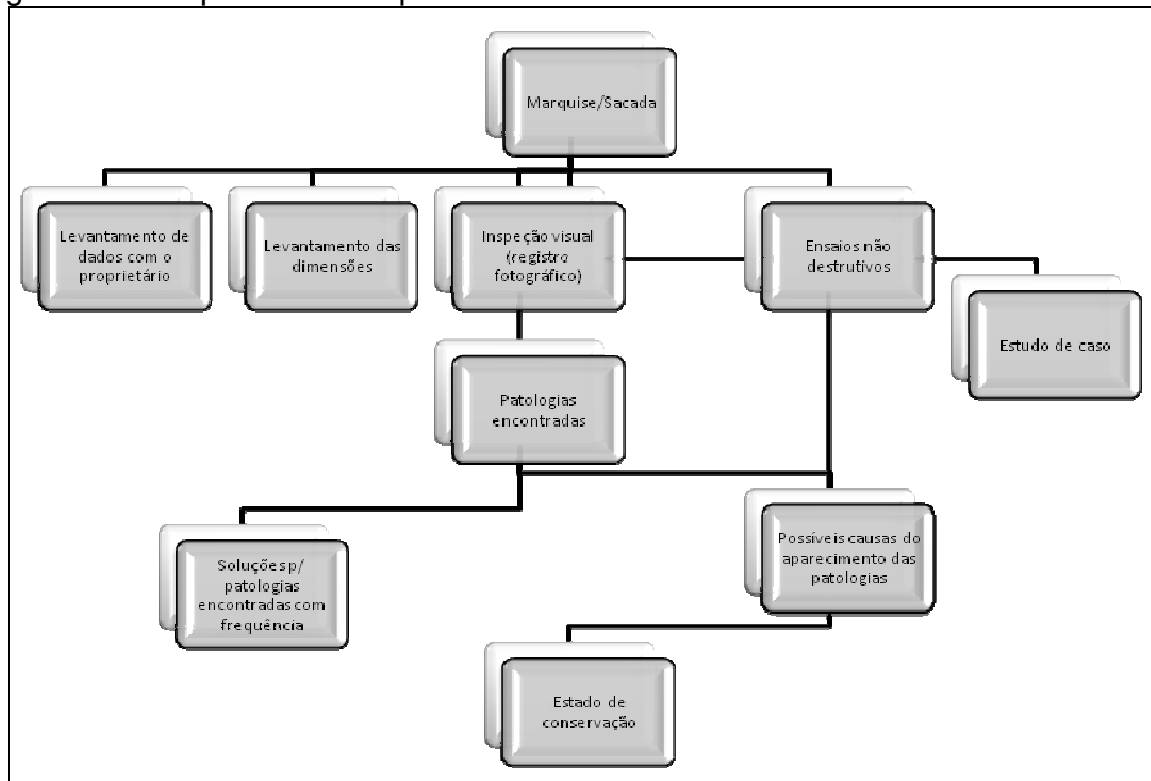
Para avaliar o estado de conservação das marquises, foi necessário analisar os seguintes itens: levantamento do estado da impermeabilização, estado do sistema de drenagem, estado de fissuração e de deformação da estrutura, avaliação do cobrimento das armaduras, determinação da resistência mecânica do concreto e retro análise de uma marquise.

#### 3.1 Inspeção das marquises na parte central da cidade de Alegrete

Para avaliar as marquises, foi realizada uma análise dos elementos estruturais, através de informações sobre a estrutura, dimensões e inspeção visual com registro fotográfico, a fim de identificar o estado de deterioração do elemento. Após esta análise, realizaram-se ensaios não destrutivos de pacometria e esclerometria em algumas marquises.

A Figura 12 mostra a seqüência dos procedimentos metodológicos realizados neste trabalho.

Figura 12 – Sequência de etapas realizadas neste trabalho



Foi realizado o levantamento de informações pertinentes ao imóvel, tais como reformas realizadas, responsável técnico, incidentes ocorridos durante a construção.

A obtenção do projeto estrutural dos imóveis inspecionados tornou-se uma tarefa sem sucesso, devido a maioria dos imóveis serem muito antigos e atualmente a maior parte dessas edificações são alugadas a terceiros. Desta forma, restou apenas informações referentes a reparos ou reformas, em alguns casos.

Para a realização das inspeções adotou-se os níveis citados na literatura de Filho (2003).

Nível 1 – Inspeção para a identificação das patologias aparentes;

Nível 2 – Inspeção para a identificação de patologias aparentes verificadas com o auxílio de equipamentos;

Nível 3 – Inspeção para a identificação de patologias aparentes, e das ocultas identificadas com o auxílio de equipamentos, incluindo testes e ensaios locais e/ou laboratoriais específicos;

Antes de iniciar a inspeção visual nas marquises, foi realizado o levantamento da espessura média, comprimento e largura da laje, constituindo o levantamento geométrico.

Após realizar as medições, deu-se início as inspeções visuais, que foram realizadas para identificar as patologias aparentes em 25 marquises localizadas na parte central da cidade de Alegrete, onde há circulação intensa de pedestres durante o dia, com o objetivo de fazer um levantamento de todas as patologias encontradas na estrutura, documentando através de fotos, e o preenchimento do formulário, que é apresentado nos Apêndice A e B. Durante este procedimento buscou-se identificar as patologias presentes nas marquises que pudessem indicar futuros problemas ligados a estabilidade nessas estruturas, tais como: fissuras paralelas ao engaste (laje), fissuras na alvenaria, fissuras perpendiculares ao engaste (laje), fissuras aleatórias (laje), trincas transversais, trincas longitudinais, carbonatação do concreto, desagregação do concreto, exposição de armadura, sinais de infiltração, manchas de mofo/umidade, flecha, corrosão da armadura (manchas de corrosão), parte solta. Também foi identificado fatores que causam deterioração das marquises tais como: perfuração na laje, sistema de drenagem obstruído ou inexistente, ausência de detalhes construtivos, sobrecarga na laje, ausência de manutenção periódica ou manutenção muito antiga.

Para realizar os serviços de medição e inspeção visual, nas marquises, utilizaram-se os seguintes materiais e equipamentos:

- Equipamentos de acesso: escada, cavalete;
- Trena metálica de 5m;
- Máquina fotográfica;
- Formulário descrito no Apêndice A e B, para preenchimento dos problemas encontrados na estrutura;



### **3.2 Ensaios não destrutivos**

Nesta etapa do trabalho optou-se por realizar os ensaios de pacometria e esclerometria, apenas nas marquises de proteção, pois as marquises como sacadas, possuíam revestimento cerâmico na parte superior da laje, o que dificulta a realização do ensaio de esclerometria, devido ao revestimento cerâmico alterar o resultado do ensaio.

Para a realização dos ensaios não destrutivos foi elaborado um plano de trabalho, com base em informações obtidas na inspeção visual. O mesmo, contém a situação de acesso até a marquise (necessidade de equipamentos auxiliares para o acesso), os pontos a serem examinados, e ensaios a serem conduzidos. O plano de trabalho seguiu os seguintes itens:

- 1) avaliação da necessidade de equipamentos auxiliares como ferramentas, e meios de acesso;
- 3) escolha de três áreas distintas da marquise para realizar os ensaios, e número de ensaios a efetuar;

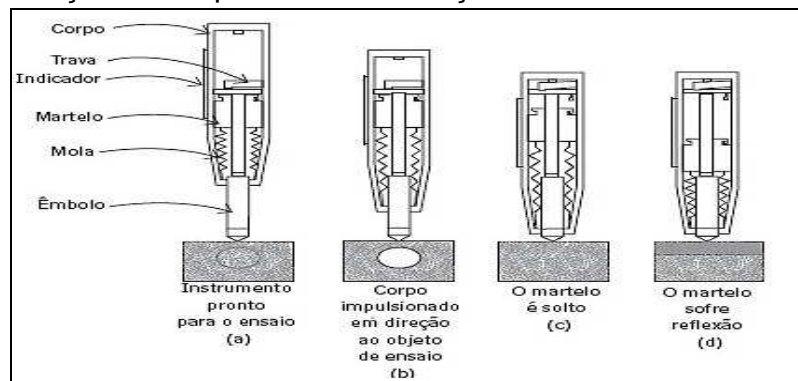
Assim, esses passos foram seguidos para a avaliação das marquises com os ensaios não destrutivos. Os equipamentos utilizados para os ensaios são: Esclerômetro e pacômetro, que são apresentados nos itens 3.2.1 e 3.2.2

#### **3.2.1 Esclerometria**

De acordo com a NBR 7584 (1995), ensaio esclerométrico pode ser definido como um ensaio não-destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, e através de correlações pode-se estimar também a resistência à compressão, fornecendo elementos para a avaliação da qualidade do concreto endurecido.

O ensaio de esclerometria, consiste em comprimir a mola do aparelho contra uma superfície do concreto. Quando se solta a mola, a massa sofre rebote ao se chocar contra o pistão, ainda em contato com o concreto, como mostra a Figura 13, e a distância percorrida pela massa no retorno, em porcentagem da deformação inicial, é denominada índice esclerométrico.

Figura 13 – Ilustração da sequência de execução do ensaio de esclerometria



Fonte: Revista Técnica - Métodos de ensaios não destrutivos para estruturas de concreto ( 2012, não paginado )

### 3.2.1.1 Avaliação da resistência à compressão

Para a realização do ensaio, foi utilizado um aparelho esclerométrico de reflexão schmidt marca Controls Milano, conforme mostra a Figura 14 a.

Para dar início ao ensaio esclerométrico em algumas marquises, foi necessário realizar a aferição do equipamento, empregando-se para tal uma bigorna de aço padrão, conforme mostra a Figura 14 b. Foram efetuadas 10 leituras na bigorna de aço, sendo o aparelho considerado apto para uso, uma vez que nenhuma das leituras situou-se fora do intervalo  $(80 \pm 3)$  estabelecido pela NBR 7584 (1995). Após as 10 leituras, foi calculado o coeficiente de correção (K) e aplicado aos valores do índice esclerométrico (IE) obtidos no ensaio. O Quadro 2 mostra os valores obtidos durante a aferição do esclerômetro.

Figura 14 – Esclerometro utilizado para o ensaio (a). Aferição do esclerometro com a bigorna de aço (b)



(a)



(b)

Quadro 2 – Valores do índice esclerométrico, obtidos na aferição do equipamento

1ª Aferição do Esclerômetro					
L1	80,8	L5	80,9	L9	80,7
L2	80,2	L6	81,7	L10	81,8
L3	80,6	L7	80,5	Soma	809,5
L4	81,5	L8	80,8	Média	80,95
Valor de K = 0,99					

L1 a L10 – Leituras efetuadas na bigorna de aço

K – Coeficiente de correção, calculado conforme expressão abaixo

$$K = \frac{n \cdot IEnom}{\sum_{i=1}^n IEi} \quad (1)$$

n – número de impactos (10)

$IEnom$  – índice esclerométrico nominal do aparelho na bigorna de aço fornecido pelo fabricante (80)

$IEi$  – índice esclerométrico (IE), obtido de cada impacto na bigorna de aço

Antes da execução do ensaio, alguns requisitos são importantes para evitar interferência nos resultados, tais como:

- a área de ensaio foi preparada por meio de polimento com lixa aplicando movimentos circulares. Toda a poeira e pó superficial foram removidos a seco com vassoura;
- as áreas de ensaio foram posicionadas a uma distância no mínimo de 50mm dos cantos e arestas das marquises;

Após atender aos requisitos, foi realizado o ensaio esclerométrico 9 vezes em três diferentes pontos das marquises como mostra a Figura 15.

A escolha do tamanho das áreas para ensaio (90mmx90mm), foi baseada nas dimensões mínimas citadas na NBR 7584/1995.

Figura 15 – Visualização típica das áreas ensaiadas nas marquises.



As áreas ensaiadas, estão distanciadas entre si ( $L/2 - 100\text{mm}$ ), partindo do eixo da área 1, conforme pode ser visto na Figura 16. Todas as aplicações de golpes com o esclerômetro foram realizadas na posição vertical conforme mostra a Figura 17.

Figura 16 – Esquema da realização dos ensaios nas marquises

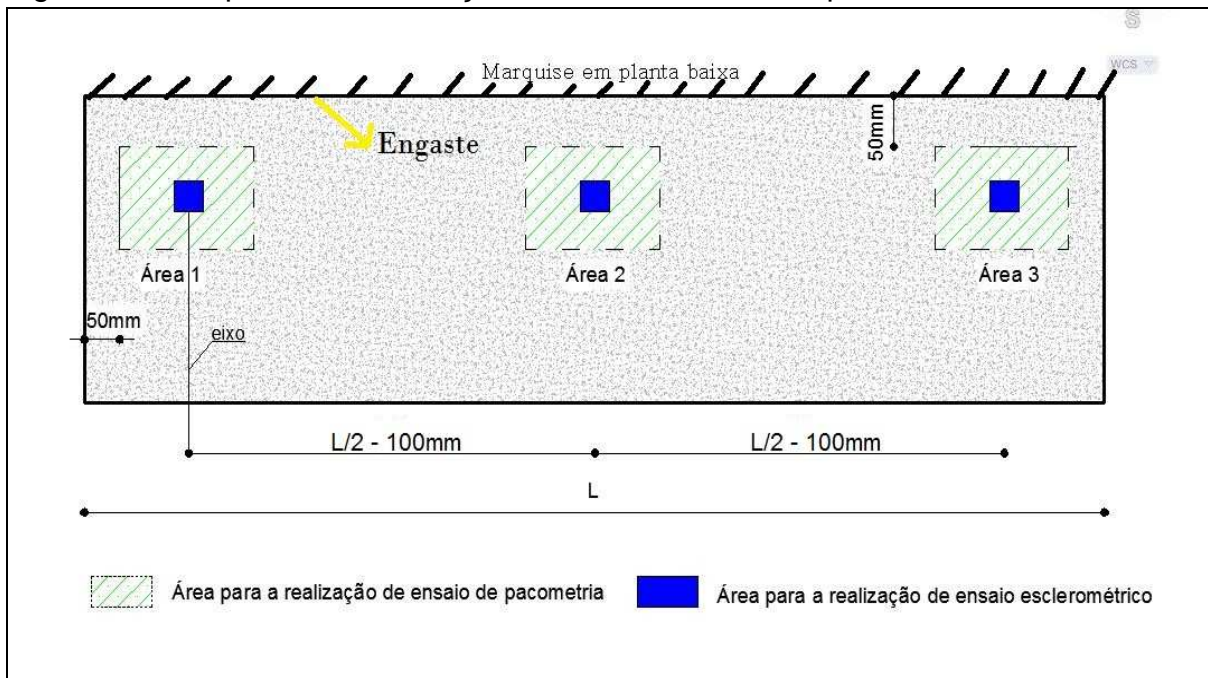
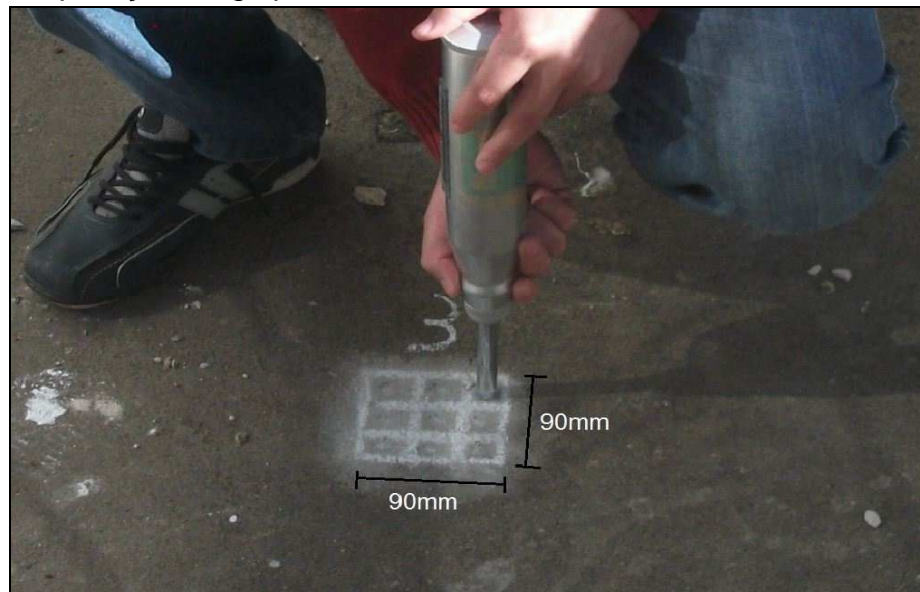


Figura 17 – Aplicação de golpes com o esclerometro na vertical



Após as 9 medições, obteve-se a média aritmética destes valores e efetuou-se, quando necessário, o descarte dos valores considerados não válidos, ou seja, aqueles que apresentam desvio-padrão maior que 10% do valor médio obtido. Caso fosse feito o descarte de um ou mais valores, uma nova média foi calculada com os valores restantes, repetindo-se o processo até que restassem somente os valores válidos. Deve-se ressaltar que o ensaio em uma determinada área, era considerado válido se houvesse pelo menos 5 valores válidos, conforme especifica a NBR 7584/1995. Uma vez obtido o valor de IE (valor da última média obtida) de cada área, calculava-se o valor de IE efetivo, de cada área isoladamente, multiplicando-se IE por K.

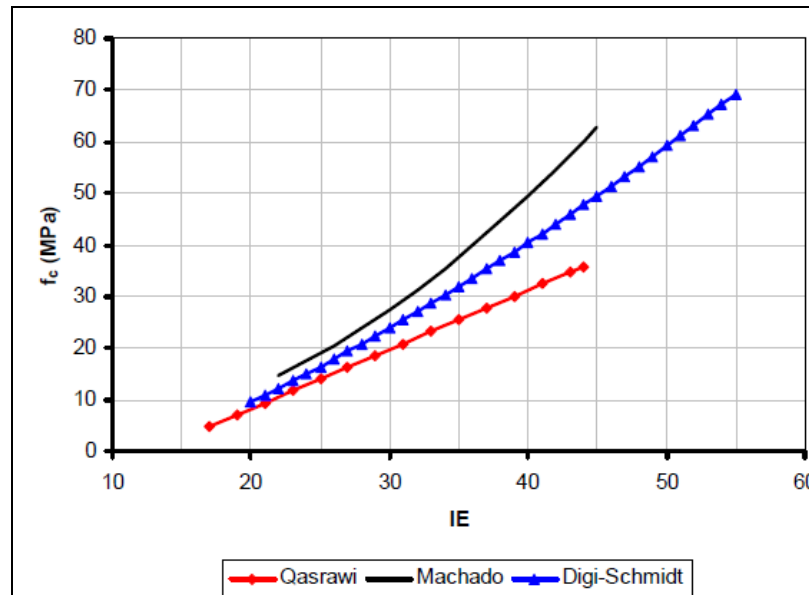
Com posse no IE efetivo médio das três áreas, utilizou-se uma curva que correlaciona graficamente o Índice Esclerométrico com a respectiva resistência à compressão do concreto. A curva utilizada para fazer a correlação entre índice esclerométrico e a resistência à compressão do concreto é de Machado (2005). Conforme pode ser visto na Figura 18.

Optou-se por utilizar as curvas de correlação montadas com base em materiais extraídos do Rio de Janeiro, pois não foi encontrado nenhum estudo de curvas para materiais da região do Rio Grande do Sul.

Machado realizou estudo em 2005, para montar curvas de correlação, conforme pode ser visto na Figura 18, para ensaios esclerométricos, apenas com materiais extraídos na região do Rio de Janeiro, o que permite chegar a valores de

$f_c$  (resistência à compressão do concreto), mais próximos da realidade dos materiais. Para a obtenção das curvas de correlação Machado, utilizou os procedimentos metodológicos e recomendações da norma NM 78 (1996).

Figura 18 – Curva utilizada para estimar a resistência do concreto à compressão

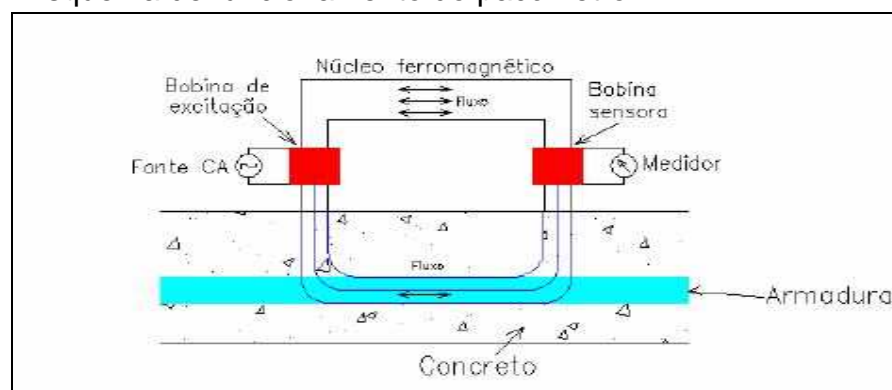


Fonte: Machado (2005, p.181)

### 3.2.2 Pacometria

É um ensaio que permite através do eletromagnetismo, conforme mostra a Figura 19, a identificação das armaduras quanto a sua posição, quantidade e diâmetro, bem como o cobrimento de concreto.

Figura 19 – Esquema de funcionamento do pacômetro



Fonte: Carmo (2009, p.55)

Modelos comerciais existentes no mercado têm critérios de análise dos resultados para a localização das armaduras e determinação da espessura de cobertura diferentes, assim como seu funcionamento

Para a realização deste ensaio foi utilizado o pacômetro da marca Controls Milano, modelo 58 – E6102, conforme pode ser visto na Figura 20.

Figura 20 – Pacômetro utilizado para o ensaio

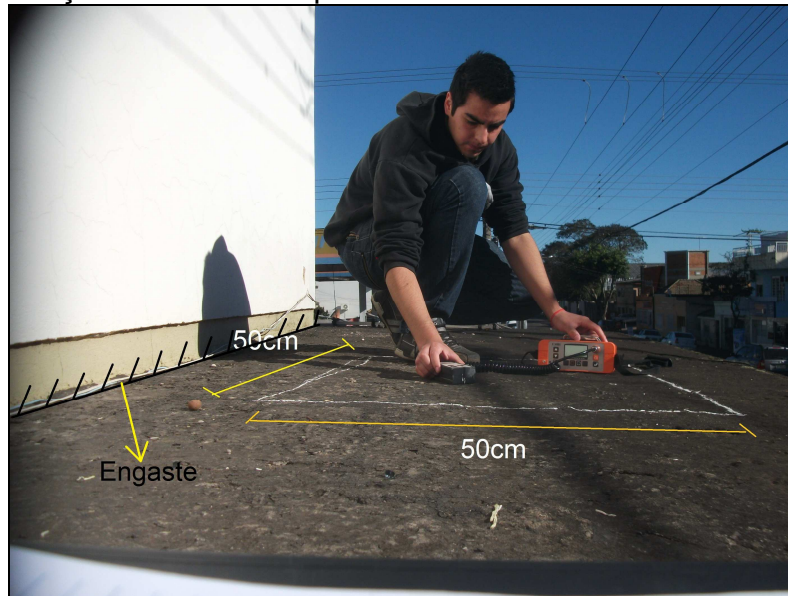


Antes de iniciar o ensaio, foram realizados alguns ajustes no pacômetro, da seguinte forma:

- definição da unidade de milímetros para o cobertura do concreto;
- definição do diâmetro da armadura de 12mm para a realização dos ensaios nas estruturas, conforme orientação do fabricante;

Após realizar o ajuste do aparelho e escolher as áreas (dimensões de 50cm x 50cm), deu-se início ao ensaio que consiste em percorrer com a sonda, os pontos previamente marcados conforme mostra a Figura 21. Identificando através de sinal sonoro, a existência de armadura nas proximidades do ponto, fazendo-se então a leitura do cobertura da armadura.

Figura 21 – Execução do ensaio de pacometria



### 3.3 Classificação do estado de conservação das marquises

Para avaliar o estado de conservação das marquises, analisou-se um conjunto de informações de cada estrutura, contendo as patologias encontradas durante inspeção visual e seu grau de urgência, resultado dos ensaios não destrutivos e informações referentes a marquise.

Segundo Filho (2003), as patologias recebem uma classificação, quanto ao grau de urgência, baseada nos limites e níveis de inspeção realizada.

- Crítico – Risco iminente a segurança;
- Regular – Risco a funcionalidade;
- Mínimo – Risco de desvalorização precoce;

Assim, o estado de conservação das marquises foi classificado de acordo com as divisões sugeridas por Filho (2003).

- Crítico: quando a marquise contém patologias classificadas com grau de urgência crítico; (sem condições de uso). Marquises que apresentaram problemas nos ensaios.



- Regular: quando as marquises contem 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 através de ensaios.
- Satisfatório: Marquises que embora apresentem alguma patologia evidente visualmente, não apresentem problemas em nenhum dos ensaios realizados; (situação normal).

### **3.4 Estudo de Caso**

Com posse nos resultados obtidos nas etapas de inspeção visual e ensaios não destrutivos, foi escolhida uma marquise para realizar retro análise, a fim de avaliar o dimensionamento desta estrutura e compará-la com um novo dimensionamento projetado de acordo com critérios de durabilidade e vida útil propostos pela NBR 6118 (ABNT,2003).

Para realizar a retro análise da marquise escolhida, foi necessário reunir os seguintes dados: dimensões da estrutura, diâmetro e espaçamento horizontal das barras de aço, espessura de cobrimento e qualidade do concreto. Com base nestes dados foi possível determinar a área de aço, utilizada para o dimensionamento da marquise.

A NBR 6118 (ABNT,2003), estabelece alguns parâmetros mínimos que devem ser atendidos, visando garantir a durabilidade e vida útil das estruturas de concreto, dentre elas destacam-se a espessura de cobrimento mínima e qualidade do concreto, ambos escolhidos de acordo com a agressividade do ambiente, conforme pode ser visto nas Figuras 22 e 23.

Figura 22 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação Água/cimento massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de Concreto (NBR 8953)	CA	≤ C20	≤ C25	≤ C30	≤ C40
	CP	≤ C25	≤ C30	≤ C35	≤ C40
NOTAS 1 - CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 2 - CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003, p. 28)

Figura 23 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje(2)	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido(1)	Todos	30	35	45	55
1) Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão. 2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamentos tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 3.7.4, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm. 3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.					

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003, p. 29)

Visando atender aos parâmetros mínimos exigidos pela norma, foi realizado um novo dimensionamento da marquise escolhida para este estudo de caso.

De posse dos resultados da retro análise e o novo dimensionamento, foi realizado uma comparação, a fim de avaliar o antigo dimensionamento da marquise.

#### **4 Discussão e análise dos resultados**

Durante as inspeções visuais, foi possível encontrar as patologias ligadas principalmente a falta de manutenção, mas também devido ao descaso ou falta de informação do funcionamento e importância da estrutura por parte dos moradores, que em muitas situações geram sobrecarga na estrutura devido a implantação de letreiros de lojas e também de sistemas de refrigeração. Foi encontrado também algumas perfurações nas lajes destas estruturas, o que futuramente pode provocar instabilidade devido a corrosão das armaduras, causada pela infiltração de água.

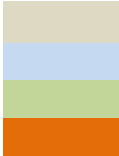
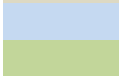


As patologias e as possíveis causas de formação, identificadas durante a inspeção visual nas marquises podem ser vistas nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Patologias e possíveis causas de formação

Patologias	Nome das marquises											
	M1	M2	M3	S4	S5	M6	M7	S8	M9	S10	S11	M12
Fissuras paralelas ao engaste (laje)	—	x	x	—	x	x	x	—	—	x	x	x
Fissuras na alvenaria(para peito das sacadas)	—	—	—	—	x	—	—	x	—	—	x	—
Fissuras perpendiculares ao engaste (laje)	—	—	—	—	x	—	—	—	—	x	—	—
Fissuras Aleatórias (laje)	—	x	x	x	x	—	—	—	x	—	—	x
Trincas Transversais(laje)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x
Trincas Longitudinais(laje)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbonatação do Concreto	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Desplacamento do Concreto	—	x	x	—	—	x	x	x	—	—	—	x
Exposição de Armadura	—	—	x	x	—	—	—	—	—	—	—	—
Infiltração	x	x	—	—	x	x	—	x	x	x	x	x
Manchas de mofo/umidade	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—
Flecha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Corrosão da armadura	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Parte solta	—	—	x	x	—	x	—	x	—	x	—	—
<b>Causas</b>	S,P	S,P,M	D,S,P,O,M	Q	S	M,C	S	P,E,M	S,P	S,M,O	S,M,O	S,P,C,M

Legenda:

D - Ausência de detalhes construtivos  
S - Sobrecarga  
P - Perfuração na laje  
O - Sistema de drenagem obstruído ou inexistente  
M - Ausência de manutenção periódica ou manutenção muito antiga  
E - Falhas de execução  
Q - Falhas devido a má qualidade dos Materiais  
C - Falhas na concepção do projeto


Fissuras na parte superior da laje  

Fissuras na parte inferior da laje  

Fissuras na parte superior e inferior da laje  

Marquises que receberam ensaios não destrutivos

Quadro 4 – Patologias e possíveis causas de formação

Patologias	Nome das marquises												
	S13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	S20	M21	M22	M23	M24	S25
Fissuras paralelas ao engaste (laje)	x	x	x	x	x	x	x	—	x	—	x	x	—
Fissuras na alvenaria(para peito das sacadas)	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fissuras perpendiculares ao engaste (laje)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x	—	—	—
Fissuras Aleatórias (laje)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x	—	—
Trincas Transversais( laje)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trincas Longitudinais(laje)	—	—	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—	—
Carbonatação do Concreto	—	—	—	x	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Deslocamento do Concreto	x	—	—	x	—	—	x	x	—	x	—	—	—
Exposição de Armadura	—	—	—	x	x	—	—	—	—	—	—	—	x
Sinais de Infiltração	x	—	—	—	x	x	x	—	x	x	—	x	x
Manchas de mofo/umidade	x	x	x	x	x	x	x	x	x	—	—	—	x
Flecha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Corrosão da armadura	—	—	—	x	x	—	—	—	—	—	—	—	—
Parte solta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	x	x
<b>Causas</b>	E,P,M	S,O,M	P,M	P,M	E,M	P,C	M,S,P	S,D,M	S,M,P	P,M	S	P,C	M,Q,E

Legenda:

D - Ausência de detalhes construtivos

S - Sobrecarga

P - Perfuração na laje

O - Sistema de drenagem obstruído ou inexistente

M - Ausência de manutenção periódica ou manutenção muito antiga

E - Falhas de execução

Q - Falhas devido a má qualidade dos Materiais

C - Falhas na concepção do projeto

Fissuras na parte superior da laje

Fissuras na parte inferior da laje

Fissuras na parte superior e inferior da laje

Marquises que receberam ensaios não destrutivos

Com base no Quadro 3 foi possível identificar que as marquises estão bastante suscetíveis à deterioração, pois apresentam fissuras, trincas e manchas escuras de mofo. Também foram encontradas armaduras expostas, devido ao deslocamento do concreto. Grande parte das patologias encontradas durante as inspeções tem ligação direta com a falta de manutenção nestas estruturas.

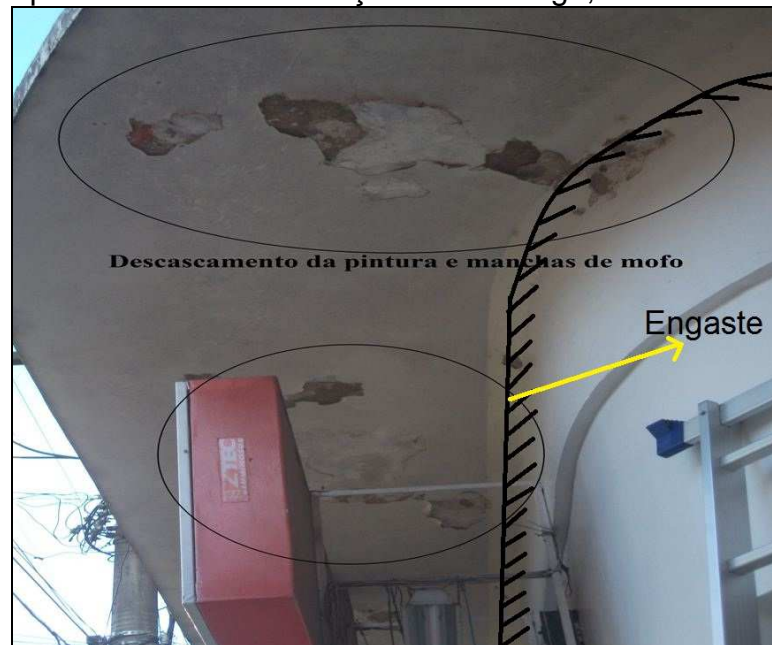
Os resultados das inspeções visuais, só reforçam o que alguns autores relatam em seus trabalhos, que os principais fatores que levam ao aparecimento de agentes patológicos nas estruturas em balanço estão ligados a: “manutenção inexistente ou inadequada, sobrecargas aparentemente não previstas no projeto original, erros de concepção ou projeto, erros durante a execução” ( RIZZO, 2008; MEDEIROS E GROCHOSKI, 2007; SOUZA E RIPPER, 1998).

Nas Figuras 24, 25, 26 é possível visualizar exemplos de estruturas inspecionadas na parte central da cidade de Alegrete, com sobrecarga (Figura 24), manutenção muito antiga (Figura 25) e também estruturas com erros de projeto ou execução (Figura 26)

Figura 24 – Marquise M23 com sobrecarga do sistema de refrigeração

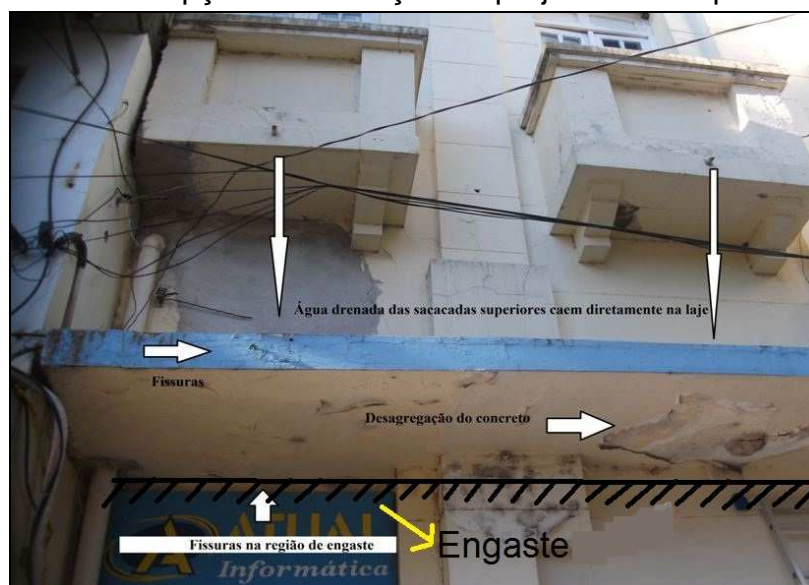


Figura 25 – Marquise M6 com manutenção muito antiga, mais de 50 anos



A marquise M3, mostrada na Figura 26, apresenta erro na concepção do projeto ou erro na execução, pois esta estrutura não possui caimento para a drenagem da água da chuva. Para agravar essa situação, duas marquises como sacadas, localizadas acima da marquise M3, drenam a água da chuva diretamente para a laje superior da marquise, conforme pode ser visto na Figura 26, o que gera acúmulo de água na laje, ocasionando muita umidade na estrutura.

Figura 26 – Erro na concepção ou execução do projeto da marquise M3



O gráfico 1, apresenta as ocorrências das patologias nas marquises analisadas através da inspeção visual. Estão descritos no gráfico, as patologias mais comuns encontradas nestas estruturas.

As possíveis causas de formação das patologias e sua ocorrência, estão representadas no gráfico 2.

Gráfico 1 – Ocorrência das patologias em marquises %

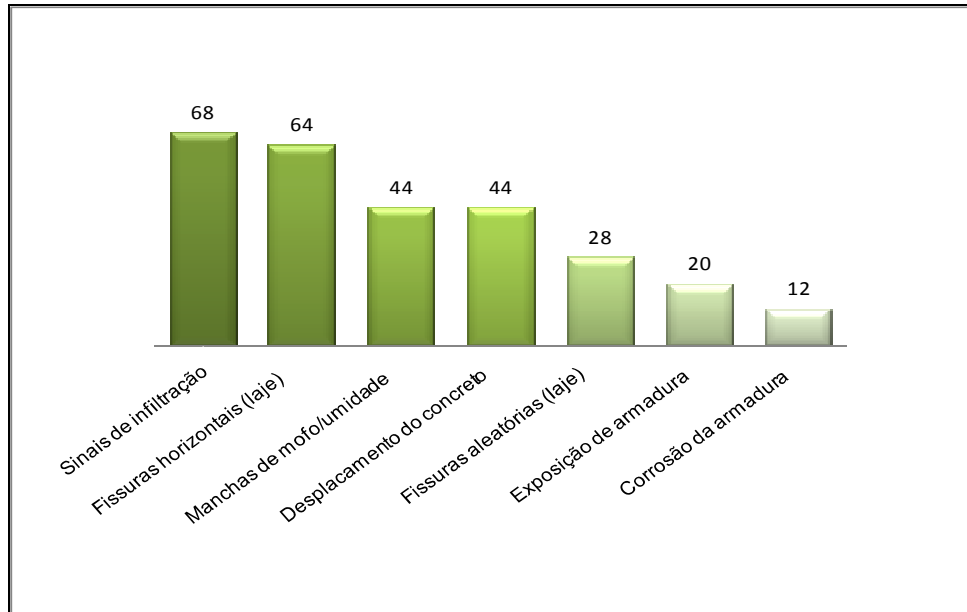
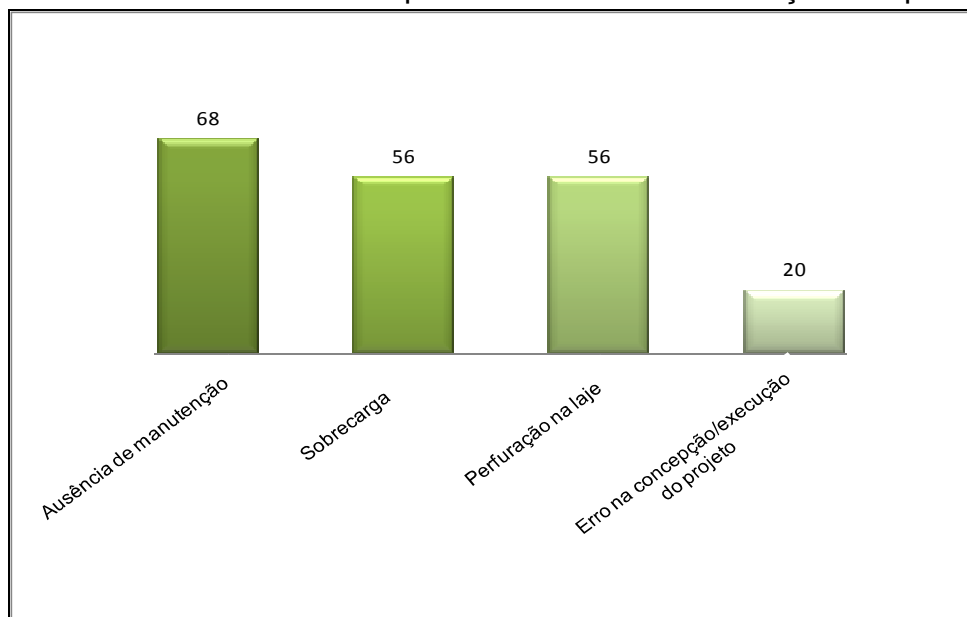


Gráfico 2 – Ocorrência das possíveis causas de formação das patologias %





Analisando os Gráficos 1 e 2, é possível concluir que o alto índice de sinais infiltração apresentado, de 68% das marquises, é potencializada devido a perfurações nas lajes, com ocorrência de 56%. Essas perfurações foram realizadas para a passagem de tubos de sistema de refrigeração, fixação de letreiros de lojas e fixação de luminárias. A figura 27 mostra um exemplo de perfuração na laje da marquise M2. Essas perfurações nas lajes acabam danificando o sistema de impermeabilização, o que permite a passagem da água para o interior da estrutura da marquise.

Figura 27 – Perfuração na laje da marquise M2

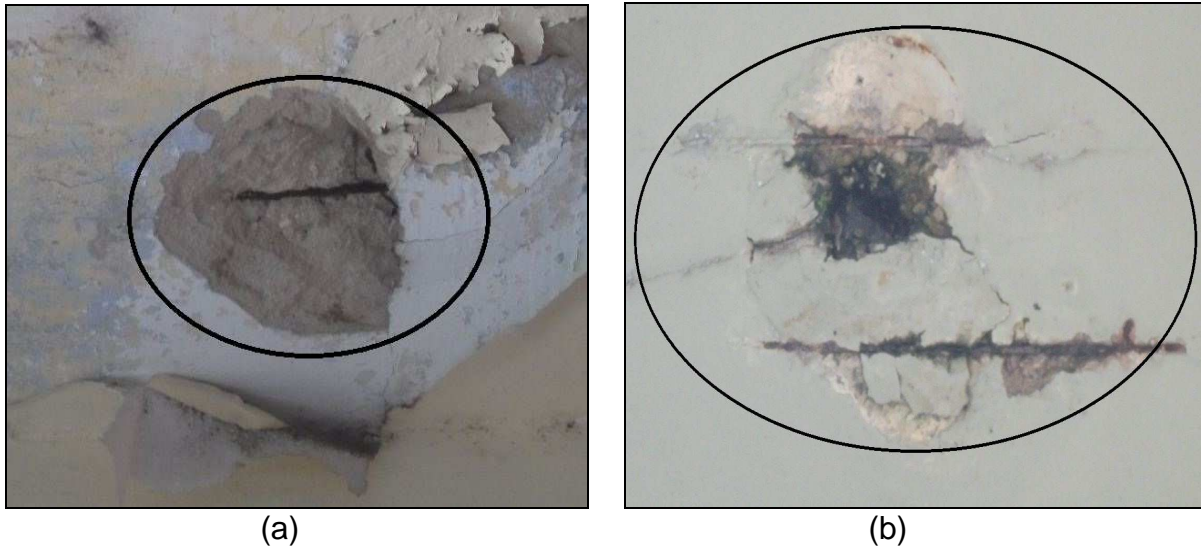


Também é possível afirmar com base nos gráficos 1 e 2, que a ocorrência de fissuras paralelas ao engaste na laje (64%), pode estar relacionada com o alto índice de sobrecarga nas estruturas, com 56% de ocorrência, provocados pela instalação de sistemas de refrigeração e placas publicitárias das lojas.

O deslocamento do concreto com ocorrência de 44%, pode ser indicio de corrosão das armaduras, com 12% de ocorrência, pois uma vez instalado o processo corrosivo, ocorre a expansão da dimensão do aço que pode chegar a volumes de 3 a 10 vezes superiores ao diâmetro original da armadura, o que gera tensões internas de tração no concreto, e provoca o deslocamento. Em algumas marquises esse deslocamento gerou a exposição das armaduras (ocorrência de 20%), o que expõe o aço da estrutura mais ainda ao ataque de agentes agressivos.

A Figura 28 mostra o deslocamento do concreto e exposição das armaduras na face inferior das marquises M3 (a) e M16 (b).

Figura 28 – Deslocamento do concreto e exposição das armaduras.



Basicamente, a maioria das patologias presentes nas marquises da parte central da cidade de Alegrete, tem como origem principal, a ausência de manutenção, que apresenta 68% de ocorrência, de acordo com o Gráfico 2.

Segundo Medeiros e Groshoski (2007), a manutenção de marquises, deve ser realizada em períodos mais curtos, em relação a manutenção realizada na estrutura principal. Além disso, o engenheiro que fará as vistorias periódicas deve ter experiência na área de patologia e funcionamento estrutural das estruturas de concreto armado.

Pujadas (2006) ressalta que sem os procedimentos de manutenção necessários, estes elementos apresentam inevitavelmente diversos problemas, na maioria dos casos ligados às infiltrações.

Na seqüência de Figuras (29 – 48) serão apresentados os problemas mais comuns em marquises e sacadas identificadas durante inspeção visual e que podem contribuir para o comprometimento da segurança dessas estruturas.

Figura 29 – Trinca e deslocamento do reboco na marquise M12. Logo acima é possível perceber o péssimo estado de conservação da sacada

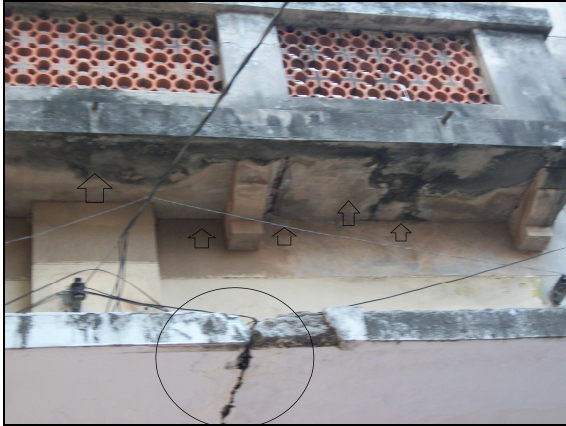


Figura 30 – Exposição e corrosão na armadura superior da marquise M17



Figura 31 – Acúmulo de lixo na marquise M1, evidenciando a falta de cuidado com a estrutura



Figura 32 – Fissura perpendicular ao engaste, na marquise M19

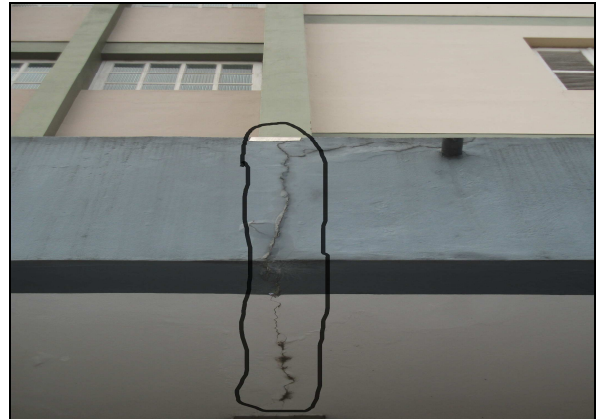


Figura 33 – Sobrecarga devido ao painel publicitário da loja, e aparecimento fissura perpendicular ao engaste, na marquise M23



Figura 34 – Sobrecarga gerada por sistema de refrigeração na marquise M19, e perfuração no sistema de impermeabilização



Figura 35 – Deslocamento do concreto e exposição da armadura na sacada S4

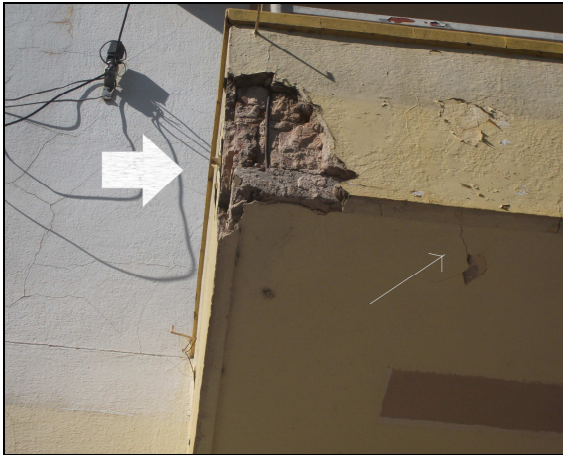


Figura 36 – Fissuras na alvenaria, sacada S8

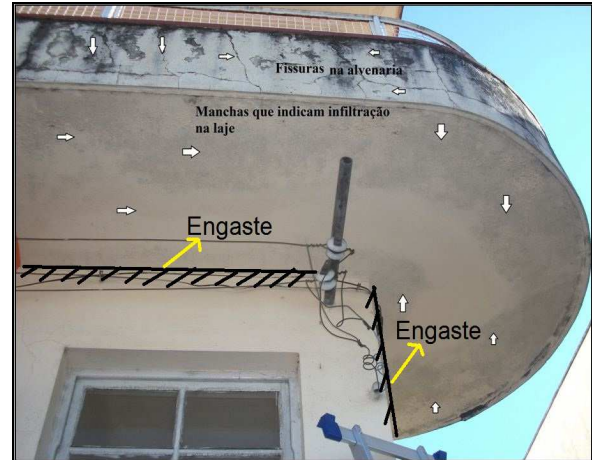


Figura 37 – Fissuras e deslocamento do concreto na sacada acima da marquise M3



Figura 38 – Fissuras, descascamento da pintura e manchas escuras de mofo na marquise M6

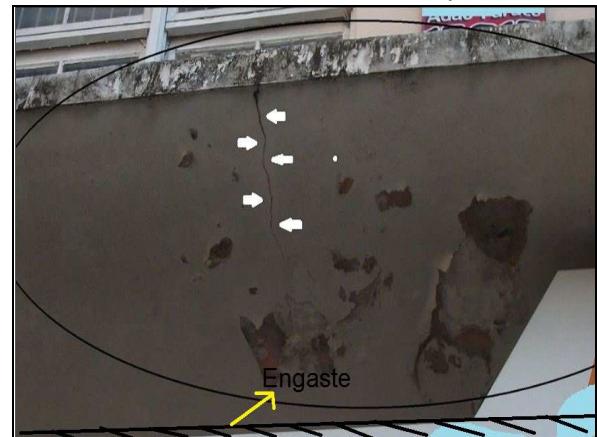


Figura 39 – Formação de bolhas e descascamento da pintura na sacada S5



Figura 40 – Fissuras perpendiculares ao engaste na sacada S5

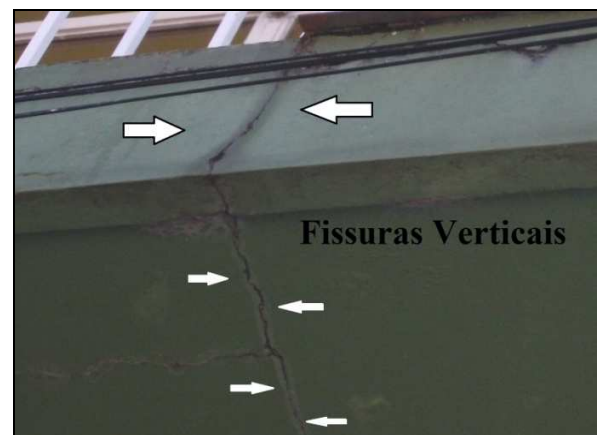


Figura 41 – Acúmulo de sujeira, junto ao coletor de água, na marquise M16



Figura 42 – Sobrecarga gerado pelo sistema de refrigeração, instalado na marquise M12



Figura 43 – Armadura exposta e com visível diminuição da seção, devido ao processo de corrosão da armadura na marquise M3

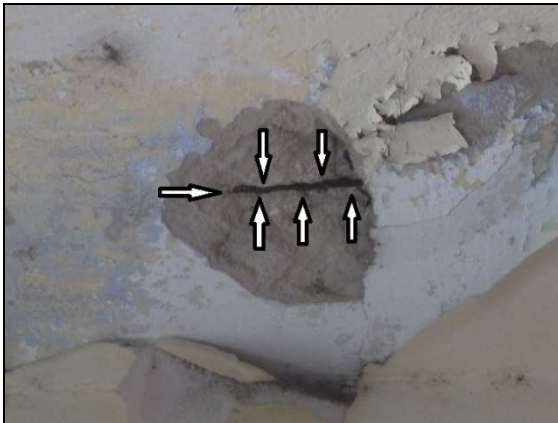


Figura 44 – Esfacelamento da armadura da marquise M3



Figura 45 – Furo na laje para a passagem de tubulação pluvial, na marquise M3



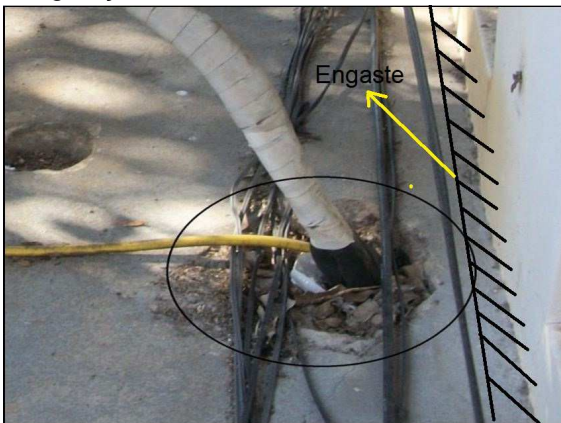
Figura 46 – Exposição da armadura e deslocamento do concreto na sacada acima da marquise M3



Figura 47 – Deslocamento do concreto, e manchas de umidade que indicam infiltração na laje da marquise M2



Figura 48 – Abertura na laje da marquise M2, para a passagem de tubos do sistema de refrigeração



Analisando o estado das marquises é possível afirmar que as patologias encontradas podem representar riscos de estabilidade dessas estruturas no futuro, pois as infiltrações, fissuras e também o próprio deslocamento do concreto, são indícios que a estrutura precisa de manutenção. De acordo com Medeiros e Grochoski (2007), deve-se tomar muito cuidado com elementos em balanço, pois eles tendem a sofrer ruptura brusca, tipo frágil, sem aviso, por isso um programa de manutenção é de extrema importância.

#### 4.1 Possíveis soluções para as patologias encontradas com frequência

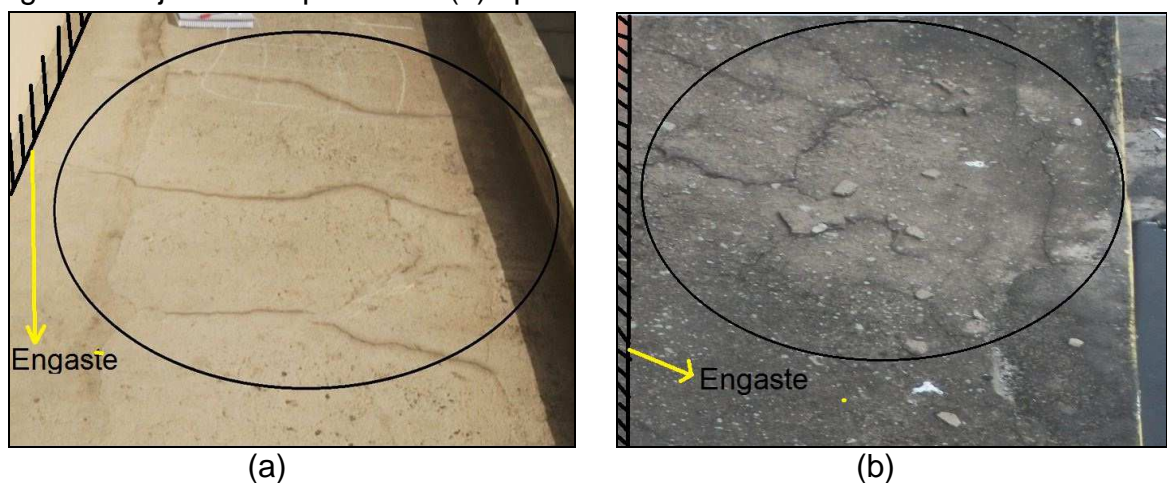
De acordo com Helene (2003), as medidas terapêuticas de reparo dos problemas, tanto podem incluir pequenas intervenções (localizadas), quanto uma recuperação generalizada da estrutura. A escolha dos materiais e da técnica de reparo a ser empregada depende das causas geradoras da patologia, das características da região a ser corrigida e das exigências de funcionamento da estrutura que vai ser reparada.

Algumas soluções são apresentadas, para a correção das patologias encontradas com maior frequência, durante a inspeção visual.

##### A) Fissuras

**Patologia:** fissuras perpendiculares ao engaste e aleatórias na parte superior das lajes de algumas marquises, conforme pode ser visto na Figura 49.

Figura 49 – Laje da marquise M19 (a) apresentando fissuras perpendiculares ao engaste e laje da marquise M21 (b) apresentando fissuras aleatórias



**Tipificação:** Possível fissura por retração hidráulica e contração térmica, ou pela falta de armadura de distribuição.

Alguns fatores contribuem para o aparecimento destas fissuras, são:

- cura ineficiente;
- excesso de água de amassamento;
- exposição da marquise a diferentes solicitações térmicas naturais;
- gradiente de temperatura ao longo da mesma estrutura;
- Sobrecarga na laje;

### Solução

Como medida para solucionar o problema de fissuras por retração hidráulica e contração térmica sugere-se:

- limpeza da superfície afetada (escovar e lavar para tirar toda a poeira)
- aplicação de novo revestimento empregando adesivo a base de epóxi;

Para solucionar as fissuras, devido à falta de armadura de distribuição, sugere-se, reforçar a laje, através da abertura de sulcos, colocação de armadura e preenchimento com argamassa epóxi.

B) Fissuras em paredes localizadas sobre as marquises

**Patologia:** fissuras em paredes de alvenaria presentes sobre algumas marquises como sacadas, inspecionadas conforme mostra a Figura 50.

Figura 50 – Fissuras no revestimento da alvenaria nas marquises S5 (a), S8 (b)



(a)



(b)

**Tipificação:** Possível fissura de flexão, fissuras de retração hidráulica e contração térmica.

As fissuras que aparecem na marquise S5 tem como principal origem a incompatibilização entre a deformação da parede e da laje, o que provoca fissuras na alvenaria. Cabe ressaltar que a laje da marquise S5 sofre durante sua utilização uma deformação maior, pois o imóvel é alugado para festas e formaturas, e durante esses eventos ha um acúmulo de pessoas circulando na sacada, o que gera uma



sobrecarga bem maior na laje.

As fissuras de retração hidráulica e contração térmica na marquise S8, tem como origem principal a variação do teor de umidade por causas externas, já que essas estruturas são partes constituintes das fachadas dos imóveis, logo ficam mais expostas as intempéries do clima.

### Solução

Para a eliminação do problema da fissura de flexão na marquise S5 recomenda-se os seguintes passos:

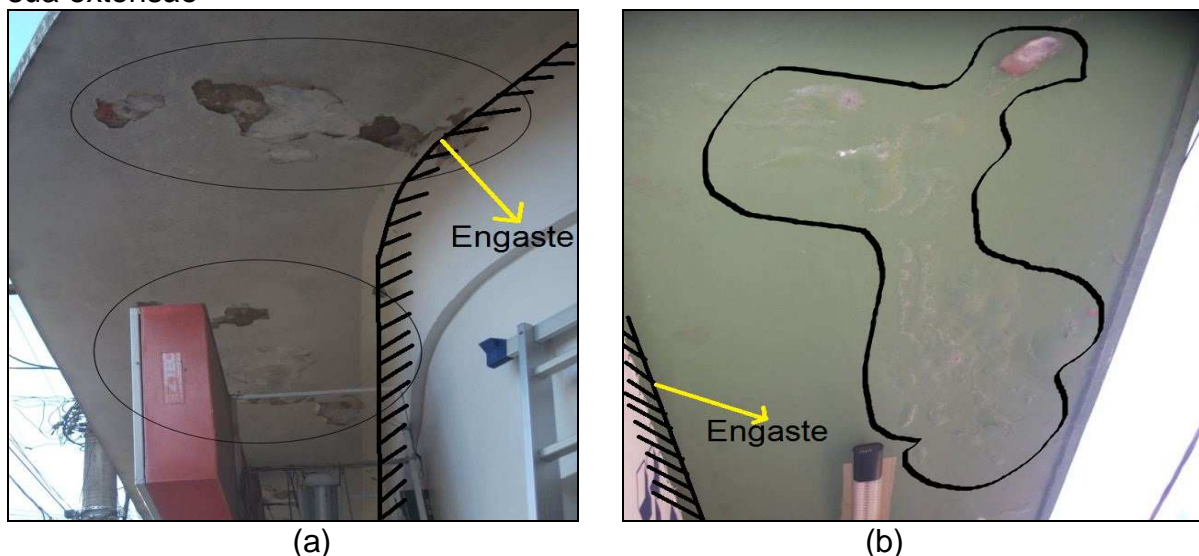
- abrir e limpar adequadamente a superfície da fissura;
- restaurar o monolitismo, através da aplicação de resina epóxi na abertura;
- colocar tela de poliéster na fissura, e por último aplicar pintura elástica à base de elastômero (mínimo de 3 demãos cruzadas com largura de 9 a 15cm);

As fissuras de retração hidráulica e contração térmica presentes na marquise S8, podem ser eliminadas conforme solução apresentada no item A.

### C) Infiltração

**Patologia:** Algumas marquises apresentam sinais de infiltração na parte inferior da laje, confirmado pela presença de manchas de umidade e mofo ao longo de sua extensão, como mostra a Figura 51.

Figura 51 – Marquise M6 (a) e marquise S5 (b), apresentam infiltração ao longo de sua extensão



**Tipificação:** Infiltração, manchas de umidade, mofo, formação de bolhas.

As infiltrações em marquises podem ser atribuídas a perfurações. As manchas de umidade, mofo e formação de bolhas, pode estar associado a falta de manutenção, devido a obstrução dos coletores de água da chuva que ocasiona o empoçamento de água na laje e do sistema de impermeabilização vencido.

### **Solução**

O problema de infiltração pode ser solucionado com o fechamento dos furos da laje, e após esse procedimento realizar a troca do sistema de impermeabilização para garantir a que a água da chuva não infiltre para o interior da laje. É importante salientar que a execução do projeto de impermeabilização deve atender aos padrões da NBR 9575 (Impermeabilização – seleção e projeto). Outro fator importante é garantir que a água da chuva tenha uma drenagem correta evitando-se acúmulo na laje.

#### **D) Corrosão das Armaduras**

**Patologia:** As marquises M3 e M17 apresentam corrosão na armadura em estágio avançado, com visível diminuição da seção transversal do aço, conforme mostra a Figura 52.

Figura 52 – A imagem mostra a marquise M3 (a), com visível deslocamento do concreto e a corrosão da armadura. Com base na imagem (b), é possível visualizar corrosão na armadura da marquise M16



(a)



(b)

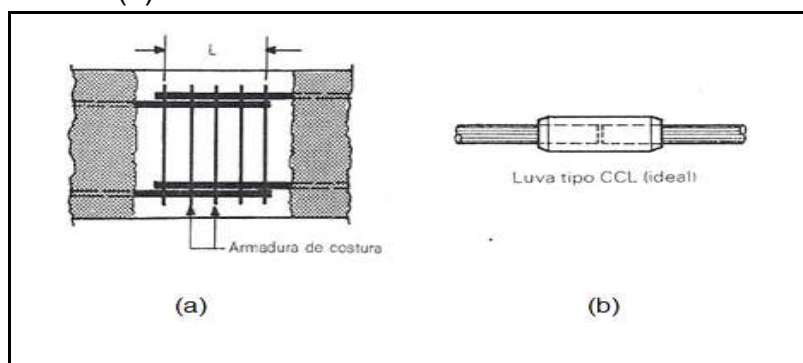
### Tipificação: Corrosão de armaduras

Pode ser apontada como fatores determinantes para a ocorrência de corrosão nas armaduras, a umidade presente na estrutura aliado ao concreto de resistência inadequada, e cobrimento insuficiente das armaduras. No caso da marquise M3, após a inspeção ficou constatado que pode haver problemas de mau posicionamento das armaduras, pois o cobrimento medido foi de aproximadamente 10mm. Segundo a NBR 6118 (2003), elementos como lajes devem ter cobrimento mínimo de 15mm, independentemente da classe de agressividade ambiental.

### Solução

Propõe-se para as armaduras que sofrem com corrosão, a remoção do concreto afetado e dos produtos de corrosão, limpando bem as superfícies. Logo em seguida, reconstituir a seção original da armadura, com emendas (por transpasse ou por luva), conforme mostra a Figura 53, e depois recobrir toda a superfície com argamassa a base de epóxi, respeitando espessura de cobrimento de acordo com especificações da NBR 6118 (2003).

Figura 53 – Reconstituição da seção de armadura com emendas por transpasse (a) ou emendas por luva (b)



Fonte: Helene, 1988, p. 65

### E) Trincas passantes na laje

Estas trincas foram encontradas apenas na marquise M12, as mesmas podem desencadear uma série de outras patologias, pois expõem a estrutura a agressividade do ambiente. Nesse sentido faz-se a necessidade de apontar uma possível solução para esta patologia.

**Patologia:** trincas transversais, que começam na parte superior da laje e cruzam para a parte inferior, deixando a estrutura exposta a infiltrações, conforme pode ser visto na Figura 54.

Figura 54 – Marquise M12 apresentando trincas transversais



**Tipificação:** Possível trinca de flexão, pela falta de armadura de distribuição ou mal posicionamento.

Para o aparecimento de trincas transversais na laje, podemos citar como origem principal a:

- mal posicionamento ou ausência da armadura de distribuição;

### **Solução**

Para a recuperação da área afetada por trincas transversais, alguns procedimentos devem ser realizados tais como:

- Verificar se existe armadura de distribuição na laje; (não autorizado à realizar ensaios pela proprietária,);
- Efetuar a limpeza da superfície onde encontra-se a trinca;
- Aplicar reforço com chapa metálica aderida com epóxi, ou colocação de armaduras e preenchimento com argamassa epóxi;

E importante destacar que as soluções indicadas no item 4.2, servem para corrigir erros cometidos durante alguma etapa, seja na fase de projeto, execução, uso indevido da estrutura, ou ainda falta de manutenção.

De acordo com Medeiros e Groshoski (2007), para garantir um bom projeto de marquise, deve-se considerar detalhes relativos a durabilidade, como agressividade do ambiente, cobrimento, classe de resistência do concreto e principalmente a abertura de fissuras, que deve ser preferencialmente evitada, ou limitada a valores inferiores a 0,05mm. Outro fator importante que deve ser considerado no projeto é a sobrecarga. Na fase de execução, é preciso garantir o correto posicionamento das armaduras, cabendo ao engenheiro de obra uma revisão detalhada antes da liberação da concretagem.

## **4.2 Ensaio não destrutivos**

Devido às condições de segurança e acessibilidade para a realização dos ensaios não destrutivos, os mesmos foram realizados apenas nas marquises que não ofereciam riscos, tais como: fios de rede elétrica e problemas de acessibilidade.

Como não se obteve os projetos estruturais dos imóveis das marquises ensaiadas, não houve parâmetro de comparação para os valores alcançados no ensaio. Desta maneira os resultados obtidos nos ensaios não destrutivos, serão comparados com a norma brasileira atual, a NBR 6118 (ABNT, 2003).

Os ensaios de esclerometria e pacometria foram realizados nas marquises M3, M6, M14, M15, M17 e M19.

### **4.2.1 Ensaio de esclerometria**

Este ensaio foi realizado com a finalidade de estimar a resistência à compressão do concreto, através de curvas de correlação. Posteriormente comparar essa resistência com a norma brasileira atual.

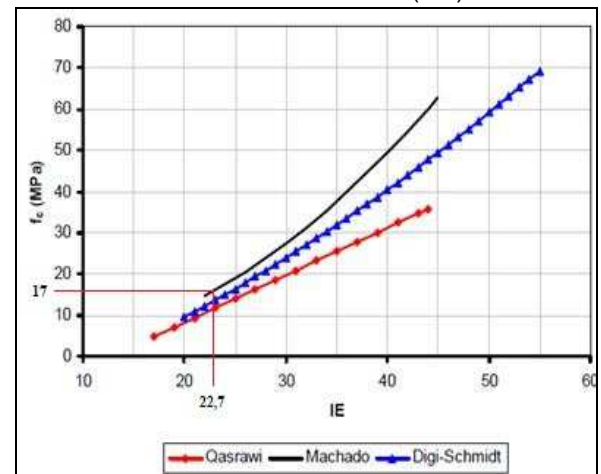
#### **4.2.1.1 Resultado do ensaio de esclerometria**

Os Quadros apresentados em seqüência (5 a 10), mostram os resultados dos ensaios esclerométricos e as Figuras em seqüência (55 a 60), mostram as resistências à compressão do concreto, obtidos conforme procedimentos descritos no item 3.2.1.1 deste trabalho.

Quadro 5 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M3

Ensaio de Esclerometria			
M3	Área 1	Área 2	Área 3
L1	22	20	24
L2	23	21	23
L3	21	23	22
L4	22	22	25
L5	24	24	22
L6	21	24	25
L7	24	25	23
L8	23	22	23
L9	25	25	24
Média	22,8	22,9	23,4
N	9 (atende)	9 (atende)	9 (atende)
IE ef.	22,5	22,6	23,1
Valor de K = 0,99			
IE(médio) = 22,7			

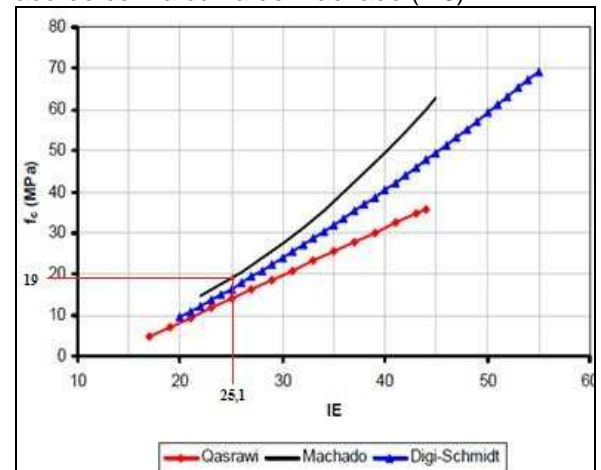
Figura 55 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M3)



Quadro 6 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M6

Ensaio de Esclerometria			
M6	Área 1	Área 2	Área 3
L1	24	27	25
L2	27,5	25	24
L3	27	25	27,4
L4	26	28	24
L5	26	26	26,3
L6	24	24	23
L7	26	24	26
L8	25	25	24,4
L9	24	26	27
Média	25,5	25,6	25,2
N	9 (atende)	9 (atende)	9 (atende)
IE ef.	25,24	25,3	24,9
Valor de K = 0,99			
IE(médio) = 25,1			

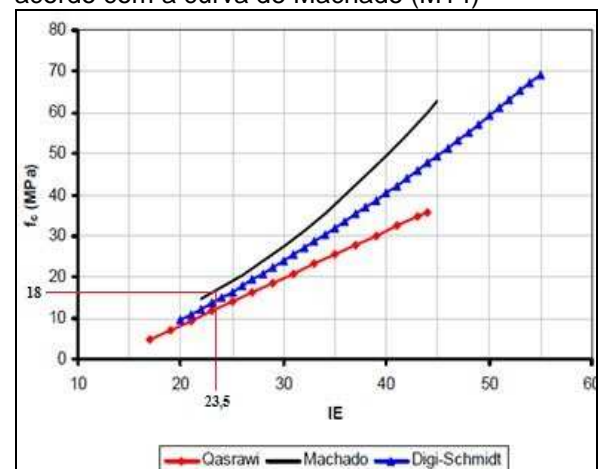
Figura 56 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M6)



Quadro 7 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M14

Ensaio de Esclerometria			
M14	Área 1	Área 2	Área 3
L1	21,4	23	26
L2	22,5	26	23
L3	23	23	22
L4	23	23	26
L5	22	24	24
L6	24	24	25
L7	24	25	24
L8	23	23	23
L9	25	25	24
Média	23,1	24,0	24,1
N	9 (atende)	9 (atende)	9 (atende)
IE ef.	22,9	23,7	23,8
Valor de K = 0,99			
IE(médio) = 23,5			

Figura 57 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M14)

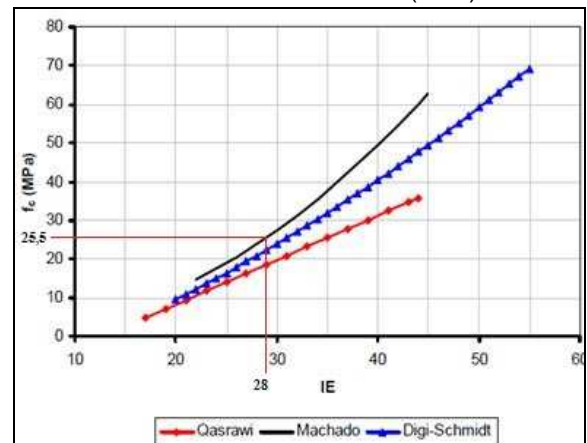


Quadro 8 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M15

Ensaio de Esclerometria					
M15	Área 1	Área 2	Área 3		
L1	24	37		34	34
L2	22	26		30	30
L3	20	33	33	32	32
L4	20	33	33	31	31
L5	22	32	32	33	33
L6	20	31	31	42	
L7	20	33	33	32	32
L8	23	31	31	26	
L9	24	30	30	38	
Média	21,7	31,8	31,9	33,1	32
N	9 (atende)		7 (atende)		6 (atende)
IE ef.	20,4		31,6		31,7

Valor de K = 0,99  
IE(médio) = 28

Figura 58 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M15)

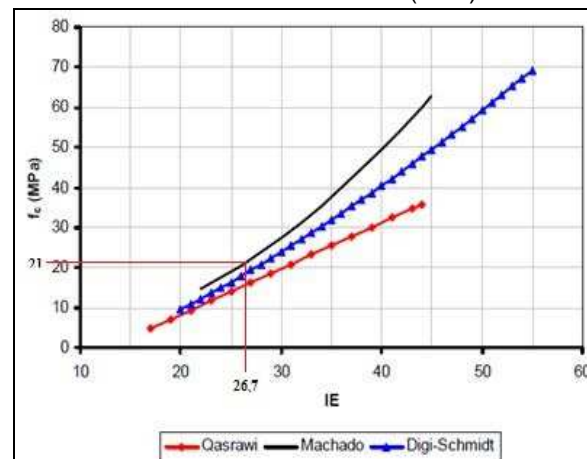


Quadro 9 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M17

Ensaio de Esclerometria				
M17	Área 1	Área 2	Área 3	
L1	36		26	24
L2	28	28	24	25
L3	30	30	24	23
L4	34	34	28	24
L5	32	32	25	26
L6	30	30	24	25
L7	29	29	27	24
L8	30	30	28	24
L9	29	29	28	25
Média	30,9	30,3	26,0	24,4
N		8 (atende)	9 (atende)	9 (atende)
IE ef.		30	25,8	24,1

Valor de K = 0,99  
IE(médio) = 26,7

Figura 59 – Resistência à compressão de acordo com a curva de Machado (M17)

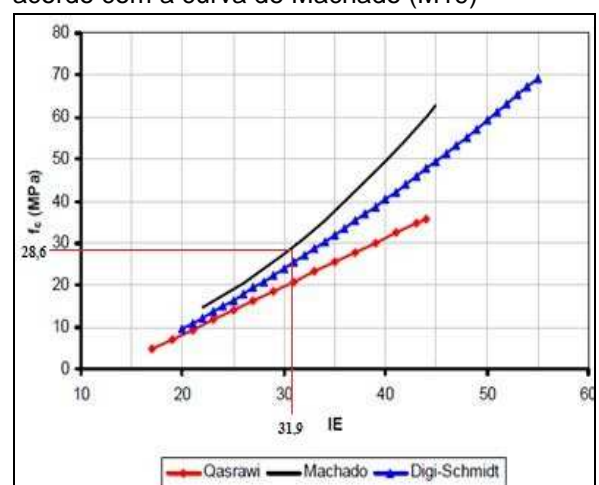


Quadro 10 – Resultado do ensaio esclerométrico, marquise M19

Ensaio de Esclerometria				
M19	Área 1	Área 2	Área 3	
L1	28		33	30
L2	34	34	34	32
L3	36		32	33
L4	30	30	31	30
L5	31	31	32	33
L6	35	35	30	35
L7	32	32	31	33
L8	32	32	33	36
L9	33	33	30	34
Média	32,3	32,4	31,8	32,9
N		7 (atende)	9 (atende)	9 (atende)
IE ef.		32	31,4	32,5

Valor de K = 0,99  
IE(médio) = 31,9

Figura 60 – Resistência à compressão, de acordo com a curva de Machado (M19)



Área1, Área2, Área3 – Pontos da marquise em que foi realizado o ensaio

L1 a L9 – Leituras efetuadas na área selecionada

N – Número de valores válidos

IE<sub>ef.</sub> – Índice esclerométrico efetivo

K – Coeficiente de correção

 - Valores descartados

O Quadro 11, mostra o resultado da correlação entre IE(médio), obtido durante o ensaio, e a resistência à compressão do concreto, de acordo com as curvas de Machado.

Quadro 11 – Resistência à compressão do concreto (MPa)

Ensaio de Esclerometria						
	M3	M6	M14	M15	M17	M19
IE(médio)	22,7	25,1	23,5	28	26,7	31,9
Resistência a compressão	17	19	18	25,5	21	28,6

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), marquises localizadas em áreas urbanas, estão submetidas a classe de agressividade ambiental II, com agressividade moderada e risco de deterioração à estrutura pequeno. Para esta agressividade ambiental, a resistência à compressão do concreto deve atingir o valor mínimo de 25 MPa. No entanto as marquises analisadas por ensaios não destrutivos, tem idade superior a 20 anos, na época da construção destas estruturas, possivelmente foi considerado na elaboração do projeto que o ambiente estava submetido à agressividade ambiental fraca, deste modo o concreto deve atingir resistência à compressão mínima de 20 MPa.

Analisando o quadro 11, é possível constatar que a resistência à compressão do concreto, das marquises M3, M6, M14 e M17, estão com valores abaixo de 25 MPa, que é o valor mínimo estabelecido pela norma atual. Se a análise for realizada utilizando como parâmetro a resistência correspondente à agressividade ambiental fraca, observa-se que as marquises M3, M6, M14, apresentam valores bem próximos de 20 MPa.



A fim de realizar uma análise mais detalhada, obteve-se a resistência de cálculo, indicada para a classe de agressividade ambiental I, e para a classe de agressividade ambiental II, utilizando-se a seguinte expressão:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (2)$$

Onde:

$f_{cd}$  = Resistência de cálculo do concreto à compressão

$f_{ck}$  = Resistência característica do concreto a compressão

$\gamma_c$  = coeficiente de minoração da resistência do concreto (1,4)

$f_{cd} = \frac{20}{1,4} = 14,3 \text{ MPa}$  → resistência de cálculo do concreto à compressão, para a classe de agressividade I.

17 MPa → resistência à compressão do concreto da marquise M3, obtida com o ensaio esclerométrico.

Com base no valor de  $f_{cd}$  (14,3 MPa), possivelmente adotado para o projeto da Marquise M3, considerando agressividade I, constata-se que o concreto da marquise M3, está atualmente, com resistência à compressão superior ao valor mínimo utilizado para o projeto, pois apresentou 17 MPa. Se esta comparação fosse realizada considerando a classe de agressividade ambiental II, no qual a marquise está submetida atualmente, teríamos a seguinte situação:

$f_{cd} = \frac{25}{1,4} = 17,9 \text{ MPa}$  → resistência de cálculo do concreto à compressão, para a classe de agressividade ambiental II.

17 MPa → resistência à compressão do concreto da marquise M3, obtida com o ensaio esclerométrico.

Constata-se que a marquise M3, não atenderia o valor mínimo adotado em projeto ( $f_{cd} = 17,9 \text{ MPa}$ ), para a agressividade ambiental II, pois atualmente sua

resistência à compressão é de 17 MPa, ou seja, apresenta uma diferença pequena de 5,02% em relação ao valor adotado em projeto.

Portanto as marquises M3, M6, M14, estão com suas resistências à compressão aceitáveis, quando comparadas com a agressividade ambiental fraca. Dentro deste contexto, cabe salientar que atualmente estas marquises estão submetidas a classe de agressividade ambiental II. Neste sentido apenas as marquises M15 e M19, apresentam resistência à compressão satisfatórias, pois seus valores são superiores a 25 MPa, que é o valor mínimo exigido pela NBR 6118 (ABNT, 2003).

É importante destacar que os resultados de resistência à compressão obtidos nos ensaios, podem ter sofrido interferência em seus valores, pois algumas das marquises apresentam camada de impermeabilização na laje, outras apresentaram camada de revestimento (reboco), o que interfere na precisão dos resultados.

#### 4.2.1 Ensaio de pacometria

O ensaio de pacometria foi realizado de acordo com os procedimentos citados no item 3.2.2 deste trabalho. Os resultados dos ensaios estão apresentados no Quadro 12.

Quase todos os ensaios de pacometria foram medidos na face superior da laje, com exceção da marquise M3, onde os ensaios foram realizados nas duas faces. Após analisar a face superior da laje da marquise M3, não foi identificado com o sinal sonoro, a existência de armadura. Mas após realizar o ensaio na face inferior da laje, foi possível identificar o cobrimento da armadura.

Quadro 12 – Resultados dos ensaios de pacometria (mm)

Área						
	M3	M6	M14	M15	M17	M19
<b>1</b>	18*	15	30	22	16	29
<b>2</b>	10*	18	35	24	21	26
<b>3</b>	14*	20	25	20	12	23

\* – Laje analisada na parte inferior

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), para a classe de agressividade ambiental II, no qual as marquises estarão submetidas, o cobrimento nominal deve ser de no mínimo de 25mm

Após analisar os resultados dos ensaios de pacometria, ficou constatado que apenas a marquise M14 apresentou cobrimento suficiente em todas as áreas ensaiadas. As marquises M3, M6, M15 e M17 apresentaram cobrimento insuficiente de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), em todas as áreas ensaiadas.

Constata-se que a maioria das marquises apresenta cobrimento menor que 25mm, que é o valor mínimo estabelecido pela NBR 6118 (ABNT,2003) para a classe de agressividade ambiental II. O que evidencia falhas no projeto ou falhas na execução da estrutura. É importante salientar que o cobrimento tem papel fundamental em elementos estruturais de concreto armado, pois sua função é prover a proteção das armaduras dificultando a ação dos agentes agressivos. A fim de preservar estas estruturas, propõe-se um cuidado maior com a camada de impermeabilização.

### 4.3 Conservação das marquises

Para classificar o estado de conservação das marquises, este trabalho usou como parâmetro avaliativo, os resultados obtidos nas inspeções visuais e ensaios não destrutivos. Neste sentido a classificação do estado de conservação das marquises foi feita conforme item 3.3, deste trabalho. O Quadro 13 apresenta o resultado desta classificação

Quadro 13 – Classificação do estado de conservação das marquises

Marquise	Idade das estruturas	Estado de Conservação
M3	Mais de 40 anos	Crítico
M17	20 anos	Crítico
M6	70 anos	Regular
M14	30 anos	Regular
M15	24 anos	Satisfatório
M19	Aproximadamente 22 anos	Satisfatório

As marquises M3 e M17 receberam a classificação de conservação crítica, pois apresentaram corrosão nas armaduras principais, concreto de baixa resistência, e cobrimento insuficiente.

As marquises M6 e M14, apresentam concreto de baixa resistência à compressão, conforme valores mostrados no quadro 11. Também foi constatado nestas estruturas patologias com o grau de urgência regular, sujeito a reparos, tais como: fissuras, manchas de mofo e umidade. De acordo com estes parâmetros as marquises receberam classificação de conservação regular.

Receberam classificação satisfatória, as marquises M15 e M19, pois apresentaram apenas patologias visuais. Embora estas marquises apresentem alguns pontos com cobrimento insuficiente de acordo com o valor mínimo exigido pela norma, elas apresentaram concreto de boa resistência, por isso estas marquises receberam esta classificação de conservação.

#### **4.4 Estudo de Caso**

A partir dos resultados obtidos nos ensaios não destrutivos, ficou constatado que a marquise M17 apresenta, em sua estrutura concreto de baixa qualidade e cobrimentos muito abaixo dos valores mínimos recomendados pela norma atual. Neste sentido, esta marquise foi escolhida para realizar a retro análise, a fim de avaliar o seu dimensionamento e compará-la com um novo dimensionamento projetado de acordo com critérios de durabilidade e vida útil propostos pela NBR 6118 (ABNT,2003)

##### **4.4.1 Retro análise da marquise M17**

A retro análise consiste em realizar observações e análises de construções já executadas. Neste caso foi analisada a marquise M17, que é parte integrante do Edifício Galeria, construído no ano de 1992

Para realizar a retro análise da marquise M17, foi necessário reunir alguns dados, coletados durante as etapas iniciais deste trabalho. O Quadro 14 mostra os dados necessários para a retro análise da marquise.

Quadro 14 – Dados utilizados para realizar a retro análise

Comprimento (m)	Largura (m)	espessura da Laje (cm)	*Cobrimento (cm)	Ø Barras da Armadura Negativa (mm)	Espaçamento Horizontal das Barras (cm)	Qualidade do concreto à compressão
25	1,7	10	1,64	8	10	21 MPa

\* - Cobrimento médio, com os valores coletado nos tres pontos de realização do ensaio de Pacometria.

Para analisar o dimensionamento da marquise M17, calculou-se a área de aço, utilizando os valores do espaçamento horizontal e diâmetro das barras.

A área de aço foi calculada para o diâmetro da armadura de 8mm, com a seguinte expressão:

$$A_{sy} = \frac{100 \cdot \pi \phi^2}{4 \cdot S} \quad (3)$$

Onde:

$A_{sy}$  → área de aço

S → espaçamento horizontal da barras

$$A_{sy} = \frac{100 \cdot \pi \cdot 0,8^2}{4 \cdot 10} \rightarrow 5\text{cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Armadura negativa in loco} \rightarrow \text{Ø } 8\text{mm c/ } 10\text{cm}$$

Portanto a marquise M17 apresenta em sua estrutura atual, armadura negativa por metro de laje, de 8mm de diâmetro com espaçamento horizontal de 10cm.

Durante o ensaio de pacometria, não foi encontrada armadura de cisalhamento e armadura de distribuição.

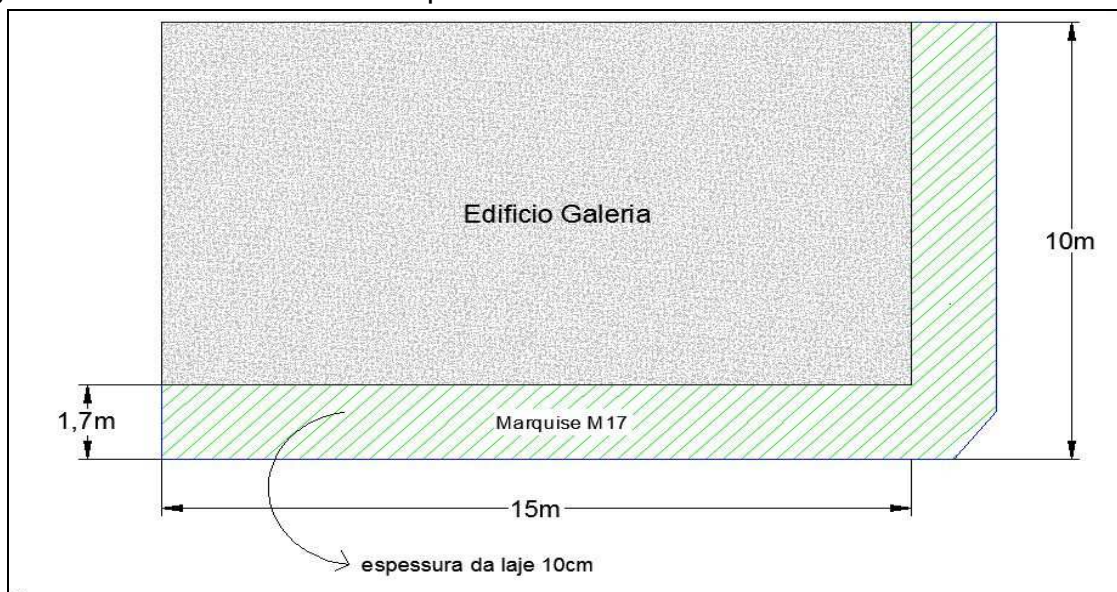
Outro parâmetro importante a ser analisado, é o cobrimento das armaduras, pois ele desempenha a função de proteger as armaduras contra o ataque de agentes agressivos que podem provocar corrosão. Na marquise M17, após o ensaio de pacometria obteve-se os cobrimentos de 1,6cm; 2,1cm e 1,2cm nas três regiões analisadas da marquise. Com base nestes valores é possível afirmar que houve erros de projeto ou execução, pois os cobrimentos estão abaixo do recomendado pela NBR 6118 (ABNT,1980), que especifica cobrimento mínimo de 25cm para concretos expostos ao ambiente.

#### 4.4.2 Dimensionamento da marquise M17 de acordo com critérios de durabilidade e vida útil propostos pela NBR 6118 (ABNT,2003)

A marquise M17, foi recalculada de acordo com critérios de projeto especificados pela norma NBR 6118 (ABNT,2003), que visam garantir a durabilidade e vida útil das estruturas de concreto armado, que dentre eles destacam-se: resistência do concreto à compressão e cobrimento da armadura definidos conforme a classe de agressividade do ambiente. É importante salientar que outros critérios foram analisados de acordo com a norma, tais como: área de aço mínima, utilização de armadura de distribuição, verificação da necessidade de uso da armadura de cisalhamento e cálculo da flecha limite.

A Figura 61 mostra a planta baixa da marquise M17, e suas dimensões.

Figura 61 – Planta baixa da marquise M17



Dados:

Resistência do concreto: C25; Resistência do aço: CA-50; Cobrimento: 25cm

Peso específico do concreto armado: 25KN/m<sup>3</sup>, Espessura da laje: 10 cm,

Comprimento do balanço  $\ell_y \rightarrow 1,70m$

$\gamma_c$  = coeficiente de ponderação da resistência do concreto  $\rightarrow 1,4$

$\gamma_f$  = coeficiente de ponderação das ações  $\rightarrow 1,4$

Resolução:

Para a determinação do carregamento atuante na marquise M17, as cargas foram consideradas tais como:

- O peso próprio da laje em concreto armado;
- revestimento da laje;
- Cargas de letreiro e condicionador de ar, também são consideradas;
- Carga acidental de 0,5 KN/m<sup>2</sup>, para terraço inacessível as pessoas, valor obtido na NBR 6120 (ABNT, 1980);
- Na extremidade livre atua uma carga linear de 1KN/m (carga acidental concentrada), conforme especificado pela NBR 6120 (ABNT, 1980);

### A) Cargas atuantes na Marquise M17

Peso próprio = (espessura x $\gamma$ Concreto) → 25 x 0,10 =	2,5 KN/m <sup>2</sup>
Revestimento =	1,00 KN/m <sup>2</sup>
Letreiro	0,50 KN/m <sup>2</sup>
Sistema de Refrigeração de ar (4 unidades de 12000 BTU)	0,07 KN/m <sup>2</sup>
Carga acidental	0,50 KN/m <sup>2</sup>
Carga total uniformemente distribuída ( $g$ )	4,57 KN/m <sup>2</sup>
Carga linear no extremo livre ( $p$ )	1KN/m

OBS: A estimativa de carga para condicionadores de ar, está de acordo com as especificações do fabricante Consul. Para a carga de letreiros, adotou-se o valor citado na literatura de Santos (2006). Para a carga de revestimento, utilizou-se o valor citado na literatura de Araújo (2003). Os demais valores referentes ao peso próprio da estrutura e a carga acidental foram retiradas da NBR 6120 (ABNT,1980).

### B) Esforços Solicitantes

Os esforços solicitantes de momento fletor e esforço cortante correspondem a uma faixa de largura igual a um metro.

Momento fletor característico em uma direção (  $M_k$  )

$$M_k = \frac{g \cdot l_y^2}{2} + l_y \times p \rightarrow M_k = \frac{4,57 \times 1,70^2}{2} + 1,70 \times 1 = 8,31 \text{KN.m/m}$$

Momento fletor de cálculo (Md)

$$M_d = \gamma_f \times M_k \rightarrow M_d = 1,4 \times 8,31 \text{ kN.m/m} = 11,7 \text{ kN.m/m}$$

Esforço cortante

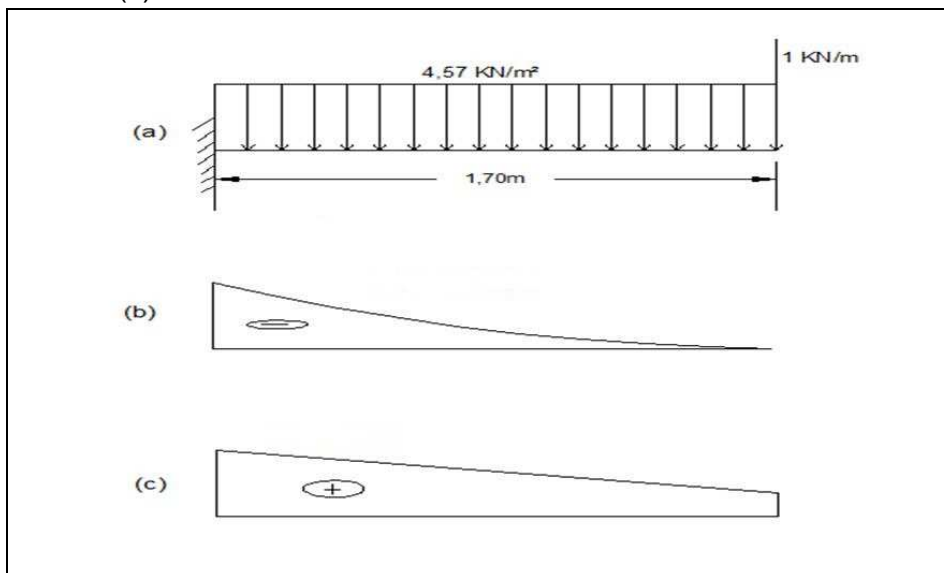
$$V = g \times l_y + p \rightarrow V = 4,57 \times 1,70 + 1,0 = 8,8 \text{ kN/m}$$

Força cortante de cálculo (Vd)

$$V_d = \gamma_c \times V \rightarrow V_d = 1,4 \times 8,8 \text{ kN/m} = 12,32 \text{ kN/m}$$

A Figura 62 apresenta as cargas atuantes na marquise M17 e os diagramas de momento fletor e esforço cortante.

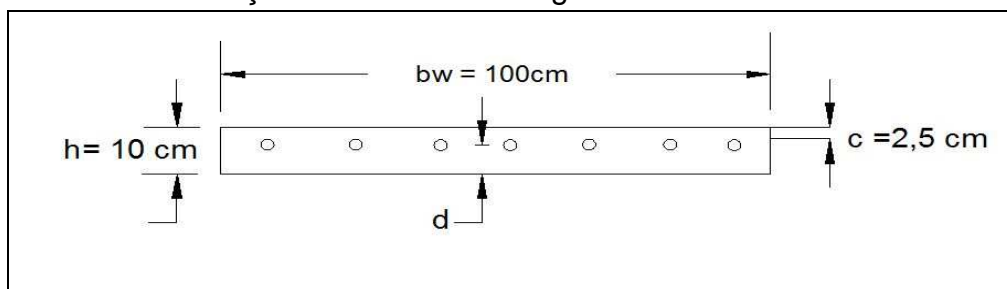
Figura 62 – Cargas atuantes (a), diagrama de momento fletor (b), diagrama de esforço cortante (c)



### C) Armadura de flexão

O esquema da Figura 63, mostra a seção do engaste da laje em balanço

Figura 63 – Corte da seção transversal do engaste



$$d = h - 2,5 \text{ cm} - 0,5 \text{ cm} = 10 - 2,5 - 0,5 = 7 \text{ cm}$$



Portanto, a altura útil é  $d = 7 \text{ cm}$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

$$K_c = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} \quad (4)$$

$$K_c = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \text{ cm} \times 7^2 \text{ cm}}{1170 \text{ KN} \cdot \text{cm}} = 4,2 \rightarrow K_s = 0,025; \text{ domínio 2}$$

Área da seção transversal da armadura longitudinal de tração ( $A_{sy}$ )

$$A_{sy} = K_s \frac{M_d}{d} \quad (5)$$

$$A_{sy} = K_s \frac{M_d}{d} = 0,025 \frac{1170 \text{ KN} \cdot \text{cm}}{7 \text{ cm}} = 4,18 \text{ cm}^2$$

$$P/ \text{ } \varnothing 8 \text{ mm} \rightarrow n^\circ \text{ de barras} = \frac{4,18}{0,50} = 8,36 \text{ barras}$$

Espaçamento das barras (S)

$$S = \frac{100}{n^\circ \text{ barras}} \rightarrow \frac{100}{8,36} = 11,96 \text{ cm} \text{ aprox. } 12 \text{ cm} \quad (6)$$

Armadura negativa  $\rightarrow \varnothing 8 \text{ mm c/ } 12 \text{ cm}$

OBS: De acordo com Santos (2006), em marquises com laje simples em balanço, pode-se dispensar a colocação de armadura positiva.

#### D) Verificação da Armadura Mínima

Após calcular a armadura de tração ( $A_{sy}$ ), deve-se comparar com a armadura

mínima ( $A_{s,min}$ ) exigida pela NBR 6118 (ABNT, 2003), calculada com a expressão:

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot 100 \cdot h, \text{ cm}^2/\text{m} \quad (7)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 10 = 1,5\text{cm}^2/\text{m}$$

onde  $\rho_{min}$  é a taxa mínima de armadura, neste caso será utilizado o valor de 0,15%, para  $f_{ck} = 25$  MPa, de acordo a NBR 6118 (ABNT,2003).

Como obteve-se área de aço calculada é maior que a área de aço mínima exigida pela norma, temos:  $4,18\text{cm}^2/\text{m} > 1,5\text{cm}^2/\text{m}$ , mantém-se a área de aço calculada.

### E) Armadura de distribuição

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003), a armadura de distribuição ( $A_{sx}$ ) para lajes armadas numa só direção, deve ter seção transversal de área igual ou superior a 20% da área da armadura principal, devendo ser atendido uma área mínima de  $0,9\text{cm}^2$ .

$$A_{sx} = 20\% A_{sy} \quad (8)$$

$$A_{sx} = 0,20 \times 4,18 \rightarrow 0,836\text{cm}^2/\text{m}$$

Para a armadura de distribuição, será utilizado o valor mínimo de  $0,9\text{cm}^2/\text{m}$  estabelecido pela norma.

A diâmetro para a armadura de distribuição será de  $\varnothing 5\text{mm}$ . Deste modo o espaçamento das barras da armadura de distribuição (S), foi calculado de acordo com a expressão (6).

$$P/ \varnothing 5\text{mm} \rightarrow n^\circ \text{ de barras} = \frac{0,9}{0,196} = 4,59 \text{ barras}$$

$$S = \frac{100}{n \cdot \varnothing} \rightarrow S = \frac{100}{4,59} \rightarrow S = 21,78 \text{ cm aprox. } 22\text{cm ( espaçamento máx. } 33\text{cm)}$$

Armadura de distribuição → Ø 5mm c/ 22cm

## F) Armadura Transversal

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003), o uso de armadura transversal em lajes é dispensável, quando a tensão de cisalhamento de cálculo, por força cortante ( $T_{wd}$ ) for menor que a tensão limite ( $T_{wu1}$ ). Deste modo tem-se:

$$T_{wd} = \frac{Vd}{(bw.d)} < T_{wu1} = k(1,2 + 40\rho_1) T_{rd} \rightarrow \text{armadura transversal dispensável}$$

Para lajes submetidas a flexão simples tem-se:

$$T_{wu1} = k(1,2 + 40\rho_1) T_{rd} \quad (9)$$

Onde:

$T_{wu1}$  → tensão limite de cisalhamento

$k$  → coeficiente

$\rho_1$  → taxa geométrica de armadura longitudinal de tração

$T_{rd}$  → tensões de cisalhamento resistentes de cálculo

Coeficiente (K)

O coeficiente K que aparece na expressão (7), pode ser calculado com a seguinte fórmula:

$$K = 1,6 - d \geq 1 \quad (10)$$

$$K = 1,6 - 0,07 = 1,53$$

Taxa geométrica de armadura longitudinal de tração ( $\rho_1$ )

$$\rho_1 = \frac{A_s}{(bw.d)} \leq 0,02 \quad (11)$$

$$\rho_1 = \frac{4,18}{(100.7)} \rightarrow 0,006 \leq 0,02$$

Tensão de cisalhamento resistente de cálculo ( $T_{rd}$ )

$$T_{rd} = 0,038(f_{ck})^{2/3} \quad (12)$$

$$T_{rd} = 0,038(25)^{2/3} \rightarrow 0,32 \text{ MPa}$$

Tensão limite de cisalhamento ( $T_{wu1}$ )

$$T_{wu1} = 1,53(1,2 + 40 \times 0,006/100) \times 0,32 \rightarrow 0,58 \text{ MPa ou } 580\text{KN/m}^2$$

Tensão de cisalhamento de cálculo, por força cortante ( $T_{wd}$ )

$$T_{wd} = \frac{Vd}{(bw.d)} \quad (13)$$

$$T_{wd} = \frac{12,32}{(1 \times 0,07)} \rightarrow 176\text{KN/m}^2$$

Onde:

$Vd \rightarrow$  força cortante de cálculo ( este parâmetro foi calculado no item B )

Com base nos valores obtidos com as expressões (9) e (13), é possível concluir que a armadura transversal é dispensável, pois tem-se:

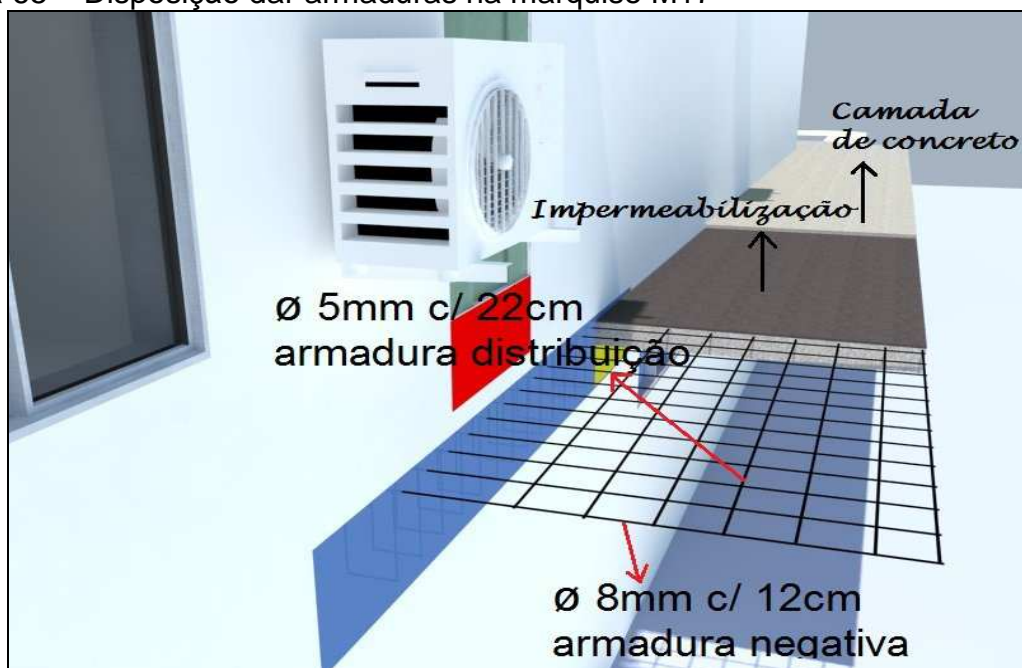
$$T_{wd} < T_{wu1} \rightarrow 176\text{KN/m}^2 < 580\text{KN/m}^2$$

As Figuras 64 e 65, ilustram o edifício Galeria e a disposição das armaduras negativas e de distribuição, conforme calculado nos itens C e D.

Figura 64 – Edifício Galeria Alegrete Center



Figura 65 – Disposição das armaduras na marquise M17



Após comparar os resultados obtidos na retro análise e o do novo dimensionamento, é possível observar algumas diferenças. A área de aço negativa da marquise existente é maior, pois apresenta em sua estrutura  $5\text{cm}^2/\text{m}$ , enquanto o novo dimensionamento resultou numa área de aço de  $4,18\text{cm}^2$ . Essa diferença atua a favor da segurança, pois garante estabilidade maior para a marquise já existente.

De acordo com o novo dimensionamento a marquise M17 apresenta armadura de distribuição com taxa de  $0,9\text{cm}^2/\text{m}$ , já a marquise existente não possui armadura de distribuição. A ausência desta armadura pode ser uma das causas para o aparecimento de fissuras na face superior da marquise M17, pois a armadura de distribuição tem a função de distribuir as tensões oriundas de cargas concentradas e também serve para o controle da fissuração na laje.

Com base nestas comparações é possível afirmar que a marquise existente M17, apesar da boa área de aço negativa, apresenta cobrimento abaixo dos valores estabelecidos pela NBR 6118 (ABNT,2003), o que pode evidenciar erros de execução.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas etapas de inspeção visual e ensaios não destrutivos realizadas nas marquises, localizadas na parte central da cidade de Alegrete, pode-se concluir que o aparecimento das diversas manifestações patológicas apresentadas no Quadro 3 deste trabalho, tem como possíveis causas, a falta de manutenção, sobrecarga e perfurações na laje.

### **5.1 Inspeção visual**

Após analisar os resultados obtidos na inspeção visual, verificou-se que todas as marquises apresentaram algum tipo de patologia, com destaque para as fissuras paralelas ao engaste, infiltração na laje, manchas de mofo/umidade e deslocamento do concreto, constatadas em 64%; 68%; 44% e 44% das marquises analisadas, respectivamente. Dentro deste contexto os casos mais graves foram os das marquises M3 e M17 que apresentaram o maior número de patologias, entre elas a corrosão das armaduras.

De acordo com o estudo realizado, as patologias encontradas nas estruturas em balanço tem como causas principais, a ausência de manutenção, sobrecargas possivelmente não previstas em projeto, e perfurações na laje. Em alguns casos foi possível constatar erros de projeto ou execução, pois a ausência de caimento na laje da marquise M3 para a drenagem da água e o cobrimento insuficiente constatado na marquise M17 evidenciam estes erros.

Diante do exposto é possível afirmar que algumas patologias encontradas durante a inspeção visual podem representar perigo à estabilidade da estrutura, se não receberem as devidas correções. A incidência de fissuras paralelas ao engaste, trincas provocadas pela sobrecarga e o alto índice de perfurações nas lajes, provocam infiltração para o interior da estrutura, o que pode provocar a corrosão acelerada das armaduras, levando a estrutura ao colapso.

## **5.2 Possíveis soluções para as patologias encontradas com frequência**

Diante da constância com que algumas patologias foram encontradas nas marquises, foi proposto no item 4.2 deste trabalho soluções para a correção destas. No geral as soluções apresentadas, são de fácil execução, porém em casos mais complexos como corrosão das armaduras, as correções tornam-se caras. Cabe ressaltar que todo retrabalho acaba se tornando caro, portanto o interessante seria elaborar um bom projeto, seguindo as especificações recomendadas pela norma, acompanhar a execução do projeto e realizar manutenção periódica na estrutura, a fim de prevenir as marquises da ocorrência de patologias.

Como sugestões, para cuidados quanto ao uso e manutenção das marquises, sugerem-se incluir nos manuais de síndicos e proprietários, algumas medidas para garantir a conservação destes elementos estruturais, tais como:

- realizar inspeção periódica nestas estruturas, para efetuar a limpeza dos coletores de água;
- realizar a troca da camada de impermeabilização localizada na parte superior da laje, respeitando a validade do material, especificada pelo fabricante;
- os usuários destas estruturas devem evitar qualquer tipo de furo na laje;
- os usuários devem consultar um engenheiro civil, antes de instalar qualquer tipo de equipamento, objeto, que possa gerar uma carga extra na estrutura.

## **5.3 Ensaios não destrutivos**

Os ensaios não destrutivos de esclerometria e pacometria foram realizados, a fim de complementar a inspeção visual. Com estes ensaios foi possível analisar a resistência do concreto à compressão e o cobrimento das armaduras, formando um quadro mais completo quanto a conservação e segurança destas estruturas.

No ensaio de esclerometria, constatou-se que 42% das marquises ensaiadas atendem a resistência à compressão do concreto, mínima estabelecida pela NBR 6118 (ABNT,2003). O restante das marquises apresentou valores de resistência abaixo do recomendado pela norma atual. Cabe ressaltar que estes valores de



resistência à compressão do concreto, podem ter sofrido interferência, devido a camada de impermeabilização, ou revestimento (reboco).

É importante lembrar que a agressividade do ambiente também influencia na escolha da resistência à compressão do concreto. Provavelmente na época da construção destas estruturas o ambiente apresentava-se menos agressivo, se comparado aos dias atuais. Por isso qualquer conclusão sobre erros de projeto ou execução, devido as resistências à compressão que apresentarem-se com valores abaixo do recomendado pela norma atualmente, é precipitada.

O ensaio de pacometria serviu para determinar o cobrimento das armaduras presentes nas marquises, e posteriormente compará-las com o cobrimento mínimo estabelecido pela norma NBR 6118 (ABNT,2003).

Com base nos resultados dos ensaios de pacometria realizados nas marquises, conclui-se que 86% das marquises apresentaram cobrimento abaixo do recomendado pela norma, em pelo menos uma das três regiões analisadas. Apenas a marquise M14 apresentou cobrimento compatível com o valor mínimo exigido pela norma. Cabe mencionar que fissuras, deslocamento do concreto e corrosão das barras de aço, encontradas durante a inspeção visual nestas marquises, podem estar associadas a cobrimentos inadequados.

#### **5.4 Conservação das marquises**

Para classificar o estado de conservação das marquises, utilizou-se os resultados obtidos nas inspeções visuais e ensaios não destrutivos.

Após avaliar os resultados obtidos de cada marquise, constatou-se que 30% das marquises encontra-se em estado crítico de conservação, pois apresentam cobrimento insuficiente, concreto de baixa resistência à compressão e corrosão da armadura principal. O restante das marquises 70%, encontram-se em estado regular ou satisfatório de conservação, pois apresentaram apenas patologias sujeitas a reparos.

## **5.5 Comparação entre a retro análise e o novo dimensionamento**

.Após comparar os resultados obtidos na retro análise da marquise existente e o novo dimensionamento, é possível concluir que a marquise existente (M17) possui área de armadura negativa satisfatória, porém não apresenta armadura de distribuição ao longo de sua estrutura, o que pode ser uma das causas para o aparecimento de fissuras na face superior da laje.

## **5.6 Sugestões para trabalhos futuros**

A análise das estruturas de concreto armado através de ensaios, é um tema bastante amplo na engenharia. A fim de explorar mais sobre este tema e responder algumas questões levantadas durante a realização deste trabalho, sugere-se para trabalhos futuros:

- criar curvas de correlação utilizando materiais da região, para serem aproveitadas nos ensaios esclerométricos;
- analisar a resistência à compressão de concretos de construções antigas, através de extração de corpo de prova;
- realizar estudo para avaliar gastos com a recuperação de estruturas afetadas por patologias encontradas com frequência em marquises;
- realizar um estudo, para verificar se as estruturas mais novas da cidade de Alegrete, atendem aos requisitos exigidos pela NBR 5674 (ABNT, 2012) e NBR 14037 (ABNT, 2011).

## REFERÊNCIAS

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

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

\_\_\_\_\_. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 9575**: Impermeabilização: Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2003.

ALVES, A. Vistoria de sacadas e marquises é mais urgente que as inspeções prediais. **Revista Técnica**, São Paulo, n.120, p.6, 2006. Disponível em: <[www.revistatechne.com.br/techne/solucoes/busca.asp?t=vistoriasacadas](http://www.revistatechne.com.br/techne/solucoes/busca.asp?t=vistoriasacadas)>. Acesso em: 29 set. 2012.

ARAÚJO, José, Milton. **Curso de Concreto Armado**. Ed. 2. Rio Grande: Dunas, 2003.

BASTOS, P. Sérgio, Santos. **Estruturas de Concreto IV**: Marquises. Bauru: Unesp, 2006.

BRAGUIM, J. R. Perigo suspenso: Queda de marquises alerta para o risco de projetos. **Revista Técnica**, São Paulo, n.121, p.14-17, 2006. Disponível em: <[pt.scribd.com/doc/51987078/techne-120](http://pt.scribd.com/doc/51987078/techne-120)> Acesso em: 15 ago. 2012.

CARMO, M. ANTÔNIO. **Estudo da deterioração de marquises de concreto armado nas cidades de Ubelândia e Bambuí.** Uberlândia: Faculdade de Engenharia Civil, 2009.

CARMONA, T.G.; HELENE, R. L. **Modelos de Despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2006.

COFERCAN – ESPAÇADORES TRELIÇADOS BELGO PARA ARMADURAS, **Uso de espaçadores treliçados (a), e esquema de utilização deste dispositivos (b).** 2013, 1 imagem. Disponível em: < <http://www.cofercan.net.br> >. Acesso em 09 de set. 2013.

DAVARIZ, M. Marquises em Vitória: Um risco iminente. **Diário de Vitória**, Vitória, n.2, p.2, 2006.

FILHO, Nelson Nór. Avaliação e perícias de engenharia. **IBAPE/SP.** São Paulo. 2003. Disponível em: <[http://www.ibape-sp.org.br/banco\\_artigos/DetalhesArtigos.aspx](http://www.ibape-sp.org.br/banco_artigos/DetalhesArtigos.aspx)>. Acesso em: 08 agosto.

GROCHOSKI, M.; MEDEIROS, M. H. F. Marquises: Por que algumas caem?. **Revista Concreto**, São Paulo, n.24, p.10-17, 2007.

G1 NOTÍCIAS – MARQUISE DE HOTEL DESABA EM COPACABANA, **Queda da marquise do Hotel Canadá.** 2012, 1 imagem. Disponível em: < <http://g1.globo.com/Noticias/Rio> >. Acesso em 30 jul. 2012.

HELENE, Paulo. **A Nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das Estruturas de Concreto.** São Paulo: LEME, 2003. 24p. Disponível em: <[www.ppgec.ufrgs.br/leme/seminario/LEME\\_30anos\\_PauloHelene.pdf](http://www.ppgec.ufrgs.br/leme/seminario/LEME_30anos_PauloHelene.pdf)> Acesso em: 29 jun. 2012

JORDY, João Cassini; MENDES, Luiz Carlos. Análise e procedimentos construtivos de marquises com propostas de recuperação estrutural. **Bacharelado em Pós - graduação em Engenharia - UFF**, Niterói, 2006. 11p.

MACHADO, Mauricio Dornellas. **Curvas de Correlação para Caracterizar Concretos usados no Rio de Janeiro por meio de Ensaios não Destrutivos.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. 265f. Monografia (Bacharelado em Tese de Mestrado Engenharia Civil)

PUJADAS, Flavia Zoega Andreata. Queda de marquises alerta para o risco de projetos. **Revista Técnica**, São Paulo, n.120, p.14-17, 2006. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/120/artigo285374-3.aspx> >. Acesso em: 18 ago. 2012.

REVISTA TÉCNICA - MÉTODOS DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO, **Ilustração da sequência de execução do ensaio de esclerometria**. 2012, 1 imagem. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/151/artigo286643-1.aspx> > Acesso em 04 agos. 2012.

RIPPER, Thomaz; SOUZA, Vicente. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1998. 257p.

RIZZO, Bruno. **Marquises- Uma Abordagem Técnica**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos e Pesquisa de Desastres, 2003, 9p. Disponível em: <[www.rio.rj.br](http://www.rio.rj.br)> Acesso em: 31 mai. 2012

ROCHA, A. M. **Concreto armado**. São Paulo: Editora Nobel, 1987. 343p.

VASCONCELOS, C.; BORTOLUZZI, G. **Patologia da Construção: Marquises**. Santos: Universidade Santa Cecília, 2010.

## APÊNDICE A – Formulário de inspeção



Universidade Federal do Pampa –  
Unipampa Av. Tiarajú, 810 – Bairro:  
Ibirapuitã – Alegrete – RS – CEP: 97546-  
550

Marquise proteção ( ) Marquise como Sacada ( ) Tipo estrutural:Laje engastada   
Laje sobre viga

Edifício:

Endereço:

Análise a ser realizada:  Inspeção visual  Ensaios não destrutivos

### **Ficha de Inspeção em Marquises**

**Data:**

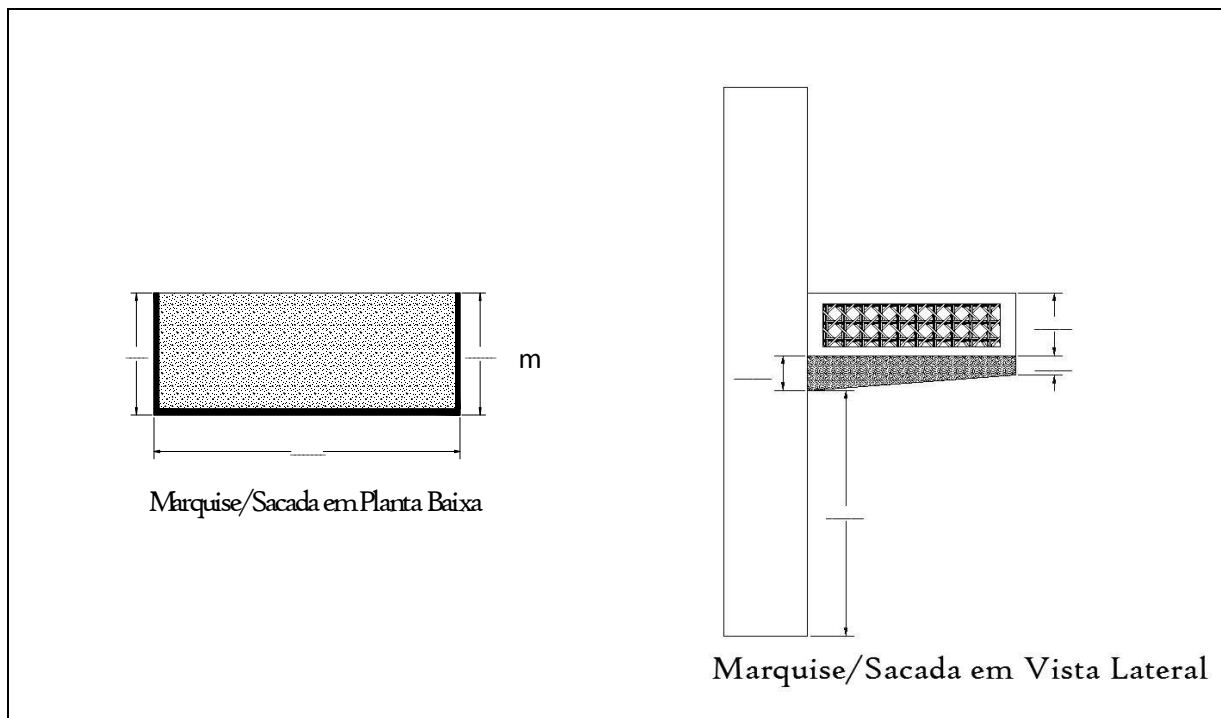
Marquise
Lista de Patologias
01 - Fissura(s) horizontal(is) – alvenaria ( ); viga ( ) 02 – Fissura(s) vertical(is) - alvenaria ( ); viga ( ) 03 – Fissura(s) inclinada(s) - alvenaria ( ); viga ( ); laje ( ) 04 – Fissuras aleatórias – alvenaria ( ); viga ( ); laje ( ) 05 – Fissura(s) reta(s) – laje ( ) 06 – Parte solta ( ) 07 – Carbonatação do concreto ( ) 08 – Desagregação do concreto ( ) 09 – Exposição de armadura ( ) 10 – Infiltração ( ) 11 – Flecha ( ) 12- Outros: Especificar: _____
Lista das possíveis causas de formação das patologias
01- Detalhes Construtivos ( ) 02- Sobrecarga ( ) 03- Perfurações na laje ( ) 04- Sistema de Drenagem Obstruído/inexistente ( ) 05- Manutenção Inexistente ou muito antiga ( ) 06- Outros: Especificar: _____

## APÊNDICE B – Formulário de obtenção de dados

### **Formulário de Obtenção de Dados da Estrutura**    **Data:**

Lista de dados
Nome do Proprietário/Responsável _____
Realização de manutenção da estrutura ( )
Reformas ( )
Reforço ( )
Troca do sistema de impermeabilização ( )
Projeto Estrutural do Imóvel ( )
Estrutura apresenta vibrações ( )
Estrutura aparenta estabilidade de risco ( )
Outras Informações: Especificar: _____
Comentários Adicionais

### **Dimensões da Estrutura**



**APÊNDICE C – Fotos das marquises inspecionadas em Alegrete.**

Figura A1 – Marquise M1



Figura A2 – Marquise M2



Figura A3 – Marquise M3



Figura A4 – Marquise M4



Figura A5 – Marquise S5



Figura A6 – Marquise M6





Figura A7 – Marquise M7



Figura A8 – Marquise S8



Figura A9 – Marquise M9



Figura A10 – Marquise S10



Figura A11 – Marquise S11



Figura A12 – Marquise M12

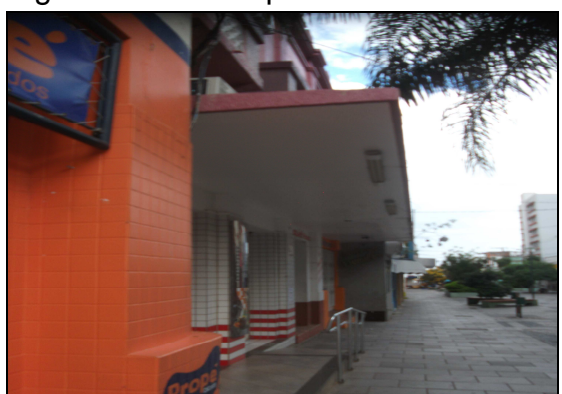


Figura A13 – Marquise S13



Figura A14 – Marquise M14



Figura A15 – Marquise M15



Figura A16 – Marquise M16



Figura A17 – Marquise M17



Figura A18 – Marquise M18



Figura A19 – Marquise M19



Figura A20 – Marquise S20



Figura A21 – Marquise M21



Figura A22 – Marquise M22



Figura A23 – Marquise M23



Figura A24 – Marquise M24



Figura A25 – Marquise S25

