

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia**

**Curso de Especialização: Produção e Gestão do
Ambiente Construído**

Paulo César de Souza

**IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS EM MARQUISES NA REGIÃO
CENTRAL DE BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte, 2017

PAULO CÉSAR DE SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS EM MARQUISES NA REGIÃO
CENTRAL DE BELO HORIZONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído do Dept de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte, 2017

RESUMO

Marquises são estruturas de concreto armado que estão sujeitas a diversos ataques de agentes patogênicos responsáveis por sua deterioração, ocasionando diversas manifestações patológicas, que diminuem sua durabilidade e vida útil. A ação desses patógenos afeta gravemente as estruturas, podendo leva-las ao colapso. Por sua concepção estrutural caracterizada por lajes em balanço ou lajes apoiadas sobre vigas em balanço, por estarem localizadas nas fachadas das edificações, projetando-se sobre o logradouro público e por sua exposição a intempéries, acidentes ocorridos com essas estruturas são comumente encontrados na literatura, com consequências graves, envolvendo vítimas fatais e por esse motivo, suas causas são objeto de estudos a décadas. As principais causas dos problemas relacionados às marquises estão relacionadas a fatores mecânicos, químicos, físicos ou biológicos, que propiciam a instalação de processos que degradam a estrutura. Atuam de forma agravante a esses mecanismos, a falta de manutenção, a agressividade do meio e falhas ou vícios construtivos, principalmente relacionados à impermeabilização. Este estudo tem por objetivo analisar e identificar visualmente nas marquises da região central de Belo Horizonte, indícios e vestígios de manifestações patológicas, abordando estruturas problemáticas com a finalidade de indicar as suas possíveis causas e propor algumas soluções. Considerando a idade construtiva avançada da maioria das marquises e a ocorrência de acidente com vítima fatal com esse tipo de estrutura na cidade, sua importância torna-se relevante. Para a sua realização, recorreu-se à revisão bibliográfica, por tratar-se de área de extenso conhecimento acumulado, sendo um tema já explorado em diversos trabalhos. Verificou-se, por meio do levantamento realizado, que diversas marquises apresentam indícios visíveis de manifestações patológicas, sendo necessárias intervenção, manutenção e até mesmo demolição. Como já era esperado, o estudo comprovou a necessidade de implantação de um plano de ação, por parte do poder público municipal, que vise à intervenção em estruturas problemáticas, em curto prazo, por meio de manutenções urgentes, limpezas e escoramentos. Em longo prazo, faz-se necessário um estudo aprofundado sobre o grau de deterioração das estruturas para que sejam propostas as intervenções corretivas mais adequadas para cada marquise. Justifica-se a implantação de um plano de manutenções preventivas, com vistorias e laudos técnicos específicos. Cabem ressaltar que, tanto intervenções quanto vistorias, precisam ser realizadas por profissionais capacitados, engenheiros civis, com conhecimento específico em recuperação de estruturas.

Palavras-chave: Marquises; Manifestações Patológicas; Durabilidade; Manutenção; Estruturas de Concreto Armado.

SUMÁRIO

Introdução.....	05
Capítulo 1: Fundamentação Teórica.....	08
1.1 Definições	
1.2 Concepções Estruturais	
Capítulo 2: Manifestações Patológicas em Marquises.....	13
2.1 Conceituação	
2.2 Descrições das Principais Manifestações Patológicas	
2.2.1 Fissuras	
2.2.2 Sobrecarga	
2.2.3 Corrosão de Armaduras	
2.2.4 Carbonatação	
2.2.5 Erros de Projetos e Execução	
2.2.6 Contaminações por Sulfatos e Cloretos	
2.2.7 Reação Álcali Agregado	
2.2.8 Manutenção	
Capítulo 3: Acidentes Ocorridos em Marquises de Concreto Armado	28
Capítulo 4: Levantamento Fotográfico do Estado Geral das	
Marquises em Belo Horizonte – Minas Gerais.....	36
Considerações Finais.....	42
Referências Bibliográficas.....	44

INTRODUÇÃO

Construções erguidas em concreto armado possuem vida útil que pode ser entendida como o período de tempo que essas estruturas desempenham as funções às quais foram projetadas (HELENE, 2004). Estruturas de concreto armado estão sujeitas a diversos ataques de agentes responsáveis por causar a sua deterioração e conseqüentemente, o aparecimento de diversas manifestações patológicas. Essas deteriorações podem ter origem em processos mecânicos, físicos, químicos ou biológicos e são responsáveis por diminuir a durabilidade e a vida útil das construções (AGUIAR, 2016). A ação desses patógenos afetam gravemente as estruturas podendo levá-las ao colapso parcial ou total. Medeiros e Grochoski (2007) alertam que “deve-se ter em mente que nem sempre o colapso ocorre devido a um destes agentes causadores de forma isolada. Em geral, há agentes causadores principais e outros intervenientes ou aceleradores”. (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007).

Marquises são elementos de fachadas pertencentes às edificações que possuem a característica de projetar-se sobre o logradouro público. Estruturalmente, caracterizam-se como balanços engastados no plano da fachada (JORDY; MENDES, 2006). Para Medeiros e Grochoski (2007) marquises são projetadas com a finalidade de proteger o pedestre quanto à queda de objetos, chuva e sol. Localizam-se principalmente nas áreas comerciais dos centros urbanos, observadas principalmente em edificações comerciais e lojas, sendo utilizadas também para outros usos como a instalação de engenhos de publicidade e aparelhos de ar condicionado, normalmente diversa da aplicação a que foram projetadas.

Por se tratar de elementos expostos à ação do tempo, deficiências na qualidade dos materiais, problemas nos sistemas de impermeabilização e drenagem, a avançada idade da grande maioria e, principalmente, a falta de inspeção e manutenção, as marquises apresentam-se vulneráveis à ação desses patógenos (GONÇALVES, 2011).

Acidentes envolvendo esse tipo de estrutura são frequentemente encontrados na literatura, sendo suas causas objeto de estudos a décadas. De acordo com

Medeiros e Grochoski (2007), as principais causas do colapso de marquises estão relacionadas à falta de manutenção preventiva. Advertem Jordy e Mendes (2006) que “a maioria destes acidentes estruturais resulta em consequências imprevisíveis, geralmente com vítimas fatais e interdições em calçadas e vias de passagem”. Complementam Medeiros e Grochoski (2007) que “marquises apresentam uma tendência a sofrerem ruptura brusca, sem aviso, por se tratar de estrutura isostática e com um único vínculo”.

As principais manifestações patológicas que acometem as marquises estão relacionadas à durabilidade das estruturas que, por sua vez, está diretamente ligada a diversos fatores como: falhas no concreto, cobrimento inadequado de armaduras, detalhes construtivos, sistemas de proteção e impermeabilização e ainda, ao grau de agressividade do meio (JORDY; MENDES, 2006).

Encontra-se em marquises da Região Central de Belo Horizonte evidências visuais de diversos tipos de manifestações patológicas, algumas em estágio avançado, que demonstram a necessidade de intervenções. A constante presença de CO₂ e água, gerada pela condensação de aparelhos de ar condicionado ou pela chuva, podem acelerar o processo de Carbonatação que, juntamente com outras deficiências das estruturas, podem acelerar o processo de corrosão das armaduras.

O objetivo deste trabalho é apresentar um levantamento, por imagens, de evidências de processos patológicos em marquises e justifica-se por ser uma oportunidade de abordagem, com perspectiva científica, de estruturas problemáticas, que apresentem algum grau de deterioração, deficiências construtivas ou de manutenção e operação. Pretende-se apresentar algumas soluções que poderão ser empregadas na recuperação das marquises que apresentarem indícios de manifestações patológicas visíveis, indicando possíveis planos de manutenção preventiva com o intuito de se prolongar a vida útil dessas estruturas.

Considera-se o fato desse levantamento ser inédito na cidade, pois não consta nenhum outro trabalho acadêmico com mesmo enfoque ou ênfase. Portanto este é o primeiro passo para outros trabalhos ou pesquisas que tenham como foco uma investigação mais profunda dos possíveis problemas que essas estruturas apresentam. Como agravante relata-se acidente ocorrido no município, com o colapso de estrutura semelhante, inclusive com envolvimento de vítima fatal.

Por meio de revisão bibliográfica e inspeção visual, com registro fotográfico, o presente trabalho pretende abordar, de forma sucinta, indícios de aparecimento de manifestações patológicas em marquises do centro da cidade, fazer um paralelo de suas possíveis causas e apresentar possíveis soluções.

No capítulo 1 apresenta-se a conceituação de marquises de concreto armado, demonstrando-se alguns dos tipos e ainda uma descrição da concepção estrutural desses elementos.

No capítulo 2 apresentam-se as principais manifestações patológicas, suas possíveis causas e mecanismos de atuação e ainda a maneira que cada uma delas pode afetar estruturalmente o comportamento das marquises. São abordados ainda aspectos relacionados à durabilidade de estruturas de concreto armado, principalmente em relação às marquises.

No capítulo 3 apresenta-se um resumo de casos de acidentes ocorridos com marquises de concreto armado disponíveis na literatura.

No capítulo 4 encontra-se o levantamento fotográfico de marquises existentes na região central de Belo Horizonte, onde são evidenciados alguns indícios de manifestações patológicas.

No capítulo 5 tem-se as considerações finais e conclusões sobre o trabalho e ainda são feitas algumas sugestões para futuros trabalhos relacionados ao tema.

CAPÍTULO 1:

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 DEFINIÇÕES

Marquise é um elemento construtivo pertencente às fachadas das edificações que se projeta sobre o logradouro público, com estruturas de lajes e vigas em balanços engastados no plano da fachada (JORDY; MENDES, 2006). Complementam os autores que o esquema estrutural das marquises pode ser dividido em transversal, com lajes e vigas vinculadas em balanços ou vigas engastadas e apoiadas em tirantes, ocasionando, nessa direção, pouca vinculação ao restante da estrutura. Dessa forma, configuram-se em estruturas isostáticas ou estruturas com baixo grau de hiperestaticidade, a perda de uma vinculação torna-se condição suficiente para sua instabilidade. E em longitudinal, com lajes vinculadas a vigas contínuas de bordo e de torção.

Medeiros e Grochoski (2007) definem marquise como um elemento construtivo estrutural útil e interessante, que avança em balanço em relação ao edifício e serve de proteção ao pedestre quanto a sol, chuva e objetos que podem cair dos pavimentos superiores. Afirmam ainda que por se tratar de um elemento que tem ligação com a edificação apenas pela região de engastamento, merece atenção especial, tanto no projeto quanto na execução e conservação durante sua vida útil.

De acordo com Gonçalves (2011) marquises são elementos estruturais concebidos para receber cargas diversas além do seu peso próprio, como o acesso de pessoas, mas às vezes são incorporadas a estas, cargas que ultrapassam sua função inicial, como anúncios publicitários, equipamentos de ar condicionado e sistemas de impermeabilização, ocasionando mudanças de utilização que podem ocasionar riscos à estrutura que podem ser agravados pela falta de manutenção. Discorre ainda que a falta de manutenção nas edificações e em suas partes componentes, no caso de marquises, estas se tornam uma preocupação importante já que o risco maior, em caso de colapso, é para pedestres que transitam pelo logradouro, geralmente em centros comerciais, com grande circulação de pessoas.

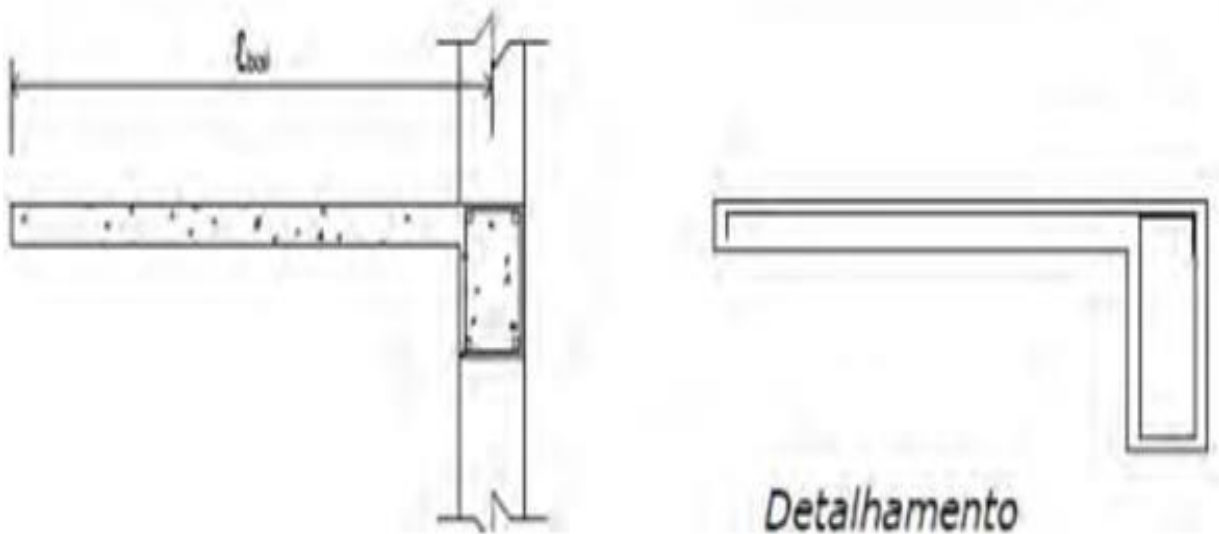
Estruturas constituídas por concreto armado, composto formado pela união do concreto com o aço, são conhecidas por seu comportamento dúctil, com características de suportar deformações consideráveis antes de chegar ao colapso (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007). Complementam dizendo que as marquises são uma exceção a esta regra, pois tendem a sofrer ruptura brusca e, portanto, são componentes estruturais que necessitam de precisão no seu projeto, na sua execução e na sua utilização.

1.2 CONCEPÇÕES ESTRUTURAIS

Marquises possuem arranjos estruturais peculiares que as diferenciam de outras estruturas de concreto armado. Podem ser lajes engastadas, onde esforços de flexão atuam na sua face superior, predominando momentos negativos. As armaduras principais são dispostas nesta área, que também é a mais exposta a intempéries e, conseqüentemente, à maior ação de ataques de agentes agressivos (GONÇALVES, 2011). Complementa o autor que outras conformações utilizadas para marquises são lajes apoiadas sobre vigas engastadas, perpendicularmente ou contínuas, ao plano da fachada e ainda lajes de bordo livre sustentada por tirantes, sendo essas mais raras.

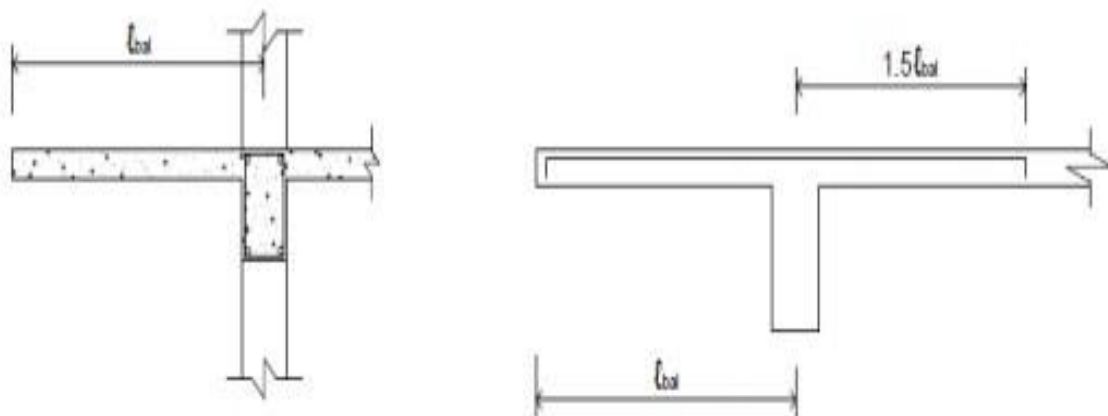
Gonçalves (2011) argumenta que marquises podem ser classificadas conforme seu arranjo estrutural. Um arranjo típico é marquise com laje engastada em viga sem continuidade para a parte interna do edifício e marquise com laje engastada na laje interna da edificação, sendo esta com continuidade, exemplificadas pelas figuras 1 e 2.

Figura 1: Marquise em laje diretamente engastada, sem continuidade.



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Figura 2: Marquise em laje diretamente engastada com continuidade



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Discorre ainda sobre marquise apoiada em vigas engastadas ou contínuas, podendo as vigas estar na face inferior ou invertida, com seção variável ou não. Este tipo de marquise pode ou não ter uma borda livre. As figuras 3 e 4 exemplificam essas tipologias.

Figura 3: Marquise apoiada em vigas engastadas com seção variável



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

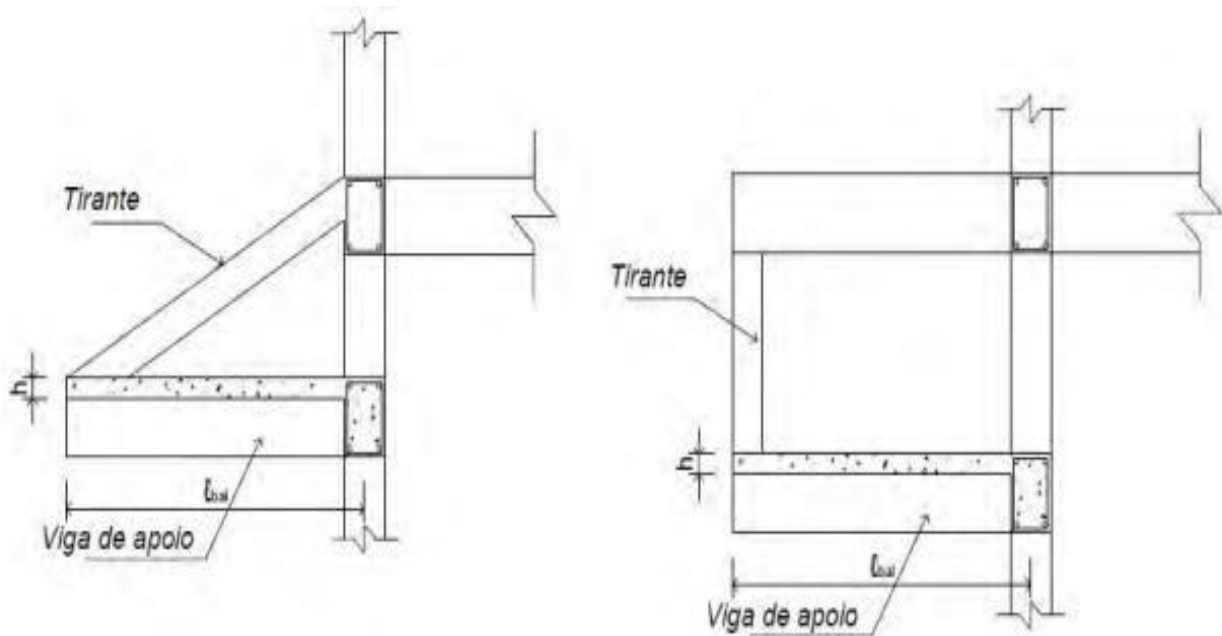
Figura 4: marquise apoiada em vigas invertidas – lajes com todas as bordas apoiadas



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Salienta que outro tipo possível, mas menos comum, é o de marquise com borda livre apoiada em tirantes, conforme figura 5.

Figura 5: marquise apoiada em tirantes



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

CAPÍTULO 2:

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM MARQUISES

2.1 CONCEITUAÇÃO

Marquises por sua própria concepção estrutural, tipo de material utilizado em sua construção, peculiaridades diversas nos componentes construtivos e operacionais necessários ao seu perfeito funcionamento e também por apresentar diversas possibilidades de deficiências em sua manutenção, são elementos sujeitos a diversas manifestações patológicas. Em estruturas de concreto armado, manifestações patológicas podem ser entendidas como mecanismos de deterioração, com causas originadas em processos mecânicos, físicos, químicos ou biológicos, responsáveis por diminuir a durabilidade e conseqüentemente, a vida útil das construções (AGUIAR, 2016). Esses agentes podem atuar internamente, externamente ou em conjunto, causando deficiências e anomalias nas estruturas (SILVA; JONOV, 2016). Complementam dizendo que os problemas patológicos podem ser agravados por excesso de cargas sobre a estrutura, variações de umidade e térmicas intrínsecas e extrínsecas na estrutura de concreto e incompatibilidade nos materiais utilizados em sua execução. Para Aguiar (2016), “os processos de degradação alteram a capacidade do material em desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente”. Salienta ainda que os principais sintomas dos processos patológicos são a fissuração, o destacamento e a segregação do concreto.

Jordy e Mendes (2006) argumentam que as principais anomalias encontradas em marquises estão relacionadas ao arcabouço de concreto, às armaduras de aço, às instalações de drenagem de águas pluviais e aos sistemas de impermeabilização. Descrevem ainda algumas deficiências construtivas e mecanismos causadores das principais patologias. Relacionadas à drenagem, na maioria dos casos por incompatibilidade de diâmetro ou posicionamento, podem ocorrer penetrações, infiltrações e percolações de águas e ainda seu acúmulo, ocasionando sobrecarga excessiva. Relacionados à impermeabilização, que é o sistema de proteção das estruturas quanto a infiltrações, a sobreposição de camadas de sistemas de impermeabilização, além de causar sobrecarga, induz o aparecimento de tensões de

vapor nos materiais confinados, ocasionando danos ao revestimento e à própria estrutura das marquises. Em relação ao concreto observam-se, principalmente, os processos físicos de deterioração como a fissuração e o deslocamento, devido à corrosão das armaduras, causadas por lixiviação, reação iônica, carbonatação, induzidas pela presença de água (JORDY; MENDES, 2006).

Cabe ressaltar ainda o conceito de durabilidade descrito por Silva e Jonov (2016) como sendo “a capacidade de um produto manter seu desempenho acima dos níveis aceitáveis preestabelecidos, sob condições previstas de uso e com manutenção, durante um período de tempo que é a sua vida útil”. Sobre a durabilidade, Gonçalves (2011), complementa que pode ser definida como “o parâmetro que relaciona as características de deterioração do material e da estrutura em uma edificação em função de características como agressividade ambiental, definindo, portanto, a vida útil da mesma”. E ainda o conceito de vida útil como sendo “o período de tempo no qual a estrutura é capaz de desempenhar as funções para as quais foi projetada sem necessidade de intervenções não previstas” (HELENE, 2004). Complementa o autor dizendo que “operações de manutenção previstas e especificadas, ainda na fase de projeto, fazem parte do período total de tempo durante o qual se admite que a estrutura esteja cumprindo bem sua função” (HELENE, 2004). Para melhor conceituação e entendimento, Helene (2004), traz uma definição objetiva de vida útil, classificando-a em fases distintas, tomando como referência a corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado.

Podem ser definidas as seguintes “vidas úteis”:

- a) Período de tempo que vai até a despassivação da armadura, normalmente denominado de período de iniciação. A esse período de tempo pode-se associar a chamada vida útil de projeto, conforme adotada nesta Norma. Normalmente corresponde ao período de tempo necessário para que a frente de carbonatação ou a frente de cloretos atinja a armadura. O fato de a região carbonatada ou de certo nível de cloretos atingirem a armadura e teoricamente despassivá-la, não significa que necessariamente a partir desse momento haverá corrosão importante, embora usualmente isso ocorra. Esse período de tempo, no entanto, é o período que se recomenda seja adotado no projeto da estrutura, a favor da segurança;
- b) Período de tempo que vai até o momento em que aparecem manchas na superfície do concreto, ou ocorrem fissuras no concreto de cobrimento, ou ainda quando há o destacamento do concreto de cobrimento. A esse período de tempo associa-se a chamada vida útil de serviço ou de utilização. É muito variável de caso a caso, pois, em certos locais é inadmissível que uma estrutura de concreto apresente manchas de corrosão ou fissuras. Em outros casos somente o início da queda de pedaços de concreto, colocando em risco

a integridade de pessoas e bens, pode definir o momento a partir do qual se deve considerar terminada a vida útil de serviço;

c) Período de tempo que vai até a ruptura ou colapso parcial ou total da estrutura. A esse período de tempo associa-se a chamada vida útil última ou total. Corresponde ao período de tempo no qual há uma redução significativa da seção resistente da armadura ou uma perda importante da aderência armadura / concreto, acarretando o colapso parcial ou total da estrutura;

d) Nessa modelagem foi introduzido ainda o conceito de vida útil residual, que corresponde ao período de tempo em que a estrutura ainda será capaz de desempenhar suas funções, contado nesse caso a partir da data, qualquer, de uma vistoria. Essa vistoria e correspondente diagnóstico podem ser efetuados a qualquer instante da vida em uso da estrutura. O prazo final, nesse caso, tanto pode ser o limite de projeto, o limite das condições de serviço quanto o limite de ruptura, dando origem a três tipos de “vida útil residual”; uma mais curta contada até a despassivação da armadura, outra até o aparecimento de manchas, fissuras ou destacamento do concreto e outra longa contada até a perda significativa da capacidade resistente do componente estrutural ou seu eventual colapso (HELENE, 2004, p.29).

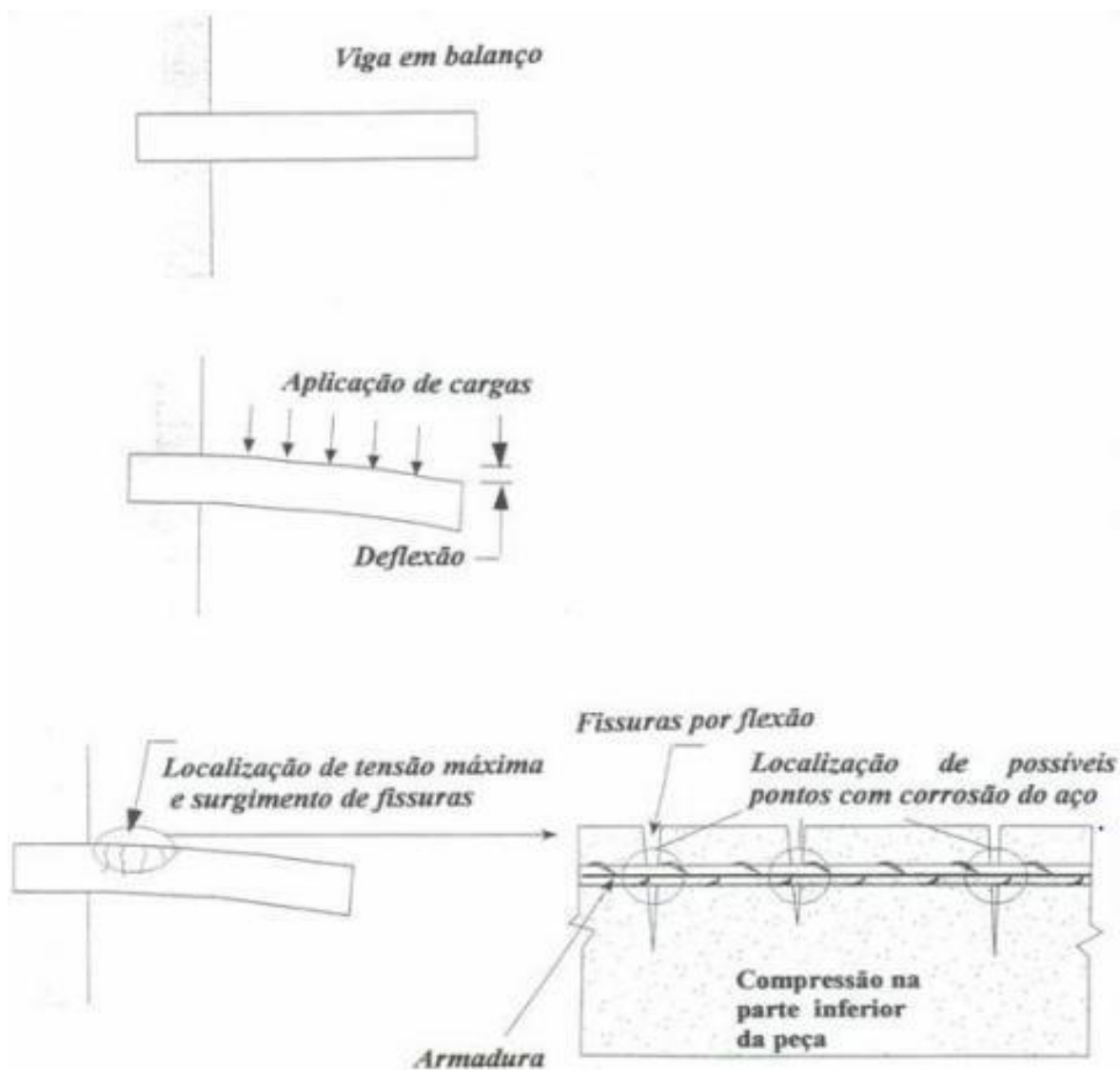
2.2 DESCRIÇÕES DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

2.2.1 FISSURAS

É a mais comum manifestação patológica em estruturas de concreto armado. Para Helene (2004), o aparecimento de fissuras nessas estruturas é inerente aos materiais que as compõem. O aço com elevada resistência impõe deformações à flexão e à tração no concreto que o envolve, assim quando essas forças superam a deformação específica máxima à tração do concreto, ocasiona as fissuras. Discorre ainda o autor que outro recorrente tipo de fissuras em marquises são aquelas ocasionadas devido à atuação de cargas, porém salienta que esse é o único tipo que pode ser controlado pelo cálculo estrutural. A figura 06 apresenta um esquema demonstrando como ocorre a fissuração por flexão. Em marquises podem ocorrer fissuras de torção por excessiva deformabilidade da laje ou originadas de cargas excêntricas em vigas de engaste (VITÓRIO, 2003). Argumenta Aguiar (2016) que a variação de temperatura provoca uma mudança volumétrica nas estruturas de concreto e que essas contrações e expansões, quando restringidas, resultam em tensões de tração, que sendo maiores que a resistência do concreto, ocasionará fissuras. A deformação de estruturas de concreto armado não é algo surpreendente, como explicam Silva e Jonov (2016), “vigas e lajes deformam-se naturalmente sob a

ação do peso próprio, das demais cargas permanentes e acidentais e mesmo sob o efeito da retração e da deformação lenta do concreto”.

Figura 6: Esquema de fissuração por flexão



Fonte: (AGUIAR, 2016)

2.2.2 SOBRECARGA

Fator de segurança estrutural em marquises, responsável por deformações e flechas nem sempre visíveis, que pode levar a estrutura ao colapso. Nessas cargas inclui grandes camadas de revestimento e impermeabilização, acúmulo de detritos ou entulhos sobre a marquise, acúmulo de água, instalação de painel publicitário ou

equipamentos, utilização indevida por acesso de pessoas, dentre outros (GONÇALVES, 2011). Em relação ao sistema de impermeabilização, salientam Medeiros e Grochoski (2007) que comumente, manutenções são realizadas tomando o caminho mais fácil, instalando uma camada nova sobre a existente, ao invés de se remover todo o sistema antigo. Com o passar dos anos, diversas impermeabilizações são aplicadas da mesma forma levando à ruína da marquise por sobrecarga não prevista em projeto. Relatam os autores que analisaram um caso onde uma marquise com laje de 7 cm de espessura possuía inúmeras camadas de impermeabilização superpostas totalizando 56 cm.

Gonçalves (2011) aborda que outra situação peculiar envolvendo a sobrecarga em marquises, está relacionada a reformas em fachadas. Ressalta que é comum a instalação de andaimes sobre marquises, muitas vezes, sem nenhum escoramento sob estas. Salienta que estes andaimes recebem materiais de construção e operários, o que só aumenta a carga e o risco envolvido. Complementa dizendo que outro risco, no caso de reformas, é o depósito de entulhos sobre as marquises.

2.2.3 CORROSÃO DE ARMADURAS

Este é um processo físico-químico caracterizado pela geração de óxidos e hidróxidos de ferro, pela presença de agentes agressores, conhecida como oxidação. A parte oxidada aumenta o seu volume em até 8 vezes e a força gerada da expansão desse processo acarreta o surgimento de microfissuras no concreto (VITÓRIO, 2003). Complementa Gonçalves (2011) que “o início do processo de corrosão é caracterizado pelo aparecimento de manchas marrom avermelhada ou esverdeada na superfície do elemento estrutural, devido à lixiviação dos produtos de corrosão”. Esse tipo de manifestação patológica, segundo Medeiros e Grochoski (2007), é um dos motivos que contribui para o colapso abrupto de uma marquise, pois com o surgimento de microfissuras em sua parte superior facilita a penetração de umidade e de agentes agressivos causando a corrosão do aço. Argumentam ainda que esse processo de despassivação das armaduras é comum pela ocorrência de ciclos de molhamento e secagem, devido ao clima, à presença de poluentes atmosféricos típicos como o gás carbônico (CO₂), monóxido de carbono (CO), e outros gases ácidos tipo SO₂, a

presença fungos, que torna favorável ao desenvolvimento da corrosão de armaduras de aço.

2.2.4 CARBONATAÇÃO

A carbonatação é o principal processo de degeneração do concreto. Aguiar (2016) explica que o processo acontece por causa da transformação do hidróxido de cálcio do interior da pasta de cimento hidratado em carbonato de cálcio, essa reação química faz baixar o pH da solução de 12,5 para 9,4. Complementa dizendo que a diferença do pH causada pelo desaparecimento do hidróxido de cálcio é fundamental para o início da corrosão das armaduras. Vitório (2003) define carbonatação como a transformação do hidróxido de cálcio, com alto pH, em carbonato de cálcio, que tem um pH mais neutro e informa que essa perda de pH do concreto representa uma das causas mais frequentes de corrosão em estruturas de concreto armado. Explica ainda o autor que em “ambiente natural, alcalino, com pH variando de 12 a 13 as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, abaixo de 9,5, tem-se o início do processo de formação de células eletroquímicas de corrosão”. Gonçalves (2011) confirma o que foi exposto anteriormente e complementa dizendo sobre o processo que:

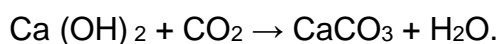
Esse efeito se dá no concreto através da penetração do dióxido de carbono, CO₂, presente na atmosfera, através das redes de poros no concreto, e de sua reação com os alcalinos da pasta de cimento, principalmente o hidróxido de cálcio. Este efeito se inicia na superfície do concreto para o interior do mesmo. Uma consequência importante disto é que ocorre a redução do pH do concreto ficando as armaduras mais sujeitas à corrosão (despassivação das armaduras) (GONÇALVES, 2011, p.56).

Ressalta HELENE (2004), que o processo de despassivação por carbonatação pode ser entendido como:

Um fenômeno que não é perceptível a olho nu, não reduz a resistência do concreto e até aumenta sua dureza superficial. A identificação da frente ou profundidade de carbonatação requer ensaios específicos. Ao atingir a armadura, dependendo das condições de umidade ambiente, pode promover séria corrosão, com aparecimento de manchas, fissuras, destacamentos de pedaços de concreto e até perda da seção resistente e da aderência, promovendo o colapso da estrutura ou de suas partes (HELENE, 2004, p.4).

Quanto às marquises, o processo de carbonatação pode ter seu avanço agravado pela constante presença de umidade, seja pela condensação de aparelhos

de ar condicionado ou pela chuva. “Outros fatores que também contribuem para que o fenômeno se desenvolva com mais rapidez são: a quantidade de CO₂ do meio ambiente, a permeabilidade do concreto e a existência de fissuras” (VITÓRIO, 2003). Argumenta Gonçalves (2011) que a velocidade do processo de carbonatação é relativa à concentração de CO₂, relação água / cimento do concreto e à umidade do ambiente. Salienta Aguiar (2016) que o CO₂ penetra da superfície para o interior da estrutura de maneira lenta e em concretos de mediana qualidade, observa-se que a velocidade da carbonatação é aproximadamente entre 1 mm por ano. Complementa ainda Gonçalves (2011) que essa velocidade de carbonatação pode ser visualizada, acompanhada e medida com aplicação de solução alcoólica de fenolftaleína. Quimicamente, a reação de carbonatação é representada da seguinte forma:



2.2.5 ERROS DE PROJETO E EXECUÇÃO

Além da qualidade do concreto utilizado, outro fator importante para a durabilidade das estruturas é o cobrimento das armaduras (GONÇALVES, 2011). Em relação à qualidade do concreto, argumenta que este precisa ter além de resistência adequada, a consistência correta, evitando assim o uso de concretos com elevada relação água / cimento e desta forma problemas com resistência insuficiente ou elevada porosidade, que permitirá o acesso de agentes agressivos até as armaduras. A adoção do cobrimento correto é uma das principais medidas que devem ser adotadas para a proteção das estruturas de concreto armado quanto à prevenção da corrosão, considerando para tanto, a agressividade do ambiente onde está localizada. De acordo com Aguiar (2016), quando a estrutura de concreto armado apresenta um cobrimento inadequado ao meio ou deficiente, se torna mais suscetível à penetração de agentes agressivos que podem atacar as armaduras e dar início ao processo corrosivo. Argumentam Medeiros e Grochoski (2007) que o posicionamento das armaduras precisa ser executado assegurando a conformidade com o projeto, uma vez que a sua não observância pode vir a ser o motivo do desabamento de uma marquise. Salientam sobre a possibilidade de ocorrência de inconformidades construtivas como o afundamento das barras de aço devido ao tráfego de operários

no momento da montagem da armação, da concretagem ou do adensamento do concreto. Para Gonçalves (2011) a falta e ou falha em critérios relacionados “à produção ou recebimento do concreto, lançamento, adensamento e cura, pode induzir a microfissuração, obtenção de resistência abaixo do especificado, defeitos de concretagem e aumento da porosidade do concreto”. Complementa que falhas no posicionamento de armaduras negativas, amassamento ou retirada de posição de armaduras, devido ao trânsito de operários, erro de leitura e interpretação de projetos também são problemas originados na fase executiva das estruturas. Quanto à posição das armaduras negativas, explica Gonçalves (2011), que o mau posicionamento representa um dos maiores problemas referente à etapa de execução das armações e podem acarretar danos estruturais.

É muito comum erros de posicionamento, decorrentes da falta de planejamento de dispositivos que mantenham a armadura na posição adequada. Muitas vezes as armaduras já são posicionadas abaixo ou acima da posição de projeto, ou mesmo saem do local adequado em decorrência do trânsito de trabalhadores da obra. Para evitar que isto ocorra recomendam-se adotar bitolas maiores para essas armaduras, “caranguejos” para montagem e tábuas de apoio para passagem de operários, evitando assim que os mesmos pisem nas armaduras negativas e as tirem da posição prevista. Tanto o posicionamento acima ou abaixo do local especificado para as armaduras são perigosos do ponto de vista de segurança estrutural. Se por um lado as armaduras situadas abaixo do local determinado possuem maior cobertura, por outro, este mau posicionamento diminui a altura útil da peça de concreto, e conseqüentemente pode ocorrer ruptura por esmagamento do concreto comprimido. No caso do posicionamento das armaduras acima do local especificado o maior problema é certamente a falta de cobertura adequada. Estas armaduras estão mais sujeitas ao processo de corrosão, o que pode levar ao colapso (GONÇALVES, 2011, p.40).

Muitos fatores colaboram para a perfeita execução das estruturas e para que elas tenham qualidade e alcancem uma vida útil maior. De acordo com Helene (2004), “a qualidade efetiva do concreto superficial de cobertura e proteção à armadura depende da adequabilidade da fôrma, do aditivo desmoldante e, preponderantemente da cura dessas superfícies”. Reforça ainda que em especial deve-se ter cuidado com superfícies expostas precocemente, devido à desmoldagem, tais como fundo de lajes, laterais e fundos de vigas e faces de pilares e paredes. (HELENE, 2004).

Gonçalves (2011) alerta que “a maioria das marquises existentes, projetadas e executadas já há algum tempo, com certeza possuem cobrimentos de armaduras insuficientes”. Embasa sua afirmação no fato da preocupação com a durabilidade ser

evidenciada na versão da norma ABNT-NBR 6118:2014 onde passou a ser normatizada a utilização de cobrimentos maiores de acordo com o grau de agressividade do meio, relação água/cimento, que está diretamente ligada à porosidade do concreto, bem como a sua classe. As tabelas 6.1, 7.1 e 7.2 da ABNTNBR 6118:2014 apresentam, respectivamente, as classes de agressividade ambiental, a correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto e correspondência entre classe de agressividade e cobrimentos nominais mínimos que devem ser observados em projetos e execuções de estruturas de concreto armado.

Tabela 1: Classes de agressividade ambiental

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

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

Fonte: (ABNT-NBR 6118:2014)

Tabela 2: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: (ABNT-NBR 6118:2014)

Tabela 3: Correspondência entre classe de agressividade e cobrimentos das armaduras

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.
^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: (ABNT-NBR 6118:2014)

Outros problemas, que podem acometer esse tipo de estrutura, estão relacionados às falhas de projeto. Sobre esse tema, Vitório (2003) relata que “estudos mostram que um elevado percentual dos problemas patológicos nas edificações é originado nas fases de planejamento e projeto”. Explica ainda que esses problemas são mais graves que aqueles relacionados à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos. Complementa dizendo que essas falhas são oriundas de projetos mal elaborados e mal detalhados que geram a necessidade de adaptações durante a fase de execução e futuramente se transformam em problemas de ordens funcional e estrutural. Medeiros e Grochoski (2007) salientam e exemplificam que a possibilidade de erro de projeto existe e que esse é um dos primeiros objetos de investigação em caso de colapso.

O erro de projeto é sempre uma possibilidade que deve ser investigada no caso de desabamento de uma marquise. Porém, este tópico é muito amplo e dependente de cada caso... Como exemplo de caso de desabamento de marquise comprovadamente por erro de projeto pode-se citar o ocorrido no Restaurante da Tijuca, Rio de Janeiro, em 1992, onde foi verificada deficiência de armadura na viga tipo balcão que sustentava a marquise desta edificação (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007, p.89).

Em relação aos projetos, além de critérios adequados de cálculo, outro ponto importante é o detalhamento das armaduras, que deve ser claro e objetivo permitindo sua adequada montagem (GONÇALVES, 2011). Salienta que os projetos de marquises necessitam de atenção especial, considerando cada tipologia e característica construtiva.

No caso de laje em balanço engastada em laje contígua, uma falha recorrente de projeto é o comprimento insuficiente da armadura negativa no engaste.... Para o caso de laje engastada em viga, deve-se prover um detalhamento que garanta a transmissão do momento torçor para a viga. Aconselha-se ainda a utilização de uma armadura positiva de distribuição, nas duas direções, para prevenir possível inversão do diagrama de momentos fletores, quando for feita a retirada de escoramento. Quanto à configuração estrutural existem algumas opções para o projeto, sendo este normalmente norteadas pelas dimensões do elemento. Balanços com maiores dimensões normalmente exigem a configuração de lajes apoiadas em vigas em balanço. Neste caso é necessário utilizar maior seção de concreto para resistir aos esforços de compressão na parte inferior do elemento, além de maior seção de armadura. Entretanto, pode não ser favorável a utilização de lajes de grande espessura. A continuidade da estrutura é outro fator que altera de maneira muito significativa o projeto já que afeta diretamente o grau de vinculação da estrutura em balanço. Quando não existe continuidade, vigas em balanço são engastadas diretamente nos pilares, enquanto lajes são diretamente engastadas nas vigas adjacentes. Daí a necessidade de verificar a torção

nestas vigas e a transferência de momento fletor aos pilares (GONÇALVES, 2011, p.20).

2.2.6 CONTAMINAÇÕES POR SULFATOS E CLORETOS

Este tipo de contaminação está diretamente ligado ao concreto utilizado na produção das estruturas. Descreve Helene (2004) que a expansão por sulfatos apresenta como “sintomatologia uma superfície com fissuras aleatórias, esfoliação e redução significativa da dureza e resistência superficial do concreto, com consequente redução do pH do extrato aquoso dos poros superficiais”. Explica sobre os sulfatos, que podem estar presentes na água, “são responsáveis por acarretar reações deletérias de expansão, com formação de compostos expansivos do tipo etringita e gesso secundário” (HELENE, 2004). Salaria ainda que além do gesso presente na composição do cimento, a contaminação externa pode elevar o teor de sulfatos do concreto, sendo responsável por desencadear a manifestação patológica. Complementa Aguiar (2016) que os sulfatos podem estar presentes na água de amassamento, nos agregados ou no próprio cimento, materiais que compõe o concreto, ou no contato deste com os solos. Explica também que o ataque produzido por sulfatos no concreto está relacionado à sua ação expansiva, que gera tensões capazes de fissurá-lo.

A contaminação por cloretos pode ter diversas causas como o uso de aditivos, na produção do concreto, que possuam cloretos em sua composição, através da penetração na estrutura de cloretos presentes no ambiente, principalmente nas regiões litorâneas, utilização de água ou agregados contaminados e pelo uso de produtos de limpeza de fachadas, como ácido Muriático (SOUZA, 2009). Complementa ainda que as manifestações patológicas mais comuns causadas por ataque de cloretos são as fissuras, causadas pela corrosão das armaduras e a presença de manchas no concreto, devido à retenção de umidade, com o agravante surgimento de fungos. De acordo com Helene (2004), a contaminação acontece através da “penetração do cloreto através de processos de difusão, de impregnação ou de absorção capilar de águas contendo teores de cloreto que ao superarem um dado limite despassivam a superfície do aço e instalam a corrosão”. Salaria que “esses teores elevados de cloreto podem ter sido introduzidos, inadvertidamente,

durante o amassamento do concreto, através do excesso de aditivos aceleradores de endurecimento”. Essa afirmação justifica-se pela presença de CaCl_2 na composição dos aditivos aceleradores de pega. Discorre Helene (2004), sobre a ocorrência e os problemas que podem ser causados por meio da contaminação por cloretos.

O fenômeno não é perceptível a olho nu, não reduz a resistência do concreto nem altera seu aspecto superficial. A identificação da frente ou da profundidade de penetração de certo teor crítico de cloreto requer ensaios específicos. Ao atingir a armadura pode promover séria corrosão com aparecimento de manchas, fissuras, destacamentos de pedaços de concreto e até perda da secção resistente e da aderência, promovendo o colapso da estrutura ou de suas partes (HELENE, 2004, p.4).

Aguiar (2016) ressalta que “a concentração de cloretos necessária para promover a corrosão é fortemente afetada pelo pH do concreto”. Destaca ainda sobre a necessidade de um nível de 8.000 ppm^1 de íons cloretos para iniciar o processo quando o pH do concreto é de 13,2, mas quando o pH cai para um patamar de 11,6, a corrosão se inicia com somente 71 ppm de íons cloretos.

2.2.7 REAÇÃO ALCALI AGREGADO

Reações superficiais deletérias oriundas de agregados que contêm a pirita, a opala, a calcedônia, as sílicas amorfas e certos calcários, que podem causar manchas, cavidades e protuberâncias na face das estruturas de concreto. Outros compostos reativos como os próprios silicatos hidratados da pasta de cimento podem reagir com os álcalis, em presença de elevada umidade (HELENE, 2004).

Explica ainda que “a sintomatologia básica é uma expansão geral da massa de concreto com fissuras superficiais, profundas e aleatórias no caso de massas contínuas e ordenadas no caso de estruturas delgadas” (HELENE, 2004). Para Vitório (2003), a reação química que ocorre entre a sílica existente em determinados tipos de agregados utilizados no concreto e o álcali, que pode ser o de sódio ou de potássio, presente na pasta de cimento, provoca trincas de grande magnitude na superfície das estruturas. Complementa dizendo que “genericamente, se dispõem no sentido

¹ppm: partes por milhão

longitudinal da peça, interconectadas por finas trincas aleatórias transversais” (VITÓRIO, 2003). Argumenta Aguiar (2016) que a “reação álcaliagregado pode criar expansões e severas fissuras nas estruturas de concreto”. Explica que certos agregados reagem com o potássio, o sódio e o hidróxido de cálcio do cimento formando um gel que envolve os agregados reativos. Alerta também que esse gel, ao ser exposto à umidade, se expande criando tensões internas que causam fissuras em torno dos agregados.

2.2.7 MANUTENÇÃO

Antes de entrar no assunto de patologias originadas por falta de manutenção, cabe destacar dois tipos de manutenção existentes, conforme descrevem Silva e Jonov (2016):

Manutenção preventiva: Toda medida tomada com antecedência e previsão, durante o período de uso e manutenção da estrutura, pode ser associado a um custo vinte e cinco vezes maior que aquele necessário se a decisão de obter certo grau de proteção e durabilidade tivesse sido tomada no projeto. Manutenção corretiva: Corresponde aos trabalhos de diagnóstico, prognóstico, reparo e proteção das estruturas que já apresentam manifestações patológicas. A esta atividade pode associar um custo de cento e vinte e cinco vezes superior ao custo das medidas que poderiam ter sido tomadas em nível de projeto (SILVA; JONOV, 2016, p.22).

Helene (2004) salienta que mecanismos de deterioração das estruturas estão relacionados às ações mecânicas, movimentações e variações volumétricas de origem térmica, impactos, deformação, ações cíclicas que geram fadiga e ainda com a agressividade do meio em que estão inseridos. Complementa o autor que a classificação da agressividade do meio deve levar em conta o clima e as condições de exposição da estrutura e de suas partes (HELENE, 2004).

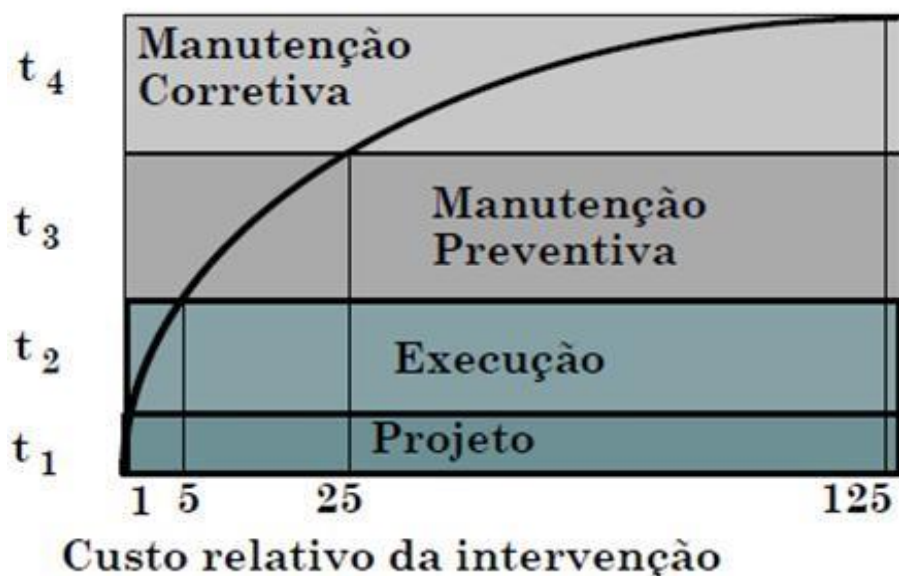
Em marquises a necessidade de cuidados muitas vezes simples, feitos de forma periódica, impede que ocorram intervenções maiores, com custo elevado (GONÇALVES, 2011). Exemplifica o autor, que a simples remoção de sujeiras sobre essas estruturas são suficientes para a manutenção do escoamento da água, reduzindo assim a necessidade de intervenções no sistema de impermeabilização.

Porém, ressalta “que na maioria dos edifícios, as marquises são locais de difícil acesso, dificultando a limpeza periódica. Obviamente que isto não deve ser justificativa

para falta de manutenção, ainda que se tenham mais dificuldades neste caso” (GONÇALVES, 2011). Em relação à impermeabilização, Gonçalves (2011) ressalta que “sua manutenção deve ser feita sempre com a remoção da camada antiga antes da aplicação de outra nova. Em nenhum caso deve ser feita sobreposição de camada de impermeabilização”.

Do ponto de vista econômico, as medidas visando durabilidade da estrutura e sua manutenção, tomadas em nível de projeto, ou seja, de forma preventiva, são mais convenientes, mais seguras e mais baratas que as medidas tomadas de forma corretiva (HELENE, 2004). Salaria que os “custos de intervenção na estrutura para atingir certo nível de durabilidade e proteção, crescem exponencialmente quanto mais tarde for essa intervenção”. Essa evolução de custo pode ser assimilada ao de uma progressão geométrica de razão 5, conhecida por lei dos 5 ou regra de Sitter, representada na figura 7.

Figura 7: Representação da evolução dos custos em função da fase da vida da estrutura em que a intervenção é feita



Fonte: (HELENE, 2004)

CAPÍTULO 3:

ACIDENTES OCASIONADOS EM MARQUISES DE CONCRETO ARMADO

Existem diversos acidentes ocorridos com marquises de concreto armado relatados na literatura e os mesmos já foram alvos de estudos, não apenas nos laudos técnicos realizados para descobrir as possíveis causas dos colapsos, mas também em trabalhos científicos nos mais diversos níveis de estudo. É um tema explorado há décadas, mas se mantém atual devido à quantidade de marquises existentes, a idade construtiva dessas estruturas e, principalmente, por sua concepção e particularidade, tanto estrutural quanto de utilização. Esse interesse de estudo se explica não somente pelo número de ocorrências, mas pelo perigo e dano causado por seu colapso, uma vez que se trata de estruturas que se estendem sobre o logradouro público, envolvendo o trânsito de pedestres. Conforme relatam Jordy e Mendes (2006), “a maioria destes acidentes estruturais resultam em consequências imprevisíveis, geralmente com vítimas fatais e interdições em calçadas e vias de passagem”.

Os relatos de grande parte dos acidentes mais conhecidos com marquises, de acordo com Gonçalves (2011), datam do início dos anos 90 na cidade do Rio de Janeiro. Com o intuito de justificar ou pelo menos contextualizar essa questão, o autor ressalta o histórico construtivo desses elementos, enfatizando o aumento desse tipo construção, talvez por motivação de decreto, mas lembrando de que muitas não tiveram manutenção adequada.

O histórico da utilização de marquises teve momentos distintos, primeiro com o decreto 6000/37 em 1937 no Rio de Janeiro, onde o artigo 194 tornava obrigatória a construção destes elementos em logradouros situados em zonas comerciais. Esta recomendação era válida inclusive para edificações comerciais já existentes. No ano de 1991 foi criado o Decreto 10426/91, onde se extinguiu a obrigatoriedade de construção de marquises na mesma cidade. Posteriormente, em 2007, com o Decreto 27.663/07 a construção destes elementos foi proibida (GONÇALVES, 2011, p.62).

Jordy e Mendes (2006) ressaltam que esta época apresenta a maior frequência de acidentes com marquises na cidade do Rio de Janeiro, e suas causas podem ser atribuídas a ações de agentes agressivos, instalação de anomalias e consequente perda de desempenho das estruturas. Em nível nacional, Gonçalves (2011), relata que

“existem vários registros de quedas de marquises em diversas cidades do Brasil, muitos deles não noticiados ou mesmo não estudados em vistoria ou perícia”.

Nas tabelas 4 e 5 estão descritos vários acidentes ocorridos com marquises no Brasil e, por meio de diversas fotografias, alguns desses eventos serão demonstrados na sequencia deste capítulo.

Tabela 4: Casos mais recentes de desabamento de marquises

<i>Casos recentes de desabamento de marquises</i>				
<i>Local</i>	<i>Ano do acidente</i>	<i>Vítimas</i>	<i>Arranjo estrutural</i>	<i>Obs.:</i>
Avenida João Pessoa, Porto Alegre, RS	2006	01 morto	ND	
Armazem 4, Cais do Porto, Rio de Janeiro, RJ	2007	01 morto e 03 feridos	ND	
Rua Teixeira de Melo - Ipanema, Rio de Janeiro, RJ	2008	Nenhuma	ND	
Rua Paulo Froes, Nova Iguaçu., RJ	2008	01 ferido	ND	
Avenida Churchil, Rio de Janeiro, RJ	2008	Nenhuma	ND	
Visconde de Nassau, Maringá, PR	2008	Nenhuma	ND	
Rua Neo Alves Martins, Maringá, PR.	2010	Nenhuma	Laje engastada	20/09/10
Bom Retiro, São Paulo, SP	2010	01 morto	ND	06/09/10
Avenida Francisco Morato, São Paulo, SP	2010	01 morto e 01 ferido	ND	04/01/10
Centro, Aracajú, SE	2010	01 morto e 02 feridos	Laje engastada	26/07/10
Escola Municipal Wilson Simões , Caxias, RJ	2010	10 feridos	ND	15/03/10
Bairro São Bernardo, Belo Horizonte, MG	2010	01 ferido	ND	09/11/10
Rua Ranges Pestana, Centro comercial do Brás, São Paulo, SP	2010	02 Feridos	ND	09/11/10

Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Tabela 5: Casos de desabamento de marquises

Casos de desabamento de marquises e estruturas similares no Brasil						
<i>Edifício</i>	<i>Ano do acidente</i>	<i>Idade da edificação</i>	<i>Vítimas</i>	<i>Arranjo estrutural</i>	<i>Agentes causadores</i>	<i>Comprimento do balanço</i>
Merúrio (RJ)	1990	Não declarado	1 morto	Laje sobre viga engastada	Corrosão das armaduras agravada por cobrimento insuficiente.	Não declarado
Terminus (RJ)	1992	Não declarado	1 morto e 2 feridos	Laje sobre viga engastada	Sobrecarga devido a sucessivas camadas de impermeabilização. Corrosão das armaduras	3 m
Restaurante da Tijuca (RJ)	1992	37 anos	nenhuma	Laje sobre viga engastada	Dimensionamento incorreto. Corrosão das armaduras	1 m
Prédio do BANDERN (RN)	1993	> 50 anos	nenhuma	Laje engastada	Corrosão das armaduras	Não declarado
Tavares (RJ)	1995	Não declarado	1 ferido	Laje engastada	Excesso de água por falta de drenagem. Sobrecarga de letreiro apoiado sobre a marquise.	2 m
Hospital Municipal Barata Ribeiro (RJ)	1996	48 anos	nenhuma	Laje engastada	Mal posicionamento da armadura negativa. Sobrecarga devido a sucessivas camadas de impermeabilização. Excesso de água por falta de drenagem.	2,40 m
Hotel Palace (BA)	2000	66 anos	1 morto e 2 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras. Excesso de água não drenada.	Não declarado
Ed. M. D' Almeida	2001	Não declarado	1 morto e 7 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras. Excesso de água não drenada.	Não declarado
Granville	2004	24 anos	nenhuma	Laje engastada	Mal posicionamento da armadura negativa.	Não declarado
Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da UEL (PR)	2006	7 anos	2 mortos e 21 feridos	Laje sobre viga engastada	Corrosão das armaduras. Excesso de água não drenada.	5 m
Bar Parada Obrigatória - Vila Isabel (RJ)	2006	50 anos	3 mortos e 4 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras.	Não declarado
Hotel Canadá	2007	40 anos	2 mortos e 14 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras. Sobrecarga	3 m

Fonte: (GONÇALVES, 2011) *apud* (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007)

As causas mais prováveis dos colapsos de marquises de concreto armado, inclusive comprovadas em muitos casos, foram relatadas no capítulo 2. Não serão abordadas as causas que levaram a ocorrência do evento e nem suas consequências

diretas, pois já foram apresentadas e analisadas em diversos trabalhos anteriores, utilizados como fonte de pesquisa, mas tem-se apenas o intuito de demonstrar e exemplificar alguns desses diversos acidentes propriamente ditos.

Acidente ocorrido em 1990, na cidade do Rio de Janeiro, no Ed. Mercúrio.

Figura 8: Marquise do edifício Mercúrio: escoramento emergencial para demolição.



Fonte: (JORDY; MENDES, 2006)

Acidente ocorrido em 2006, no Bar Parada Obrigatória, bairro de Vila Izabel, na cidade do Rio de Janeiro.

Figura 9: Desabamento da marquise do Bar Parada Obrigatória



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Acidente ocorrido em 2007, na cidade do Rio de Janeiro, no Hotel Canadá.

Figura 10: Desabamento de marquise do Hotel Canadá



Fonte: (JORDY; MENDES, 2006)

Acidente ocorrido em 2008, também no Rio de Janeiro, na Avenida Churchill.

Figura 11: Desabamento de marquise Av. Churchill.



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Acidente ocorrido em Sergipe, no centro da cidade de Aracaju, no ano de 2010.

Figura 12: Desabamento em Aracaju no ano de 2010



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Acidente ocorrido em 2006, no Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CESA) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) no Paraná.

Figura 13: Desabamento da marquise da Universidade Estadual de Londrina



Fonte: (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007)

Acidente ocorrido em Maringá, no ano de 2010, também no estado de Paraná.

Figura 14: Desabamento de marquise na cidade de Maringá



Fonte: (GONÇALVES, 2011)

Acidente ocorrido em Belo Horizonte no ano de 2013, no estado de Minas Gerais.

Figura 15: Desabamento de marquise na cidade de Belo Horizonte



Fonte: (SALACHENSKI, 2013)

CAPÍTULO 4:

LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DO ESTADO GERAL DAS MARQUISES EM BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS

Grande parte das marquises na região central da cidade de Belo Horizonte – MG apresentam diversas evidências de manifestações patológicas, assim como em qualquer outra cidade brasileira de mesmo porte. Em grandes centros urbanos a agressividade do meio ambiente é maior, aliado à avançada idade construtiva da maioria das edificações, a falta de manutenção e fiscalização por parte dos órgãos competentes, tem-se o quadro perfeito para o avanço das deteriorações e conseqüentemente a possibilidade de sinistros com marquises. Considerando-se o caráter de ruptura brusca e frágil desses elementos e o grande tráfego de pessoas na região central da cidade sob as marquises, cujo desempenho esteja comprometido, mesmo que aparentemente em bom estado, porém maquiadas por reformas inadequadas e superficiais (GONÇALVES, 2011). Comprovadamente, acidentes com marquises são perigosos e geralmente envolvem vítimas fatais. O levantamento realizado evidencia a necessidade de estudos e intervenções em marquises da cidade de Belo Horizonte.

No levantamento, observa-se diversas manifestações patológicas instaladas nas estruturas. Nota-se a presença de corrosão de armaduras, fissuras, problemas causados por deficiência de impermeabilização, deslocamento frontal de argamassa e dos revestimentos, acúmulo de sujeira, entulhos e objetos. Observa-se a instalação de sistema de exaustão de gorduras, que podem intensificar a presença de sal sobre a estrutura, que pode causar a contaminação por cloretos e conseqüentemente a corrosão de armaduras. Também se verifica a instalação de condensadores de aparelhos de ar condicionado, diretamente sobre a estrutura ou não. Os coletores da água resultante do processo de resfriamento são despejados diretamente sobre a marquise. A presença constante da água e do CO₂, presente na atmosfera devido, principalmente, à queima do combustível dos automóveis, formam os principais ingredientes para o aparecimento da carbonatação em estruturas de concreto armado.

A figura 16 demonstra diversos problemas citados anteriormente, inclusive o

acúmulo de detritos e objetos sobre a marquise, evidenciando problemas de obstrução do sistema de drenagem, deslocamento de argamassa e sobrepeso.

Figura 16: Marquises em ruas no centro da cidade de Belo Horizonte.



Fonte: Arquivo Pessoal

Na figura 17 a marquise apresenta diversas manifestações patológicas devido a falhas do sistema de impermeabilização. Observa-se percolação de águas de chuvas por fissuras, presença de fungos e evidente falta de manutenção.

Figura 17: Marquises com infiltrações e fungos



Fonte: Arquivo Pessoal

Nas marquises das figuras 18, 19 e 20 aparecem indícios de deterioração das armaduras por corrosão com evidências de perdas de seção do aço. A principal causa dessas manifestações patológicas pode ser atribuída a falhas no sistema de impermeabilização, uma vez que se observa infiltrações em toda a estrutura bem como fungos, deslocamento de argamassa de revestimento e materiais de acabamento.

Figura 18: Marquises com corrosão de armaduras



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 19: Marquises com avançado grau de deterioração das armaduras



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 20: Marquises com evidente deterioração das armaduras



Fonte: Arquivo Pessoal

Após um incêndio na região central da cidade, a edificação apresentada na figura 21 foi comprometida. As marquises foram escoradas devido ao grande risco de colapso, mas nenhuma outra providência foi tomada pelo poder público em relação a essa edificação. Observa-se aqui falha no escoramento realizado, uma vez que não foi considerada a estrutura de laje em balanço, a atuação do momento negativo e o posicionamento das armaduras principais para combater os esforços causados por esse momento. Da maneira que foi realizado o escoramento, a estrutura passa a atuar como laje biapoiada, alterando totalmente a concepção estrutural de projeto, aumentando o risco de colapso, uma vez que as armaduras não estão atuando conforme projetado. Até hoje somente essas escoras foram colocadas, a fachada da edificação encontra-se totalmente deteriorada e com risco eminente de um grave acidente envolvendo vítimas, pois viraram abrigo de moradores de rua, além de estarem localizadas em rua com grande tráfego de pessoas.

Figura 21: Marquises em avançado grau de deterioração



Fonte: Arquivo Pessoal

Observa-se na maioria das marquises que recebem manutenção a preocupação com a face interna da mesma, onde são feitas apenas maquiagens com massa de acabamento e pintura, sem considerar a necessidade de correção em toda a estrutura, passando pelo sistema de impermeabilização, verificação estrutural e necessidade de reforço, além de levantamento de possíveis processos patológicos instalados. Na figura 22 se observa esse processo de maquiagem, sem preocupação com a estrutura, onde vê-se a presença de lixo e entulhos sobre a marquise, causando obstrução no sistema de drenagem e conseqüentemente infiltrações, deslocamento de argamassa e massas de acabamento. Na figura 23, verifica-se adaptação de mão francesa para sustentar a marquise com sérios problemas estruturais. Nota-se que a laje cedeu e é sustentada pela mesma.

Figura 22: Marquise com pintura realizada na face interna deteriorada



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 23: Marquise apoiada por mão francesa adaptada à estrutura para reforço



Fonte: Arquivo Pessoal

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por tudo o que foi exposto e considerando que a maioria das marquises possuem idades avançadas, apesar de existirem normas prescritivas que tratam da durabilidade dos materiais envolvidos em sua construção, da sua concepção, dos métodos de cálculo e construtivos que envolvem os sistemas que garantem a vida útil e o desempenho das construções, um dos principais problemas é a falta de manutenção dessas estruturas. A marquise é parte integrante da edificação sendo responsabilidade dos proprietários a sua manutenção e conservação. A vistoria e fiscalização desses elementos é responsabilidade do poder público, função destinada as prefeituras das cidades. Outro problema, que se torna um agravante, é a falta de fiscalização e atuação do poder público no que diz respeito às marquises. Há sempre a necessidade da ocorrência de sinistros para que comece, por parte das autoridades competentes, ações voltadas para solução do problema. Essas ações estão relacionadas a “apagar incêndios” ao invés de atuações de forma preventiva. Conforme foi exposto anteriormente, toda ação preventiva é mais barata, eficiente e de menor complexidade que ações corretivas.

Sinistros envolvendo marquises são acidentes graves e, não raramente, envolvem vítimas fatais. Por sua própria concepção construtiva, são elementos propensos ao aparecimento de diversas manifestações patológicas, e por isso necessitam de atenção especial, tanto em sua fase de projeto, quanto na fase de construção e mais ainda em suas manutenções.

Os mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado estão relacionados às ações mecânicas, movimentações e variações volumétricas de origem térmica, impactos, deformações, ações cíclicas que geram fadiga e também com a agressividade do meio em que estão inseridos. Todos estes são agravados pela falta de manutenção.

Deteriorações causadas nessas estruturas devem ser observadas com cuidado, pois indicam a necessidade de intervenções em diferentes graus de complexidade. Por se tratar de elementos que se projetam sobre o logradouro público, colocam em riscos pedestres em deslocamento ou que busquem abrigo sob eles. Somente este motivo é mais que suficiente para indicar uma intervenção, mas soma-

se a este, o fato de um sinistro causar interrupção de tráfego, interdição do local e outras implicações econômicas, além de trazer risco à vida.

Uma vez que este trabalho se baseou na apresentação visual de manifestações patológicas em marquises localizadas na região central de Belo Horizonte, recomenda-se o aprofundamento das pesquisas de identificação e comprovação do grau de deterioração e do risco de colapso dessas estruturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, José Eduardo de. **Patologia E Durabilidade Das Estruturas De Concreto**. 2016. Disponível em:<http://www.demc.ufmg.br/aguiar/UFMG_2016.pdf>. Acesso em 20 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento - **NBR: 6118/2014**. Rio de Janeiro, 2014.

GONÇALVES, Márcio de Oliveira. **Marquises de concreto armado da cidade de Viçosa-MG: manifestações patológicas, inspeção e avaliação de grau de deterioração**. 2011. Disponível em:<<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3741>>. Acesso em 15 jul. 2016.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **A Nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das estruturas de Concreto**. II Seminário De Patologia Das Edificações Do Leme/UFRGS. 2004. Disponível em:<<http://www.phd.eng.br/wpcontent/uploads/2014/06/185.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2016.

JORDY, João Cassim; MENDES, Luiz Carlos. **Análise e procedimentos construtivos de estruturas de marquises com propostas de recuperação estrutural**. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação (Doutorado) Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. Disponível em:<http://jcbeng.net/phocadownload/jordy_marquises.pdf>. Acesso em 20 abr. 2016.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; GROCHOSKI, Maurício. Marquises: Por Que Algumas Caem? **Revista Concreto e Construções – IBRACON**, 2007. Disponível em:<http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/Mestrado%20Artigo%202%20Marquises%20%20Estado%20Arte.pdf>. Acesso em 20 abr. 2016.

SALACHENSKI, Mikaela. **Site G1**. On Line 2013. Disponível em:<<http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2013/02/mulher-morre-atingida-porqueda-de-marquise-em-belo-horizonte.html>>. Acesso em 11 out. 2016.

SILVA, Adriano de Paula e; JONOV, Cristiane Machado Parisi. **Manifestações Patológicas Nas Edificações**. 2016. Disponível em:<http://www.demc.ufmg.br/adriano/Manifest_%20Pat_2016.pdf>. Acesso em 20 abr. 2016.

SOUZA, Deise Aparecida Silva. **A estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro em Brasília: histórico de projeto, execução, intervenções e estratégias para manutenção.** Dissertação de Mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental /UNB, 2009. Disponível em:<<http://repositorio.unb.br/handle/10482/8973>>. Acesso em 20 abr. 2016.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia.** Recife: nov. 2003. Disponível em:<http://www.vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf>. Acesso em 20 abr. 2016.