

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DIREÇÃO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MANOEL CORCINO DA COSTA NETO

GUIA DE INSPEÇÃO EM MARQUISES

MONOGRAFIA

ARACAJU

2021

MANOEL CORCINO DA COSTA NETO

GUIA DE INSPEÇÃO EM MARQUISES

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique de
Carvalho

ARACAJU

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Costa Neto, Manoel Corcino da

C837g Guia de inspeção em marquises. / Manoel Corcino da
Costa Neto. - Aracaju, 2021.

71 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique de Carvalho.
Monografia (Graduação - (Bacharelado em Engenharia
Civil.) - Instituto Federal de Sergipe, 2021.

1. Marquise. 2. Inspeção. 3. Concreto armado. 4.
Manifestação patológica. 5. Fissura. 6. Corrosão. I.
Carvalho, Carlos Henrique de. II. Título.

CDU 69.059.1(81)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº 188

GUIA DE INSPEÇÃO DE MARQUISES

MANOEL CORCINO DA COSTA NETO

Esta monografia foi apresentada às 17h40 do dia 15 de abril de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

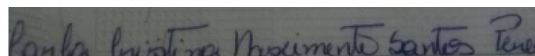
Prof. M.Sc. Emerson Meireles de Carvalho

(IFS – Campus Aracaju)

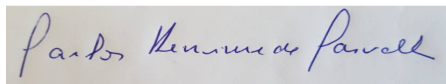
EMERSON
MEIRELES DE
CARVALHO: 37425943549
37425943549
Assinado digitalmente
por EMERSON
MEIRELES DE
CARVALHO:
37425943549
Data: 2021.04.15 18:53:
05-03'00'

Prof^(a). Dr^(a). Carla Cristina Nascimento
Santos Pereira

(IFS – Campus Aracaju)



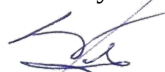
Prof. Dr. Carlos Henrique de Carvalho



(IFS – Campus Aracaju)

Orientador

Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa



(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

A meus pais Claudivan Costa e Kadja Valéria, pelos ensinamentos transmitidos ao longo da vida a mim e ao meu irmão, além do apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

A minha querida namorada Anna Victória, pelo seu amor incondicional e por estar ao meu lado em todos os momentos.

A meu professor orientador, Dr. Carlos Henrique de Carvalho, pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Também quero agradecer ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju e o seu corpo docente que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

RESUMO

NETO, Manoel Corcino da Costa. **Guia de inspeção em marquises**. 71 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2021.

A febre da construção de marquises do século passado trouxe problemas para o presente, visto que muitas dessas estruturas nunca foram devidamente inspecionadas. Este trabalho objetiva principalmente conceber um guia de inspeção em marquises que sirva de base para futuros trabalhos nesse tipo de estrutura. Os estudos implicaram no detalhamento de todas as etapas de uma inspeção, tais como: coleta de dados preliminares para uma breve anamnese, instruções para a primeira inspeção visual detalhada e uso de ensaios não destrutivos e semi destrutivos, em que, todos esses registros subsidiam uma análise estrutural eficiente, a qual pode fundamentar com clareza o diagnóstico final a respeito da marquise inspecionada.

Palavras-chave: Marquise; Inspeção; Concreto armado; Manifestações patológicas; Ensaios; Guia.

ABSTRACT

NETO, Manoel Corcino da Costa. **Guia de inspeção em marquises**. 71 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2021.

The fever of building marquees of the last century has brought problems to the present, since many of these structures have never been properly inspected. This work mainly aims to elaborate an inspection guide in marquees that will serve as a basis for future work in this type of structure. The studies involved the detailing of all the stages of an inspection, such as: collection of preliminary data for a brief anamnesis, instructions for the first detailed visual inspection and the use of non-destructive and semi-destructive tests, in which, all these records subsidize a efficient structural analysis, which can clearly support the final diagnosis regarding the inspected marquee.

Keywords: Marquee; Inspection; Reinforced concrete; Pathological manifestations; Tests; Guide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Queda de marquise da filial das Lojas Arapuã em Porto Alegre	11
Figura 2: Colapso de marquise de loja de roupa em Aracaju em julho de 2010.....	11
Figura 3: Laje em balanço com espessura constate engastada na laje interna	13
Figura 4: Laje em balanço engastada em laje armada em uma direção.....	13
Figura 5: Laje em balanço sem continuidade com outra laje	14
Figura 6: Marquises sustentadas por vigas.....	15
Figura 7: Marquise da UFS engastada em tijolos cerâmicos.....	16
Figura 8: Engaste da Marquise da UFS.....	16
Figura 9: Fotografia mostrando a superestrutura acima do engaste da marquise da UFS....	17
Figura 10: Fissura em marquise	19
Figura 11: Bolor em estrutura de concreto	20
Figura 12: Limo na parte superior de marquise da UFS	21
Figura 13: Fotografia evidenciando drenagem insuficiente na marquise	22
Figura 14: Marquise colapsada em São Paulo.....	23
Figura 15: Marquise com presença biológica na UFS.....	24
Figura 16: Marquise com fissuras em Aracaju.....	25
Figura 17: Peça estrutural de concreto armado que sofreu carbonatação	27
Figura 18: Eflorescência em parede.....	28
Figura 19: Corrosão na marquise da UFS.....	31
Figura 20: Esquema de funcionamento do Pacômetro	32
Figura 21: Funcionamento do pacômetro.....	32
Figura 22: Aparelho de utrassom.....	34
Figura 23: Esquema de funcionamento do aparelho de ultrassom	34
Figura 24: Esquema do ensaio de potencial de corrosão.....	35
Figura 25: Ilustração do método de Wernner	37
Figura 26: Esclerômetro de reflexão	40
Figura 27: Uso de Relógio comparador na medição da deformação de uma marquise	41
Figura 28: Equipamento de Termografia Infravermelha.....	42
Figura 29: Realização de ensaio de profundidade de carbonatação em concreto.....	43
Figura 30: Gamagrafia de um pilar de concreto armado apresentando a disposição das armaduras.....	46
Figura 31: Gamagrafia evidenciando vazios no concreto	46
Figura 32: Esquema da armadura protegida por pastilha galvânica.....	47
Figura 33: Tela Galvânica	48
Figura 34: Utilização da pastilha de zinco para proteção catódica	48
Figura 35: Avaliação preliminar de uma estrutura de concreto armado	52
Figura 36: Capa do livro de Thomas Ripper	56
Figura 37: Sugestão de pontos para realização de ensaios	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do concreto em função da velocidade do pulso ultrassônico.....	33
Tabela 2: Gradiente de potencial X Probabilidade de corrosão do aço	36
Tabela 3: Tabela de Resistividade do concreto X Indicação da probabilidade de corrosão..	38
Tabela 4: Diretrizes da NBR 14037/2011.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos.....	10
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
1.2 Justificativa.....	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Definição e tipos de marquise.....	12
2.2 Manifestações Patológicas em Marquises	17
2.2.1 Fissuras	19
2.2.1.1 Fissuras de origem higrotérmica.....	19
2.2.1.2 Fissuras de origem mecânica.....	22
2.2.1.3 Fissuras de origem química e eletroquímica	24
2.2.2 Ataques químicos	25
2.2.3 Eflorescências.....	27
2.2.4 Corrosão das armaduras.....	28
2.3 Ensaios não destrutivos	31
2.3.1 Pacometria	31
2.3.2 Ultrassom	33
2.3.3 Ensaio de Potencial de Corrosão, Resistividade elétrica do Concreto e Velocidade de Corrosão	35
2.3.4 Esclerometria	40
2.3.5 Extensometria	40
2.3.6 Termografia.....	41
2.3.7 Profundidade de Carbonatação.....	42
2.3.8 Penetração de fluidos no Concreto.....	43
2.3.9 Aspersão, Teores e Difusão de Cloretos	44
2.3.10 Tomografia Computadorizada	45
2.4 Proteção Catódica.....	47
3. Metodologia.....	49
4. Diretrizes para o Guia de Inspeção em Marquises	49
4.1 Considerações a partir da concepção	49
4.1.1 Análise do Acervo técnico disponível	49
4.1.2 Entrevistas	50
4.1.3 Levantamento Geométrico	50
4.1.4 Primeira inspeção visual detalhada	51

4.2 Inspeção detalhada através de ensaios não destrutivos e semi destrutivos	53
4.3 Classificação das inspeções em Marquises	54
4.3.1 Critérios de classificação das Marquises	54
4.3.2 Classificação do estado das Marquises	54
4.3.3 Classificação do Estado de Conservação das Marquises	55
4.4 Etapa de Recuperação/Reforço ou Demolição	55
4.5 Planejamento de um Manual de Manutenção constante no Guia	56
5. Resultados	59
6. Conclusão	65

1 INTRODUÇÃO

Com o aprimoramento das teorias de dimensionamento do concreto armado e o surgimento do Cimento Portland no Brasil a partir de 1902, inicia-se a verticalização dos prédios, visto que as construções da época tinham, no máximo, 4 pavimentos. Devido ao aumento no número de pavimentos, começa-se a preocupação com a queda de objetos de grandes alturas, e para minimizar este risco, passou-se a ser obrigatória a construção de marquises em prédios comerciais a fim de proteger os pedestres. Atualmente, não é mais obrigatório construir-se marquises, porém as que forem construídas devem seguir um processo de gestão rigoroso desde o seu projeto até a sua utilização. Devido a graves acidentes registrados com marquises, começou-se em 1998 a instituir leis que obriguem inspeções em marquises a cada 3 anos com o objetivo de evitar mais tragédias.

A existência de uma ou mais falhas durante as gestões de projeto, de execução e de manutenção implica no surgimento de manifestações patológicas. Assim como toda estrutura de concreto armado, e de outros materiais, as marquises necessitam de um plano de manutenções periódicas para que se garanta a segurança dos usuários, evitando, dessa forma, tragédias.

Apesar disso, não é comum que haja manutenções periódicas nas edificações, assim como nas marquises, face a nossa falta de cultura de manutenção. Tendo isso em vista, nota-se que é imprescindível conscientizar os proprietários de edificações sobre a importância de realizar tais manutenções para que se reduza o risco de acidentes. Intervenções pequenas são feitas, em marquises por exemplo, quando surgem manifestações patológicas, porém elas acabam encobrendo um problema futuro maior por não serem feitas de maneira adequada e acabam potencializando o

problema, em alguns casos. A perpetuação dessa prática e a não conscientização de que se deve realizar manutenções periódicas levam à deterioração da estrutura chegando ao ponto de culminar em acidentes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal elaborar um guia de inspeção em marquises através de vistoria visual com uso de ensaios não destrutivos e semi destrutivos a fim de identificar o seu grau de risco e sugerir intervenções sensatas, caso necessárias.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar ensaios não destrutivos que podem ser utilizados em marquises;
- Identificar ensaios semi destrutivos que podem ser utilizados em marquises;
- Elaborar levantamento das principais manifestações patológicas em marquises;
- Listar as principais etapas de uma inspeção em marquise.

1.2 Justificativa

Muitas tragédias envolvendo marquises têm ocorrido em diversas cidades em todo o mundo. E como em todo acidente estrutural os resultados são imprevisíveis, geralmente com mortes e interdições de calçadas e vias de passagem. Durante a rotina diária, as pessoas passam por baixo de diversas marquises sem nem perceber. O problema é que muitas dessas estruturas apresentam risco de desabamento e por não haver uma fiscalização rígida com relação a inspeções regulares, acabam sendo negligenciadas. (MELO, 2011)

Pode-se citar, por exemplo, que até 2015 dentre 8 mil marquises existentes em Porto Alegre, mais de 5 mil estavam em situação irregular.

Estão cada vez mais frequentes os acidentes com marquises resultando em vítimas fatais. Prova disso, é que aconteceu uma tragédia com a marquise de uma filial das Lojas Arapuã que pesava quatro toneladas e meia, em Porto Alegre, em outubro de 1988, onde teve nove vítimas fatais e sessenta e cinco feridos (figura 1). Outro acidente bastante repercutido ocorreu na capital de Sergipe, em julho de 2010, quando uma marquise de uma loja de roupas desabou e levou a óbito uma mulher e deixou duas crianças feridas (figura 2). Estes e tantos outros acidentes serviram como alerta, onde se aumentou a preocupação com acidentes envolvendo marquises.

Figura 1: Queda de marquise da filial das Lojas Arapuã em Porto Alegre



Fonte: Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (2016)

Figura 2: Colapso de marquise de loja de roupa em Aracaju em julho de 2010



Fonte: <https://a8se.com/sergipe/noticia/2010/07/12710-marquise-de-loja-desaba-e-deixa-uma-mulher-morta-e-duas-criancas-feridas.html> (acesso em 06/01/2021)

As marquises apresentam uma tendência de ruptura brusca com colapso progressivo em determinados casos, pois são estruturas isostáticas e com um único vínculo, por isso, são estruturas que merecem muita atenção. Por conta da ocorrência de diversos acidentes no Brasil e no mundo, optou-se por estudar as manifestações patológicas mais comuns em marquise para que seja feito um manual de inspeção em marquises.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição e tipos de marquise

Segundo Rocha (1987), marquises são estruturas em balanço formadas por apenas uma laje ou por vigas e lajes podendo receber cargas de impermeabilização, de pessoas, de anúncios comerciais etc.

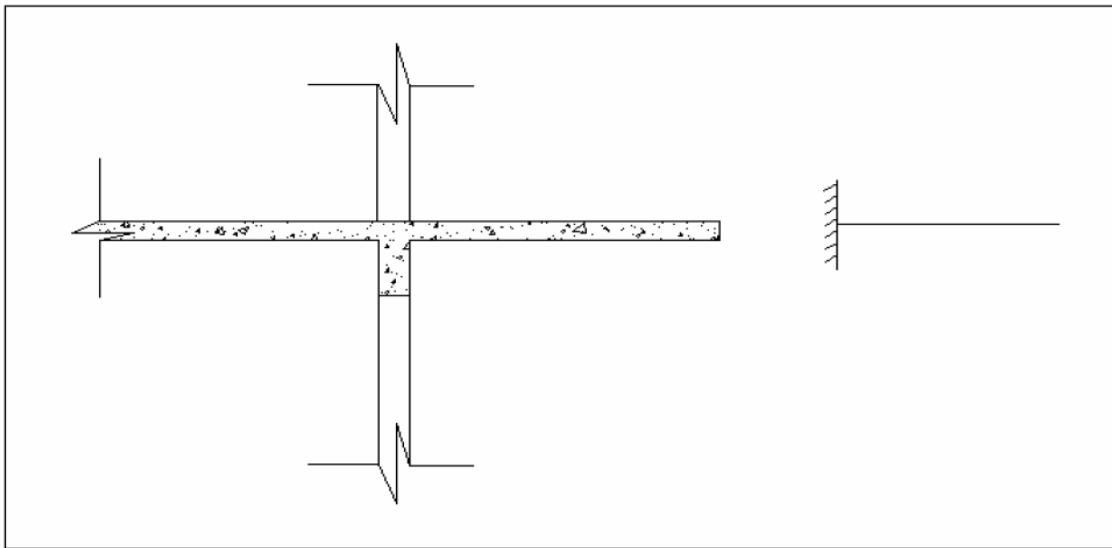
Para dimensionar a marquise, deve-se levar em consideração, principalmente, o vão do balanço e da carga aplicada, ainda de acordo com Rocha (1987).

As marquises são classificadas, segundo Rocha (1987), da seguinte maneira:

a) Marquise com laje simples em balanço

A utilização deste tipo de marquise é indicada para pequenos balanços de até 1,8 m. O maior empecilho nessas marquises é verificar a flecha na extremidade do balanço, visto que não há complexidade em realizar o dimensionamento. A seguir tem-se a Figura 3 apresentando a laje em balanço engastada na laje interna, assim como o esquema estático representado por uma barra engastada numa extremidade e livre na outra.

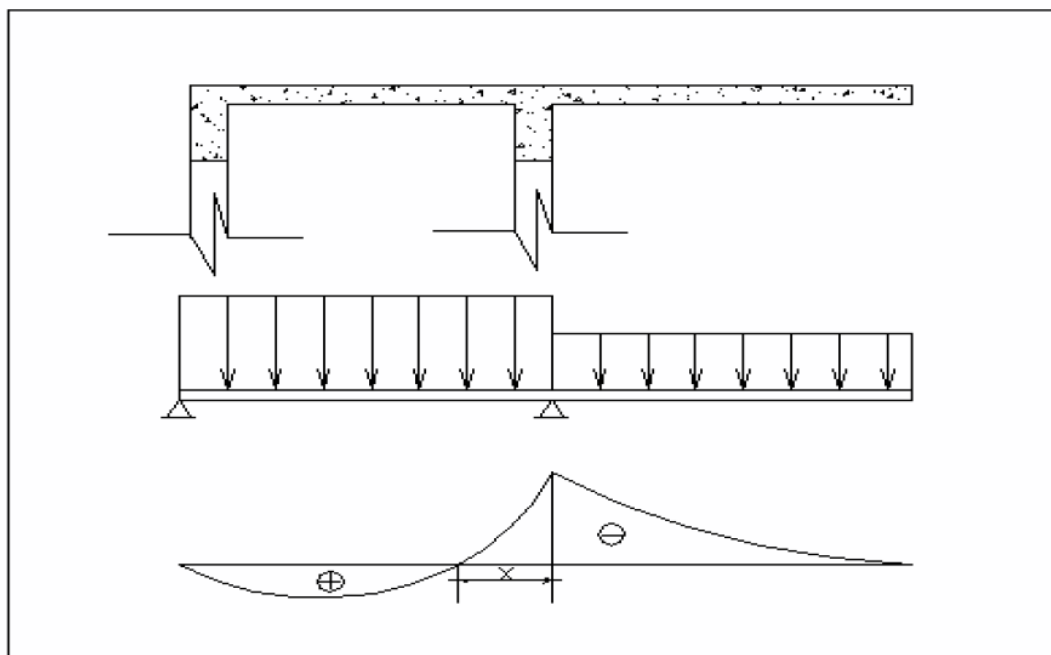
Figura 3: Laje em balanço com espessura constante engastada na laje interna



Fonte: CARMO (2009)

Pode-se calcular os esforços solicitantes das duas lajes considerando uma viga com faixa de um metro, na situação em que a laje interna é armada em apenas uma direção (vide Figura 4). Dessa forma, é possível localizar o momento nulo e o comprimento da armadura negativa.

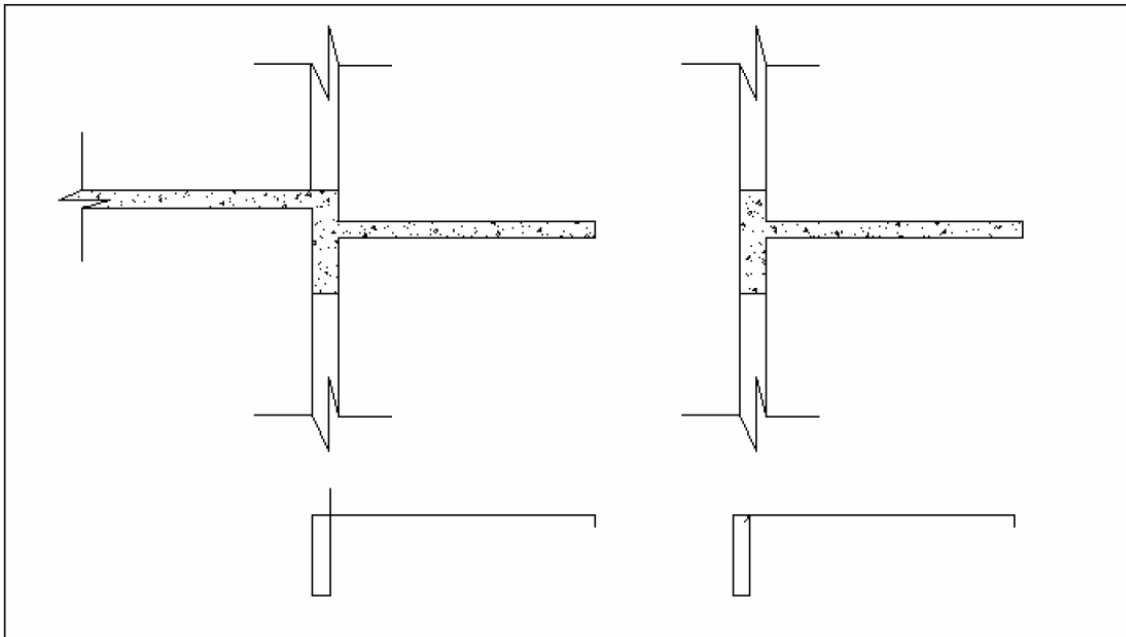
Figura 4: Laje em balanço engastada em laje armada em uma direção



Fonte: CARMO (2009)

Caso a laje interna seja armada nas duas direções, a laje da marquise deverá ser dimensionada como uma viga em balanço da seguinte forma: utiliza-se a carga uniformemente distribuída combinada com um momento fletor aplicado ao longo da borda de ligação com a laje da marquise para calcular a laje interna. Em casos de balanços maiores, é aconselhável mudar a espessura da laje em direção à extremidade do balanço para diminuir o peso próprio, dessa forma, adota-se uma espessura média no cálculo do peso próprio. Vale ressaltar que as lajes em balanço podem, ou não, ser contínuas com as lajes internas, e caso não exista laje interna, deve-se obrigatoriamente engastar a laje na viga conforme a Figura 5. (ROCHA, 1987)

Figura 5: Laje em balanço sem continuidade com outra laje



Fonte: CARMO (2009)

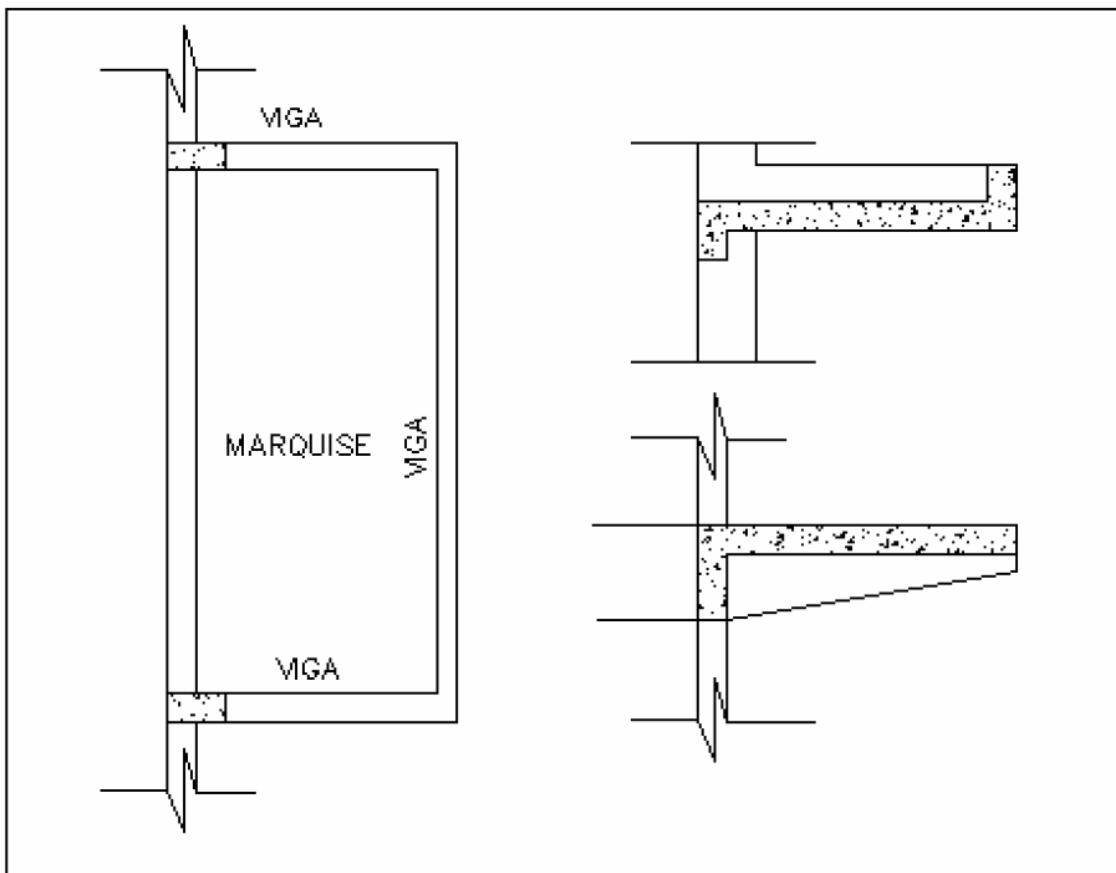
O momento fletor que solicita a laje é o mesmo momento de torção para a viga, o qual deve ser levado em consideração no dimensionamento da mesma, quando a laje for engastada na viga.

a) Marquise formada por lajes e vigas

É notório que o dimensionamento da marquise formada por apenas laje em balanço é mais simples, porém para balanços acima de 1,80 m torna-se mais viável apoiar a laje em vigas para que, dessa forma, sejam evitadas grandes espessuras.

A laje, nessa situação, é normalmente armada em apenas uma direção e apoiada nas vigas laterais e vigas de borda, caso existam (Figura 6). A vinculação da laje da marquise na viga onde está engastada depende da continuidade ou não com a outra laje. Se as vigas laterais não forem contínuas, estas são engastadas nos pilares, para isso, considera-se o momento fletor proveniente dessas vigas no cálculo dos pilares.

Figura 6: Marquises sustentadas por vigas



Fonte: CARMO (2009)

b) Marquise em balanço engastados em tijolos cerâmicos maciços

Marquise composta geralmente por laje de pequena espessura (em torno de 10cm no máximo) de concreto armado. Porém, diferentemente dos outros tipos, ela não é engastada em uma viga comum de concreto armado, e sim, numa parede composta por tijolos cerâmicos maciços.

Nesse tipo de estrutura, o momento fletor exercido pela marquise é combatido pelo peso da estrutura de tijolos cerâmicos que se situa acima da marquise.

Figura 7: Marquise da UFS engastada em tijolos cerâmicos



Fonte: Autor (2021)

Figura 8: Engaste da Marquise da UFS



Fonte: Autor (2021)

Figura 9: Fotografia mostrando a superestrutura acima do engaste da marquise da UFS



Fonte: Google Imagens (2021)

2.2 Manifestações Patológicas em Marquises

Segundo Braguim (2006), a instabilidade em marquises formadas apenas por lajes engastadas pode ser gerada pela perda de uma vinculação, lembrando que tal estrutura é isostática ou pouco hiperestática.

Como a parte superior é a mais sujeita a esforços de tração, ela é a parte mais solicitada da estrutura. Vale lembrar que o concreto resiste muito menos à tração que à compressão e para compensar essa falta de resistência na tração, utilizam-se armaduras de aço, logo nas marquises engastadas a armadura principal localiza-se na parte superior da peça. Sabendo-se disso, deve-se executar rigorosamente esta parte a fim de evitar falhas na impermeabilização e trincas, afinal é a região mais

delicada da peça como dito anteriormente. Caso inicie-se o processo de corrosão, o ferro do aço será transformado em óxido de ferro, o qual é expansivo e favorece a abertura de rachaduras no concreto cada vez mais largas e profundas propiciando a entrada de agentes agressivos e potencializando a corrosão. (DORIGO, 1996)

Graças ao aço, o concreto armado é um material dúctil. Ou seja, suporta deformações consideráveis próximo às armaduras gerando fissuras visíveis antes de chegar ao colapso, segundo Brandão e Pinheiro (1998).

Porém, de acordo com Pujadas (1996), a marquise não condiz com esta regra, visto que ela tende a sofrer ruptura brusca, sem aviso e, devido a isso, necessita ser projetada, executada e utilizada perfeitamente. É importante que haja um programa de manutenção preventiva para qualquer estrutura de concreto armado, principalmente para marquises.

No que diz respeito às causas da queda de uma marquise podemos citar duas origens: erros cometidos pela engenharia, ou seja, erros de projeto, utilização de materiais inadequados, erros de construção e cometidos pelo usuário como uso incompatível e falta de manutenção.

Erro no projeto de marquise é oriundo do detalhamento incorreto da armadura principal ao considerar cargas menores que as ideias para a situação de uso, além de considerar erroneamente a agressividade do meio-ambiente. Um deslize nesses quesitos citados compromete a durabilidade da marquise haja vista a penetração de ar, umidade e demais agentes corrosivos nas fissuras provocando corrosão nas armaduras. (BRAGUIM, 2006)

Com relação aos problemas durante a execução da estrutura, um dos principais agravantes é o posicionamento da armadura principal que muitas vezes é pisoteada pelo tráfego de colaboradores e equipamentos durante o processo de concretagem, fazendo com que a armadura saia da parte superior e fique na parte inferior levando ao prejuízo de suas funções. Dessa forma, os esforços de tração passam a ser absorvidos em maior parte pelo concreto, e como ele apresenta baixa resistência a tração, ele vai fissurar podendo chegar a trincar e, talvez, atingir o limite à ruptura. (MEDEIROS e GROCHOSKI, 2007)

2.2.1 Fissuras

Existem diversas causas para explicar o surgimento de fissuras na estrutura de concreto, dentre elas, podemos citar: as movimentações provocadas pela dilatação térmica oriunda das variações térmicas e umidade, sobrecarga ou concentração de tensões, deformação excessiva, recalque das fundações, retração e alterações químicas de materiais de construção. A partir do momento em que há a fissura na estrutura, torna-se fácil a entrada de agentes agressivos, como o dióxido de carbono e cloretos que agem diretamente nas armaduras.

Figura 10: Fissura em marquise



Fonte: CARMO, 2009

2.2.1.1 Fissuras de origem higrotérmica

Gomes et al. (2003) afirma que as fissuras causadas pela variação de temperatura são comuns em estruturas expostas ao sol, a chuva, temperaturas baixas pela noite e calor durante o dia, o que leva a variações térmicas, gerando movimentos diferenciados entre os elementos que compõem a estrutura e resultando em fissuração.

Segundo Almeida (2009), bolor é a manifestação de fungos que se nutrem de materiais orgânicos. Esses fungos aparecem com mais frequência em ambientes úmidos, sem água corrente, resultando em manchas escuras com sua proliferação. Há casos em que as manchas possuem cor esverdeada, avermelhada ou branca, pois são oriundas do tipo de reação química ou da deposição de esporos (sementes dos fungos), ou até mesmo da própria cor do fungo, quando visível.

Devido a não presença de clorofila nos fungos, suas raízes separam enzimas que fazem a decomposição. Tais enzimas funcionam como ácidos neste processo, portanto, o material, onde cresce o fungo, é atacado e queimado por essas enzimas. As fissuras favorecem a proliferação desses fungos, o que é muito prejudicial às armaduras e ao próprio concreto, por conta do ataque ácido provocado pelas enzimas.

Os fungos podem se desenvolver em diversos materiais, como cerâmica, vidro, concreto, argamassa, entre outros, e por necessitarem de pouco alimento, nem sempre se alimentam do próprio material onde se desenvolvem. Diferentemente dos fungos, os limos são vegetais microscópicos, de cor esverdeada e não atacam diretamente o material em que se estabeleceram, mas podem ocasionar uma lenta desagregação das argamassas por conta da pressão de suas raízes entre os grãos e poros. (ALMEIDA, 2009)

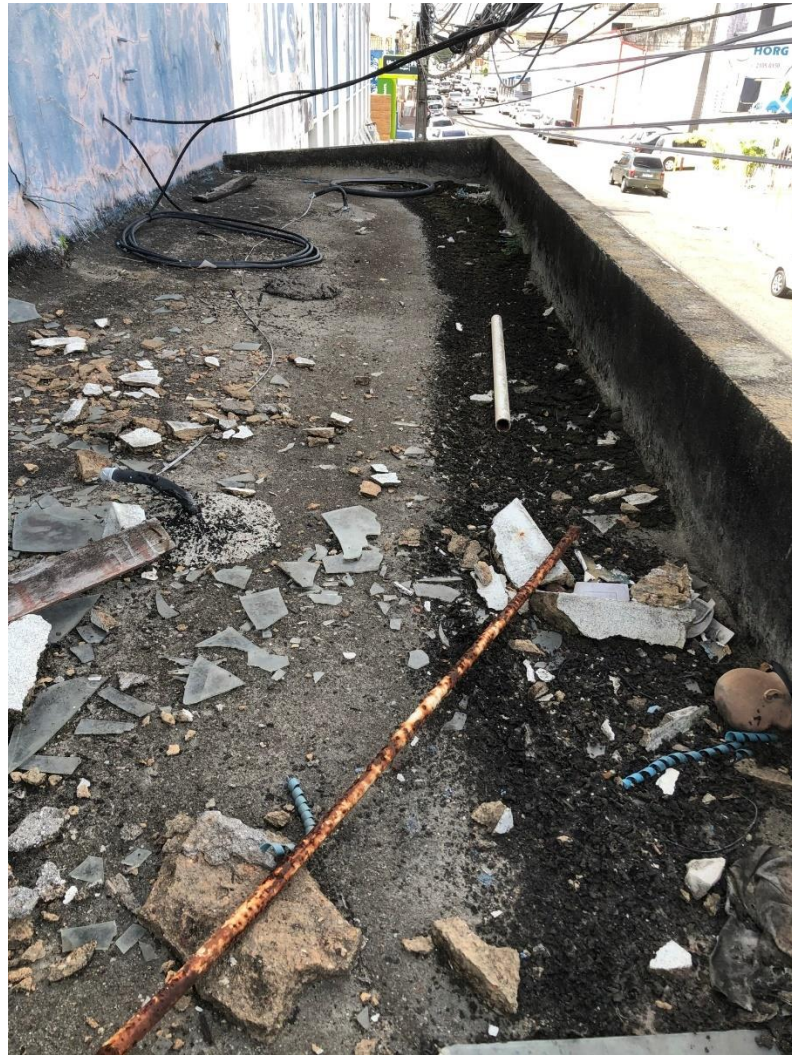
Figura 11: Bolor em estrutura de concreto



Fonte: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/bolor-nas-paredes-pode-causar-danos-as-estruturas-das-edificacoes/7490> (acesso em 16/01/2021)

Na marquise ilustrada nas Figuras 12 e 13, nota-se a existência de paredes de tijolos cerâmicos com a finalidade de melhorar a estética da marquise, porém a sua utilização gerou uma “piscina” em sua parte superior, dessa forma dificultou a drenagem de águas pluviais e formou-se uma calha com umidade sempre presente, o que corrobora a tese da presença de microrganismos patógenos que promovem a corrosão.

Figura 12: Limo na parte superior de marquise da UFS



Fonte: Autor (2021)

Figura 13: Fotografia evidenciando drenagem insuficiente na marquise



Fonte: Autor (2021)

2.2.1.2 Fissuras de origem mecânica

Erros de concepção estrutural, bem como sobrecargas não previstas podem provocar colapsos e/ou deformações que promovem fissuras significativas na estrutura. Um dos grandes causadores de fissuras na estrutura é a má execução da mesma, visto que se o concreto não for bem adensado haverá vazios entre as armaduras, diminuindo, dessa forma, a aderência entre os materiais. Outro fator construtivo importante é o uso de fôrmas e escoramentos da maneira correta, pois caso a peça não seja bem escorada, ela apresentará deformações excessivas já nos primeiros dias, levando, assim, à formação de fissuras. O raciocínio é o mesmo para fôrmas mal posicionadas, fixadas inadequadamente, existência de juntas mal vedadas, ou até mesmo pela absorção de água do concreto.

Em novembro de 2019, na zona sul de São Paulo, o desabamento da marquise de um prédio resultou em fatalidade para dois amigos, onde um morreu e o outro quebrou o tornozelo e sofreu escoriações. A tragédia teve como principal suspeita o sobrepeso devido a obras recentes de impermeabilização, em que foi colocada uma nova camada de argamassa por cima da antiga, sem retirá-la, aumentando assim, a carga na estrutura. Segundo especialistas em recuperação estrutural que estudaram

o caso, a ferragem exposta seria conveniente para uma laje com revestimento entre 2,5 cm e 3 cm, no entanto, a marquise apresentava cerca de 10 cm de espessura de argamassa.

Figura 14: Marquise colapsada em São Paulo



Fonte: <https://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,sobrepeso-e-principal-hipotese-para-queda-de-marquise-nos-jardins,70003090187> (acessado em 16/01/2021)

2.2.1.3 Fissuras de origem química e eletroquímica

Mesmo que a concepção e a produção tenham sido primorosas, podem acontecer ataques químicos e eletroquímicos que causam fissuras na estrutura das marquises. Por exemplo, uma manutenção inadequada que gere acúmulos de águas agressivas pela presença de sulfatos e cloretos, além do gás carbônico. Esse acúmulo gerado por falta de limpeza periódica promove a percolação desses agentes agressivos na porosidade do concreto potencializando a corrosão das armaduras e também provocando o surgimento de eflorescência.

Na figura 14, pode-se observar a marquise eivada de condições propícias ao desenvolvimento de corrosão, inclusive com vegetação já presente, que provocam, inclusive, fissurações nas argamassas dos revestimentos.

Figura 15: Marquise com presença biológica na UFS



Fonte: Autor (2021)

A ilustração seguinte apresenta a armadura inferior de uma marquise em estágio de corrosão avançado. Sabendo-se que as armaduras inferiores são também

tensionadas como as superiores, inclusive, pelas normas atuais, dimensionadas para o colapso progressivo, é válido inferir que as armaduras superiores também estejam num grau de risco de corrosão superior às armaduras positivas.

Figura 16: Marquise com fissuras em Aracaju



Fonte: Autor (2021)

2.2.2 Ataques químicos

A degradação do concreto por ataque químico resulta do ataque sobre a matriz do cimento principalmente. Nos processos de degradação, a água participa na maioria deles e reações deletérias como transporte de íons e substâncias agressivas, sendo também reagente na formação de compostos salinos, ácidos e géis expansivos, segundo Helene (1993 apud ALMEIDA, 2009). Porém, para Castro (1994 apud ALMEIDA, 2009), a capacidade de absorção de água do concreto, caracterizada pela existência de poros, e a presença de fluidos agressivos são fatores determinantes nos efeitos dos ataques químicos, o que pode ocorrer de duas maneiras: expansão, devido à formação e cristalização dos componentes; e dissolução, que é a lavagem de componentes solúveis.

A união de íons sulfatos com aluminatos de cálcio hidratado de cimento ou com a alumina reativa dos agregados resulta da formação da etringita, composto muito expansivo que desagrega a massa gerando perdas de resistência consideráveis. Segundo Melo (2011), os fatores que influenciam no ataque por sulfato são: o nível da água e sua variação sazonal; a quantidade e natureza do sulfato; o fluxo da água subterrânea e a porosidade do solo; a forma de construção e a qualidade do concreto. Isso considerando uma estrutura de forma geral. Ao trazermos a análise para uma marquise, descartamos a influência da água subterrânea e a porosidade do solo.

A decomposição de produtos de hidratação do cimento é causada pela penetração dos ácidos. Essa decomposição forma outros elementos que, caso forem insolúveis podem expandir-se no próprio local de formação, se solúveis podem ser lixiviados. O resultado desse tipo de ataque é a provocação da desagregação do concreto através da redução da capacidade aglomerante da pasta de cimento. (ANDRADE, 1992)

Em marquises, o principal ataque químico ocorre através dos cloretos. Principalmente, em regiões próximas a mares e oceanos, a névoa salina com alto teor de íons cloretos consegue se infiltrar no concreto provocando a corrosão das armaduras. Segundo Silva (2008), os íons cloreto podem adentrar no concreto de duas formas: através da contaminação da água ou da areia durante a fase de construção; ou penetrar desde o exterior quando o ambiente contém tais íons.

Carbonatação é um processo físico-químico que neutraliza a fase líquida intersticial do concreto, saturada de hidróxido de cálcio e de outros compostos alcalinos hidratados, segundo Figueiredo (2005).

De acordo com Cascudo (1997), o concreto tem altas taxas de alcalinidade por conta da presença do hidróxido de cálcio formado durante a hidratação do cimento. A carbonatação é justamente a redução dessa alcalinidade, devido à lixiviação dos compostos presentes no cimento, que reagem com os agentes agressivos presentes na atmosfera, como o dióxido de carbono, resultando na formação de água e carbonatos.

Ou seja, por conta da concentração de gás carbônico na atmosfera e da porosidade e estágio de fissuração do concreto, a carbonatação tem chances de impactar a armadura, removendo os compostos que a envolvem e corroendo-a. Logo,

quanto maior a abertura das fissuras, maior rápida será a penetração da carbonatação, instaurando a corrosão na estrutura.

Figura 17: Peça estrutural de concreto armado que sofreu carbonatação



Fonte: <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-e-como-ocorre-a-carbonatacao-do-concreto/>
(acessado em 17/02/2021)

2.2.3 Eflorescências

Define-se eflorescência quando a água dissolve o hidróxido de cálcio da pasta de cimento após ter entrado pelos poros capilares, e esse hidróxido, ao entrar em contato com o gás carbônico da atmosfera, reage formando carbonato de cálcio insolúvel na superfície do concreto, o que pode ser percebido pelas manchas. Durante esse processo, pode-se formar sal também, o que prejudica ainda mais a situação. Para que ocorra a eflorescência, faz-se necessário que haja água, portanto, para evitar essa manifestação patológica, deve-se eliminar a umidade. Pode-se ter a presença de sais que levam à eflorescência no próprio material de construção, visto que as eflorescências são causadas por sais de cálcio, de sódio, de potássio, de magnésio ou de ferro. (MELO, 2011)

Ainda de acordo com Melo (2011), para o concreto armado, o tipo de mancha mais comum advinda da eflorescência, possui cor de ferrugem. A eflorescência aparece geralmente quando há pouco cobrimento, quando o concreto é muito poroso,

ou quando a armadura entra em contato com agentes oxidantes, como os ácidos inorgânicos. Caso a eflorescência tenha cor branca e aspecto de nuvem, provavelmente terá sido causada por sulfatos, nesse caso, são facilmente solúveis em água. Caso sejam manchas brancas escorridas, são mais aderentes e não são solúveis em água, pois são manchas de carbonato de cálcio, formado pela reação entre hidróxido de cálcio com o gás carbônico da atmosfera. Apesar dessas manchas não correrem o material, podem causar a esfoliação da pintura ou o deslocamento de revestimentos, pois o sal é mais grosso que os sulfatos.

Figura 18: Eflorescência em parede



Fonte: <https://mundodatinta.wordpress.com/tag/criptoeflorescencias/> (acesso em 16/02/2021)

2.2.4 Corrosão das armaduras

A corrosão nas armaduras é responsável por enormes prejuízos nas estruturas de concreto armado, por isso é considerada uma das principais manifestações patológicas. A transformação do aço em hidróxido ferroso, ou hidróxido férrico é o que caracteriza a corrosão. Esse hidróxido formado é a ferrugem, material pobre que não possui capacidade de aderência e aumenta de volume durante o seu processo de formação, podendo chegar a até dez vezes com relação ao volume original do aço que lhe formou (CÁNOVAS, 1988).

Segundo Polito (2006), a corrosão das armaduras é uma reação eletroquímica em meio aquoso, o que gera uma célula de corrosão com eletrólito e diferença de potencial entre pontos da superfície. Para que ocorra a reação, precisa-se ter todos esses elementos, caso contrário, o processo não procede. A umidade existente no interior do concreto é o eletrólito, isto é, solução carregada de íons que permite a ocorrência de reações. A diferença de potencial entre dois pontos da superfície pode ocorrer a partir de diversas maneiras, as quais cita-se: a aeração, a diferença de umidade, a tensão no concreto e no aço, a concentração salina e a desuniformidade na composição do aço.

Como já citado anteriormente, ácidos inorgânicos são agentes bastante agressivos de corrosão. Segundo Cánovas (1988), aços podem ser perfurados rapidamente, caso goteje tais ácidos neles. Os cloretos são facilmente encontrados em aditivos, por serem aceleradores de pega eficientes e rápidos, porém são perigosos para a armadura e para o concreto, visto que a reação é contínua.

Conforme Almeida (2009), apesar do concreto ser um sólido denso e compacto, ele é poroso, e essa característica permite que o concreto tenha certa permeabilidade aos líquidos e gases. Por mais que o cobrimento da armadura seja uma barreira física, esta é porosa, e, de certa forma, permite a entrada de agentes agressivos. Para Cánovas (1988), a perda do cobrimento permite o contato das barras de aço com agentes externos, o que propicia o início de corrosão do aço. À medida que a corrosão avança, as barras de aço que antes tinham uma determinada espessura, diminuem até chegarem num certo estágio em que a quantidade de aço restante não consegue resistir mais aos esforços, o que ocasiona o colapso da marquise.

O hidróxido de cálcio que é formado durante a hidratação do cimento é o responsável pela alcalinidade do concreto. Essa alcalinidade contida nos poros com valores de pH entre 12,5 e 13,5 na presença de certa quantidade de oxigênio, o aço encontra-se passivo, isto é, recoberto por uma proteção compacta e contínua formada por óxidos transparentes. A partir do momento em que essa passivação não é formada, ou enfraquecida, há a chance de haver corrosão das armaduras. A perda dessa proteção ocorre quando é possibilitada a criação de correntes elétricas de suficiente diferença de potencial para gerar uma pilha que resulta no processo corrosivo. Ambientes agressivos e/ou substâncias favorecem a perda dessa proteção, como por exemplo: a redução da alcalinidade do concreto, o que ocorre geralmente

por conta da carbonatação; a presença excessiva de cloretos, que foram adicionados durante o amassamento do concreto ou que adentraram no concreto pela microestrutura, ou outros íons despassivantes que entraram em contato com a armadura (ALMEIDA, 2009).

Cascudo (1997) classifica a corrosão em estruturas de concreto em três tipos:

- **Corrosão por pite ou puntiforme:** ocorre de forma localizada, em pontos ou pequenas áreas. A corrosão aprofunda-se durante o processo, podendo causar o rompimento pontual da barra de aço. Inicialmente, a formação do pite é lenta, mas após formado, ocorre de forma rápida, visto que produz condições para um contínuo crescimento. A presença de íons cloreto pode romper pontualmente a película passiva da armadura, o que permite o início da corrosão.
- **Corrosão uniforme ou generalizada:** diferentemente da corrosão puntiforme, a generalizada afeta toda a extensão da superfície, ocasionando perda uniforme de espessura da barra de aço. A carbonatação do concreto é uma das principais causas da perda de passivação da armadura neste tipo de corrosão.
- **Corrosão por tensão fraturante:** quando as armaduras são submetidas a grandes esforços mecânicos aliados a presença de meio corrosivo. Esta corrosão é caracterizada, principalmente, pela formação de trincas, o que facilita a ruptura do material. Neste tipo de corrosão não se vê perda de massa do aço, como nos outros tipos, portanto, o aço permanece bem visualmente até que a fratura ocorra.

Na figura 18, pode-se observar o estado de corrosão uniforme ou generalizado das armaduras, visto que houve perda de seção uniforme em toda a região observada da barra de aço.

Figura 19: Corrosão na marquise da UFS



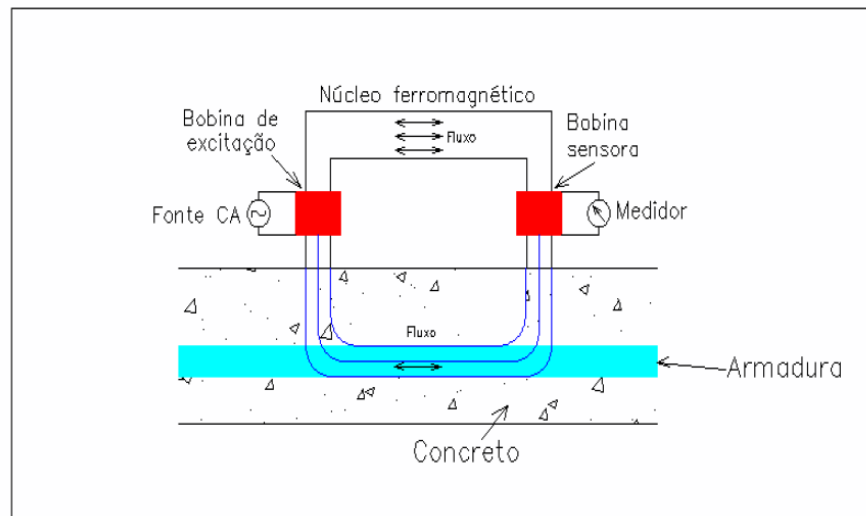
Fonte: Autor (2021)

2.3 Ensaios não destrutivos

2.3.1 Pacometria

Ensaio não destrutivo comum em inspeções estruturais que permite a localização, a verificação da quantidade e diâmetro das barras de aço, assim como determinar o cobrimento de concreto. Para que não haja interferências, e obtenha-se uma leitura mais confiável, o campo de medição precisa ser inferior a 12 cm e o espaçamento entre as barras, superior a 10 cm. Para a realização do ensaio utiliza-se o equipamento chamado Pacômetro, que funciona através de ondas eletromagnéticas, conforme a figura 18. (MENTONE, 1999)

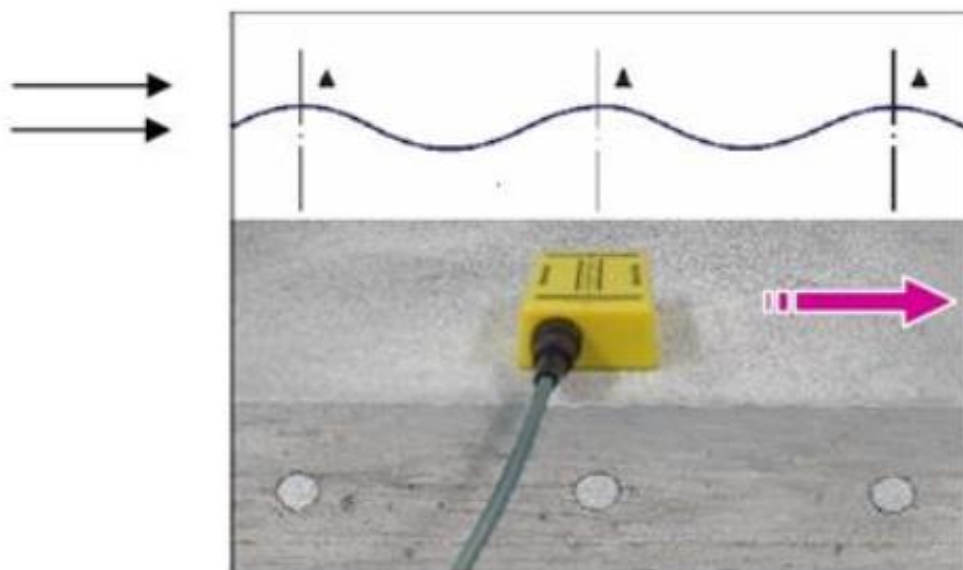
Figura 20: Esquema de funcionamento do Pacômetro



Fonte: CARMO, 2009

Com a movimentação do equipamento sob a superfície da estrutura de concreto, ocorre variação da intensidade de sinal emitido pelas ondas eletromagnéticas. Os valores máximos representam a presença das barras, como ilustrado na figura 19 a seguir. (DUARTE, 2016)

Figura 21: Funcionamento do pacômetro



Fonte: DUARTE, 2016

2.3.2 Ultrassom

Segundo Carmo (2000), este ensaio realiza a passagem de ondas mecânicas com elevada frequência (acima de 20kHz) pelo elemento de concreto que se deseja inspecionar. Dessa forma, mede-se o tempo gasto pelo pulso de onda mecânica para ir de um lado ao outro da peça, do transmissor ao receptor do aparelho medidor. Dividindo a distância entre o transmissor e o receptor pelo tempo gasto medido durante a travessia das ondas, obtém-se a velocidade de propagação da onda. Geralmente, quando o concreto é íntegro, a velocidade é superior a 2500m/s.

Pode-se determinar a qualidade do concreto em 5 classificações levando em consideração a velocidade de propagação da onda mecânica, segundo Cánovas (1998), conforme ilustrado na Tabela X.

Tabela 1: Classificação do concreto em função da velocidade do pulso ultrassônico

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

Fonte: CÁNOVAS (1998)

Alguns fatores podem influenciar nas leituras do ensaio, como por exemplo, a disposição e taxa de armadura da peça, pois a velocidade do pulso ultrassônico no aço é da ordem de 6000 m/s. Além disso, a NBR 8802 (ABNT, 2019), cita os seguintes fatores de influência no Anexo C.1 (p. 9):

- a) Distância entre as superfícies de contato dos transdutores;
- b) Presença de armadura, principalmente na direção de propagação da onda;
- c) Densidade do concreto, que depende do traço e das condições de concretagem;
- d) Tipo, densidade e outras características dos agregados;
- e) Tipo de cimento e grau de hidratação;
- f) Direção de ensaio da peça;

- g) Tipo de adensamento do concreto;
- h) Idade do concreto;
- i) Umidade do concreto;
- j) Temperatura do concreto;
- k) Forma e tamanho da peça a ser ensaiada.

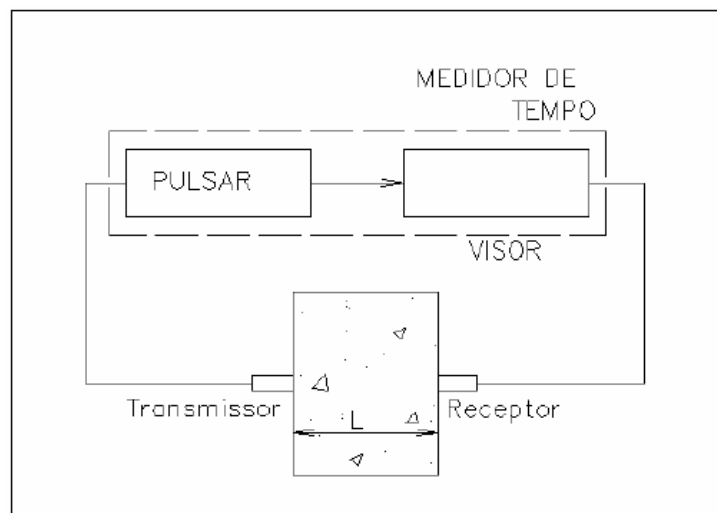
O equipamento de Ultrassom (Figura 20) é composto por um gerador elétrico de pulsos (Figura 21) que transforma a energia elétrica em vibrações mecânicas enviadas de um transdutor ao outro. Ao emitir o pulso eletrônico, um cronômetro é acionado para medir o tempo gasto pela travessia entre os transdutores.

Figura 22: Aparelho de ultrassom



Fonte: Google Imagens (2021)

Figura 23: Esquema de funcionamento do aparelho de ultrassom

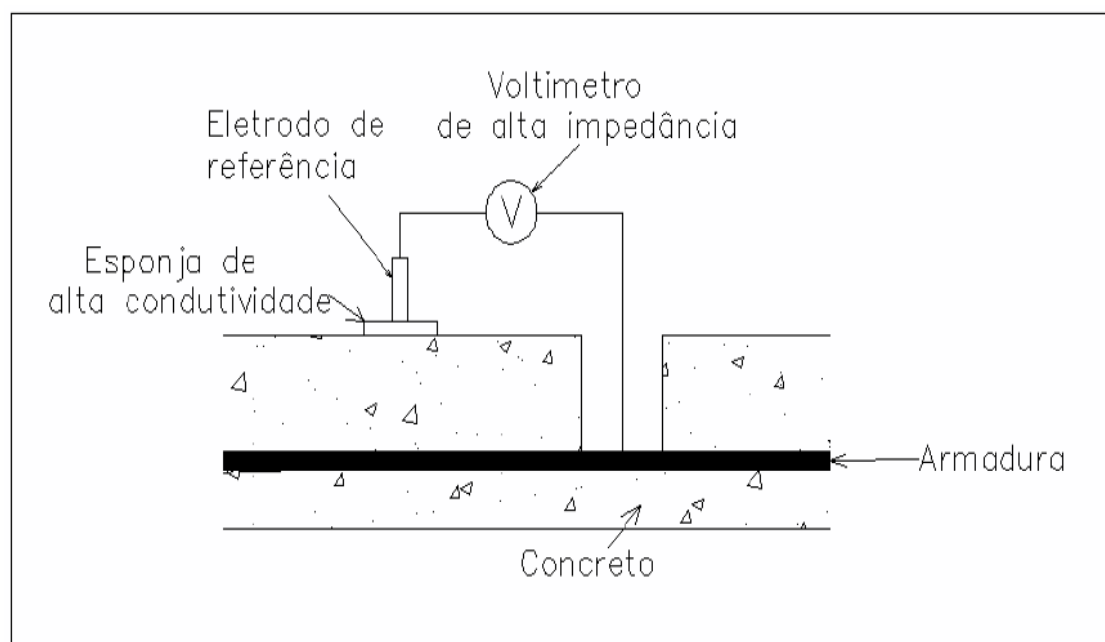


Fonte: (OLIVEIRA, 2002)

2.3.3 Ensaio de Potencial de Corrosão, Resistividade elétrica do Concreto e Velocidade de Corrosão

Esses ensaios são utilizados, principalmente, para detecção e monitoramento da corrosão das armaduras nos concretos. O ensaio de potencial de corrosão, mais conhecido por potencial de meia célula, tem a finalidade de mensurar gradientes de potenciais elétricos das armaduras e um eletrodo de referência. Este eletrodo pode ser de calomelano ou cobre/sulfato de cobre, ou também prata/sulfato de prata. A partir dessas leituras, interpretam-se os valores prováveis de corrosão do aço, mapeando-se toda a peça estrutural. A figura 22 ilustra o esquema do ensaio de potencial de corrosão, cujo princípio é fechar o circuito elétrico.

Figura 24: Esquema do ensaio de potencial de corrosão



Fonte: (OLIVEIRA, 2002)

A tabela a seguir é utilizada para as interpretações através da correlação entre o gradiente de potencial e a probabilidade de corrosão do aço, conforme a norma ASTM C 876 (2015).

Tabela 2: Gradiente de potencial X Probabilidade de corrosão do aço

PROBABILIDADE DE CORROSÃO	POTENCIAL ELÉTRICO
>90%	$E < -276 \text{ mV}$
<10%	$E > -126 \text{ mV}$
Aprox. 50%	$-126 \text{ mV} < E < -276 \text{ mV}$

Fonte: ASTM C 876 (2015)

Este ensaio é largamente utilizado em inspeções e monitoramentos de estruturas de concreto armado, visando a localização de armaduras despassivadas e corroídas.

Apesar de existir equipamentos de diversos fornecedores que executam o procedimento de forma prática e rápida, basta ter os seguintes utensílios: voltímetro de alta impedância de entrada (com precisão em mV); eletrodo de referência (calomelano saturado ou cobre/sulfato de cobre); esponja de alta condutividade; conexões elétricas.

O ensaio executado com o uso do eletrodo de cobre/sulfato de cobre é padronizado pela American Society of Testing Materials, na norma ASTM C 876 (2015). A partir dele, é possível obter as seguintes considerações:

- Informações a respeito da superfície da armadura, definindo se ela ainda se encontra passiva ou se já está em estado de corrosão;
- Indicação de quando a armadura começou a ser corroída através do monitoramento ao longo do tempo;
- Mapeamento de áreas comprometidas da estrutura a partir da análise dos mapas de potenciais. Com isso, áreas com potenciais mais positivos são associadas a áreas catódicas ou passivadas, enquanto áreas com potenciais mais negativos a áreas anódicas.

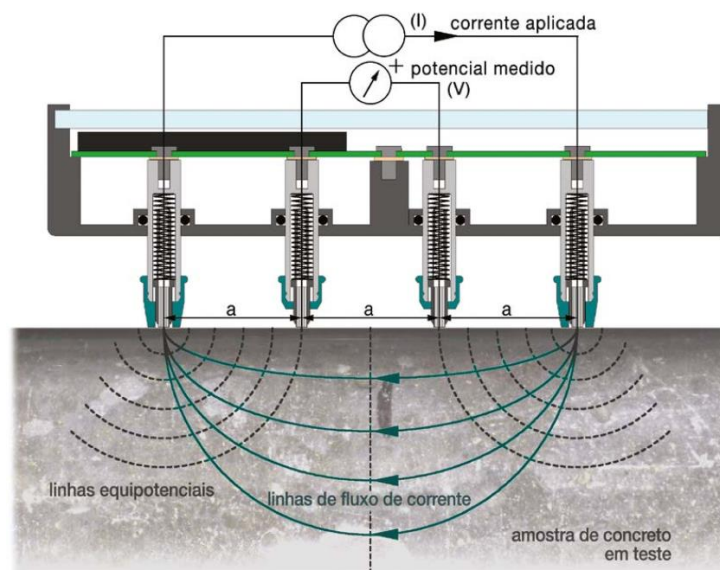
A determinação da resistividade elétrica do concreto é importante, pois, aliada ao oxigênio, determinam a velocidade de corrosão das armaduras. Há correlação entre a umidade da massa e a resistividade do concreto, dessa forma, pode-se afirmar que se o concreto tem uma alta resistividade, ele possui baixa condutividade iônica do eletrólito, o que dificulta a corrosão face a dificuldade da movimentação iônica. O monitoramento da resistividade elétrica é uma medida indireta na avaliação da

corrosão das armaduras. Em regra, o concreto novo possui uma alta resistividade elétrica, mas ao longo do tempo a degradação do concreto baixa a resistividade facilitando o ataque iônico para a despassivação do aço e a corrosão por pite pelos cloretos. O ensaio de resistividade é utilizado para obtenção da curva de difusão de cloretos facultando ao avaliador a estimativa da vida útil remanescente do componente estrutural.

Para a realização do ensaio que determina a resistividade elétrica do concreto, pode-se seguir dois métodos: o método de Wernner (“quatro pontos”) e o método de “três pontos”, que é normatizado pela NBR 9204 (ABNT, 2012). O método de Wernner é o mais utilizado mundialmente por ter fácil aplicabilidade e existem aparelhos desenvolvidos especificamente para este ensaio, além de seguir os padrões da ASTM G 57-58.

O método de Wernner consiste na aplicação de uma corrente às duas sondas nas extremidades e na medição da diferença de potencial entre as duas sondas internas. Os íons presentes no líquido existente nos poros da estrutura são responsáveis pela transmissão da corrente elétrica.

Figura 25: Ilustração do método de Wernner



Fonte: PROCEQ SA, 2017

Segundo a Proceq, uma das principais fabricantes desse tipo de aparelho medidor de resistividade elétrica, este método pode determinar:

- Estimativa da probabilidade de corrosão;
- Indicação da taxa de corrosão;
- Correlação com permeabilidade de cloreto;
- Avaliação no local da eficácia da cura;
- Determinação das necessidades por área para sistemas de proteção catódica;
- Identificação de áreas úmidas e secas numa estrutura de concreto;
- Indicação das variações nas relações de água/cimento numa estrutura de concreto;
- Identificação das áreas numa estrutura mais suscetível à penetração de cloreto;
- Correlação com a permeabilidade de rocha à água.

A tabela a seguir serve de base para as interpretações:

Tabela 3: Tabela de Resistividade do concreto X Indicação da probabilidade de corrosão

Resistividade do concreto (Ohm.m)	Indicação da probabilidade de corrosão
< 50	Muito alta
50 - 100	Alta
100 - 200	Baixa
> 200	Desprezível

Fonte: CARMO (2009)

O ensaio de velocidade de corrosão, também chamado de resistência de polarização (R_p), é uma técnica que permite estimar a velocidade instantânea de corrosão de um metal em um meio. Para calcular esta grandeza, utiliza-se corrente contínua e mede-se a variação do potencial com a corrente quando aplicada uma polarização (de ± 10 a 20 mV) ao sistema em equilíbrio.

Segundo Monteiro (2002), o ensaio baseia-se nas curvas de polarização em torno do potencial de corrosão, em que sua tangente está relacionada com a velocidade de corrosão. Essa tangente corresponde à grandeza R_p .

$$R_p = \frac{\Delta E}{\Delta I} \quad \Delta \rightarrow 0$$

R_p : Resistência de polarização [$k\Omega \text{ cm}^2$]

E : Potencial [mV]

I : Corrente [μA]

Em seguida, calcula-se a intensidade de corrosão a partir da equação de Stern; Geary (1957):

$$i_{\text{corr}} = \frac{B}{AR_p}$$

i_{corr} : Intensidade instantânea de corrosão [$\mu A/\text{cm}^2$]

B : Constante determinada levando em consideração variáveis da zona anódica e catódica que dependem do metal e do meio

A : Área de exposição da armadura

R_p : Resistência de polarização [$k\Omega \text{ cm}^2$]

Os valores mais aceitáveis para a constante B são 26 mV para armaduras em estado ativo de corrosão e 52 mV para armaduras em estado passivo de corrosão, conforme estudos feitos por Andrade (1973) e Andrade; Gonzalez (1978).

Como a técnica estima a velocidade instantânea em cada momento do ensaio, faz-se necessário integrar a curva de i_{corr} x tempo para descobrir o valor da intensidade de corrosão total.

Com o uso do equipamento denominado GECOR, este ensaio é feito rapidamente e não é destrutivo, visto que a polarização aplicada à estrutura é pequena. Vale ressaltar que o principal trunfo deste ensaio é poder determinar a vida residual da estrutura através da medição da velocidade de corrosão ao longo do tempo quando se tem também a possibilidade de determinar a perda de seção ocorrida antes do momento da medida.

2.3.4 Esclerometria

Este ensaio consiste na medição da dureza superficial do concreto através de valores obtidos por meio de um impacto do esclerômetro de reflexão na área em que está se realizando o estudo. O valor da resistência superficial é fornecido pelo próprio aparelho de medição e tem a finalidade de avaliar a qualidade do concreto endurecido.

O equipamento necessário para o ensaio consiste numa massa-martelo que, lançada por uma mola, se choca, por meio de uma haste, com a área de ensaio. A Figura 24 representa o equipamento.

Figura 26: Esclerômetro de reflexão



Fonte: <https://www.solotest.com.br/novo/produtos/esclerometro-dig-silver-schmidt-lst-/3.453.007> (acesso em 23/02/2021)

2.3.5 Extensometria

A extensometria é utilizada para a análise experimental de tensões e deslocamentos em estruturas mecânicas, pois sabe-se que elas apresentam deformações sob carregamento ou sob efeito da temperatura. Estas deformações, caso ocorram acima do limite permitido, podem gerar riscos acidentais, por isso é importante conhecer a extensão destas deformações, em que, muitas vezes, precisam ser monitoradas constantemente. Existe no mercado diversos meios para a realização

desse ensaio, porém o mais utilizado para marquises é o uso de relógios comparadores (Figura 25), visto que possuem alta precisão de medida associada ao baixo custo.

Figura 27: Uso de Relógio comparador na medição da deformação de uma marquise



Fonte: (Leite/Carrilho Danna/Vicente Danna, 2013)

2.3.6 Termografia

A termografia infravermelha é uma técnica não destrutiva que, ao analisar a temperatura da superfície, pode detectar defeitos no concreto, como corrosão, destacamentos e vazios. A técnica consegue inspecionar áreas maiores, com isso, facilita a localização de pontos mais críticos da estrutura para posterior análise mais detalhada.

Este ensaio é uma técnica rápida, sem contato e não destrutiva, que viabiliza o registro das variações dinâmicas em tempo real. Ele pode ser executado a grandes distâncias, analisar e inspecionar grandes áreas em pouco tempo (Yehia et al., 2007; Washer; Fenwick; Bolleni, 2010; Sham; Lo; Memon, 2012; Watase et al., 2015; Hiasa; Birgul; Catbas, 2016; Rehman et al., 2016).

O equipamento necessário para a realização do procedimento é simples, basta uma câmera termográfica, o apoio para a câmera e uma saída de vídeo para analisar

as imagens térmicas registradas (Bagavathiappan et al., 2013). Apesar de suas vantagens, o equipamento não é sensível para detectar a profundidade dos defeitos e anomalias no concreto, além de poder ser influenciado pelas condições ambientais (Manning; Holt, 1980; Yehia et al., 2007; Washer; Fenwick; Bolleni, 2009; ACI, 2013).

Figura 28: Equipamento de Termografia Infravermelha



Fonte: Google Imagens (2021)

2.3.7 Profundidade de Carbonatação

Este ensaio busca determinar a profundidade da camada de concreto já carbonatada através de um indicador. O ensaio pode ser feito em corpos de prova feitos em laboratório, em amostras retiradas da estrutura a ser estudada, e pode ser usado para testes in-loco.

O ensaio é normatizado pela RILEM CPC-18, a qual afirma que as condições climáticas que levam à maior taxa de carbonatação não são as mesmas que potencializam a corrosão do aço. A carbonatação afeta propriedades do concreto, como resistência, permeabilidade e resistência a ataques químicos e físicos.

A norma instrui a utilização de uma solução de 1% de fenolftaleína em álcool etílico a 70%. Caso o concreto não esteja carbonatado, a solução apresentará cor vermelha. Caso contrário, permanecerá incolor.

Figura 29: Realização de ensaio de profundidade de carbonatação em concreto



Fonte: Google Imagens (2021)

2.3.8 Penetração de fluidos no Concreto

A penetração de fluidos no concreto ocorre geralmente pela união de vários mecanismos, os quais destacamos a difusão, a absorção por capilaridade e a permeabilidade.

Quando há um gradiente de concentração pode ocorrer o processo chamado de difusão, o qual consiste na passagem de um fluido (líquido, gasoso ou íon) através do concreto. A velocidade em que ocorre essa passagem chama-se difusibilidade. A durabilidade do concreto pode ser influenciada pela difusão dos fluidos, visto que é um mecanismo importante por controlar, por exemplo, a carbonatação. Já a absorção por capilaridade é uma forma de penetração que ocorre por meio da ação de sucção do fluido pela própria estrutura do concreto. Pode-se mensurar a penetração do fluido por capilaridade através da altura que o líquido atinge no concreto ou pela variação de massa de uma amostra de concreto em que esteja com uma superfície em contato com o fluido. Devido a finura dos capilares do concreto, ocorre a absorção e pode-se

medir a velocidade da mesma, a qual pode ser analisada da seguinte forma: se o fluido for absorvido rapidamente, indica-se que os capilares são largos, caso contrário, os capilares são mais finos (FERREIRA, 2000).

Ainda de acordo com Ferreira (2000), a permeabilidade consiste na capacidade de um meio poroso poder ser atravessado por um fluido devido a um gradiente de pressão. Para medir essa propriedade pode-se utilizar corpos de prova extraídos da estrutura original, ou corpos de prova feitos em laboratório e através do ensaio de permeabilidade obtém-se dados a respeito da distribuição dos tamanhos dos poros e a sua correlação. O coeficiente de permeabilidade pode ser expresso de duas formas, ou pela área ao quadrado, ou por uma profundidade por unidade de tempo.

2.3.9 Aspersão, Teores e Difusão de Cloretos

Um dos métodos mais utilizados para a verificação de cloretos em argamassas e concretos é o método de aspersão de nitrato de prata, cuja finalidade é indicar, qualitativamente, a presença de cloretos livres em estruturas a partir de amostras de concreto e argamassas. A principal aplicação do ensaio é a determinação da espessura que os cloretos penetram por difusão na estrutura (FRANÇA, 2011).

Segundo França (2011), quando a solução de nitrato de prata entra em contato com a superfície do concreto, dá-se início a uma reação fotoquímica, a qual ocorre na presença de luz ou é acelerada pela mesma. Caso haja cloretos livres, essa reação resulta na formação de um precipitado branco denominado cloreto de prata, caso os cloretos estejam na forma combinada, ocorre a formação de um precipitado marrom que seria o óxido de prata. Logo, como as cores formadas são bem discrepantes, é possível identificar facilmente as áreas afetadas pelos cloretos. O ensaio é normatizado pela norma NT BUILD 492 (2000).

Existe também, no âmbito da engenharia diagnóstica, o ensaio que determina o teor de íons cloreto solúveis em água com relação à massa de cimento, conforme ASTM C 1218. Com o resultado desse ensaio é possível verificar a probabilidade de ocorrência da despassivação da armadura e caracterizar o perfil da profundidade de penetração no concreto de cobrimento.

Por conta da alta agressividade de cloreto ao aço, o teor limite de cloretos é geralmente 0,4% em relação à massa de cimento, ou entre 0,05% e 0,1% em relação à massa de concreto. Este limite baseia-se na quantidade total de cloretos, visto que mesmo que uma parcela se combine à componentes do cimento e se formem cloroaluminatos, que ficam incorporados às fases sólidas do cimento hidratado, esses cloretos combinados podem voltar à dissolução quando sobre efeito de outros processos, como a carbonatação (ANDRADE, 1992).

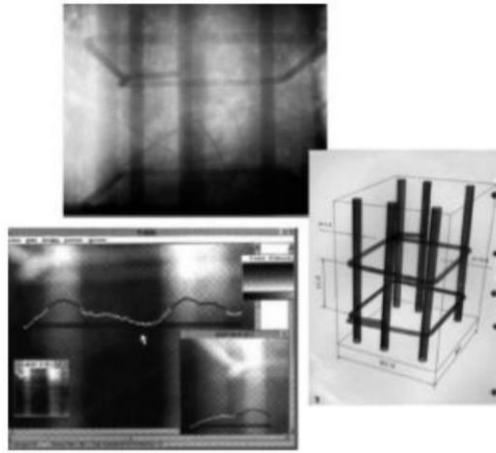
2.3.10 Tomografia Computadorizada

A tomografia do concreto armado (RCT) consiste na iluminação da estrutura a ser estudada por raios gama de uma fonte radioativa e o feixe luminoso transmitido é captado por placas fotográficas ou por detectores de espectrômetros especiais. Além disso, conta com o uso de um hardware projetado com a finalidade de obter dados de alta precisão em campo e de um software para analisa-los.

Com este ensaio não destrutivo é possível desenvolver um relatório técnico detalhando cada barra de aço da estrutura, como posição, diâmetro e até mesmo a condição delas, inclusive estado de corrosão, conforme pode-se visualizar na Figura 24. Vale ressaltar que o ensaio não apresenta resultados somente relacionados à armadura, visto que também identifica presença de vazios e rachaduras no concreto, conforme nota-se na Figura x.

A grande vantagem da técnica é a capacidade de identificar a corrosão das armaduras, conforme a ilustração da gamagrafia a seguir. Como desvantagem, tem-se os custos para a realização do ensaio.

Figura 30: Gamagrafia de um pilar de concreto armado apresentando a disposição das armaduras



Fonte: Insight Vol. 46, n 12, 2004, artigo NDT Argentina

Figura 31: Gamagrafia evidenciando vazios no concreto



Fonte: Insight Vol. 46, n 12, 2004, artigo NDT Argentina

É notório que o RCP é uma ferramenta bastante útil no âmbito da engenharia civil considerando também o seu custo-benefício. Com esta técnica é possível mapear com bastante precisão os componentes internos da peça estrutural, e, caso existam, manifestações patológicas como corrosão das barras de aço e vazios no concreto.

Portanto, a tomografia em concreto armado é um ensaio não destrutivo essencial no que diz respeito ao controle de qualidade estrutural.

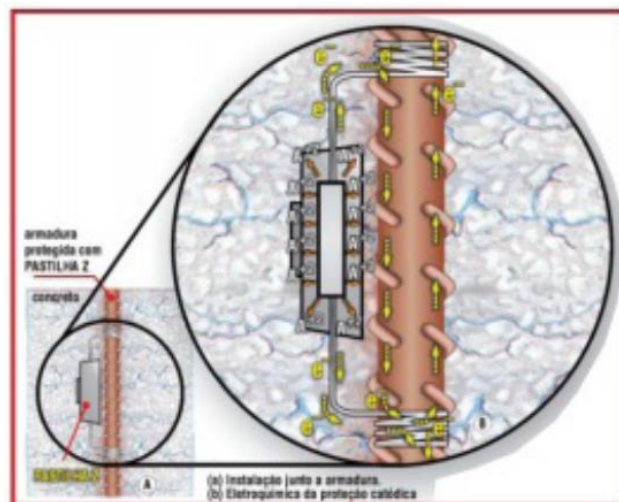
2.4 Proteção Catódica

A proteção catódica é utilizada para prevenir a corrosão de uma superfície metálica ao torna-la o cátodo de uma célula eletroquímica. O método é simples, basta conectar o metal a ser protegido (no caso do concreto armado, as armaduras) a um “metal de sacrifício” (feito de material mais facilmente corrosível) que desempenhará o papel do ânodo na célula eletroquímica. A partir do momento que começaria a ter corrosão na armadura, o metal de sacrifício é corroído ao invés disso, mantendo, dessa forma, a integridade da estrutura.

Em estruturas de concreto, é mais comum utilizar-se a proteção catódica galvânica, a qual faz o uso de anodos galvânicos, visto que geralmente se precisa de pouca quantidade de corrente para proteger a estrutura.

Segundo Andrade (2014), a forma mais utilizada do anodo de sacrifício é a pastilha, cuja composição é baseada em zinco, alumínio e índio ou só de zinco ou só de alumínio. Liga-se a pastilha a dois fios para fixação na armadura da estrutura. Vale lembrar que essa pastilha é revestida por uma matriz cimentícia iônica condutiva. A figura x exemplifica muito bem essa relação entre os materiais.

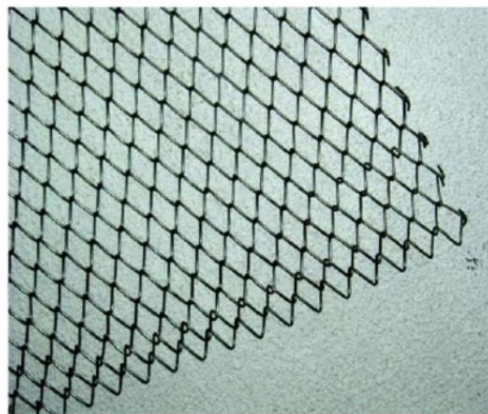
Figura 32: Esquema da armadura protegida por pastilha galvânica



Fonte: SA Soluções de Engenharias, 2014

Outra forma de proteger o aço contra corrosão é o uso de tela galvânica (Figura 31), ideal para grandes áreas de estruturas de concreto armado ou protendido. A tela galvânica garante proteção contra corrosão por um período igual ou superior a 10 anos e por ser uma proteção catódica por corrente galvânica, apresenta-se como o melhor custo-benefício numa obra de recuperação em que onexo causal é a corrosão. A argamassa ou concreto de recuperação a ser aplicado sobre a armadura é ativado pelo uso do ativador eletroquímico, oferecendo, assim, uma troca galvânica constante entre a tela e as barras de aço, impedindo, dessa forma, a corrosão (ROGERTEC, 2017).

Figura 33: Tela Galvânica



Fonte: ROGERTEC, 2017

Uma utilização frequente dos anodos de sacrifício na forma de pastilha de zinco é na recuperação de estruturas conforme ilustração a seguir.

Figura 34: Utilização da pastilha de zinco para proteção catódica



Fonte: Google Imagens (2021)

3. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido através de estudos parciais de caso em duas marquises situadas em Aracaju, além de consultas bibliográficas pertinentes ao tema. Face agravamento da pandemia não foi possível realizar os ensaios nas marquises em estudo e nem validar o guia concebido.

O escopo da metodologia abrangeu, dentro das possibilidades devidas, a inspeção de uma marquise genérica estudando a fase da concepção da estrutura na época em que foi construída e a fase da execução (através da inspeção visual e com uso de equipamentos adequados). Com estes dados foi possível obter uma solução para a situação, caso necessário, seja uma recuperação/reforço ou demolição. Por fim, foi tratado o tema pertinente ao manual de manutenção do usuário para que seja seguido após recuperação/reforço.

4. Diretrizes para o Guia de Inspeção em Marquises

4.1 Considerações a partir da concepção

Nessa fase, será feita uma anamnese possível da marquise abrangendo acervo técnico disponível, inclusive controle de qualidade, entrevista com proprietários e possivelmente engenheiros e encarregados da obra, levantamentos geométricos, entre outros.

4.1.1 Análise do Acervo técnico disponível

A primeira tarefa a ser feita numa inspeção de marquise é estudar o histórico dessa estrutura e a melhor forma de catalogar grande parte de informações pertinentes ao estudo é analisando o acervo técnico disponível.

Todo o acervo existente da obra, principalmente os projetos, deve ser revisado para obter dados a respeito do controle de qualidade, época da construção, datas de recuperações e/ou reforços, materiais e fornecedores da época, plano de execução e avaliação do fck e do módulo de elasticidade utilizados. Além desses itens, deve-se levar em consideração o diário de obra e os licenciamentos da obra.

Com a análise dos projetos é possível conhecer mais a respeito da resistência a compressão e dosagem do concreto que foi determinada pelo projetista, posicionamento vertical e horizontal, dimensões e cobrimento da armadura principal, além de todas as dimensões que foram calculadas para a marquise.

4.1.2 Entrevistas

Ao conversar com o proprietário ou usuário da estrutura algumas informações relevantes são obtidas, como o ano da construção, se já houve reformas e quais intervenções foram feitas, se houve problemas durante a construção ou até mesmo durante o uso da marquise.

Além dos proprietários da obra, também é válido entrevistar os vizinhos, engenheiros e encarregados da obra com o intuito de obter dados mais específicos e a partir de perspectivas diferentes das dos proprietários.

Com todo esse acervo anamnésico obtido a partir das entrevistas e da análise dos projetos, correlaciona-se com informações advindas da inspeção visual para então já começar a traçar os nexos causais das patologias existentes no elemento. Porém, todo esse levantamento de dados faz parte apenas do estudo inicial da inspeção, visto que é necessário estudar mais profundamente o comportamento da peça estrutural através de ensaios que comprovem os possíveis nexos causais.

4.1.3 Levantamento Geométrico

A medição de todas as dimensões da marquise é uma etapa imprescindível durante a sua análise, principalmente para comparação com as medidas do projeto estrutural e verificação de sua coerência. Ao realizar o levantamento, deve-se obter os seguintes dados: espessura média, comprimento e largura da laje, dados sobre as vigas em que as lajes estão engastadas e/ou apoiadas.

De posse desses dados, compara-se com os do projeto para verificar se estão de acordo e descartar ou não uma possível falha de execução.

4.1.4 Primeira inspeção visual detalhada

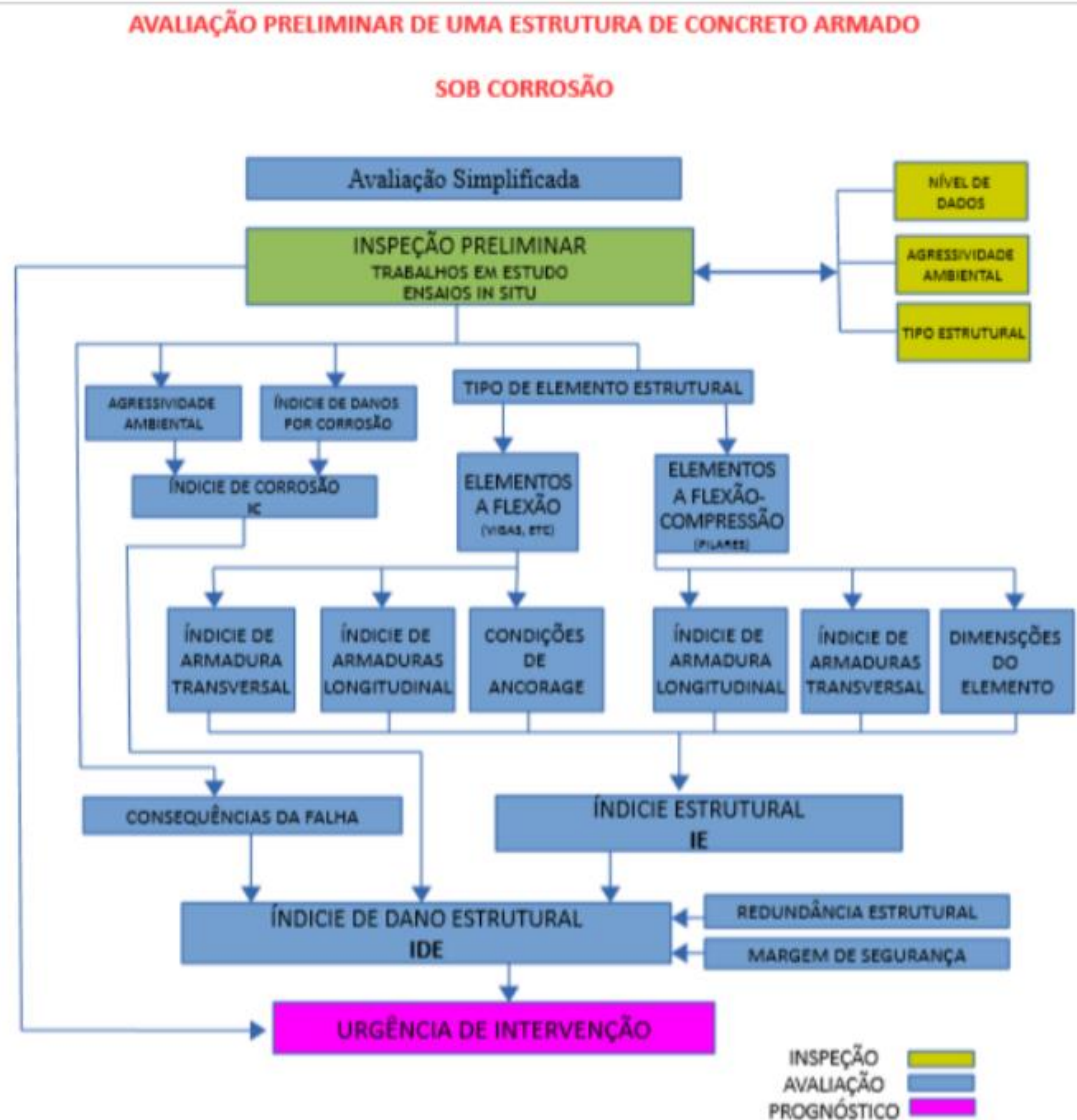
Cadastramento das manifestações patológicas, principalmente fissurações e deformações, mapeamento de locais de empoçamento de águas, sobrecargas acidentais, espessuras de revestimento, bem como a sua qualidade, eflorescências, localizar pontos de corrosão, levantamento visual do tipo de aço utilizado (CA-25 ou CA-50) e bitolas, condições estruturais do engastamento da laje, retirada de rebocos, onde necessário para inspeção visual e tipologia estrutural.

Segundo Repette (1991), para que seja possível definir o nexo causal do problema, deve-se atentar aos aspectos internos e externos do concreto, enfatizando:

- identificar tanto o macro quanto o micro clima da região em que a estrutura foi construída;
- registrar, inclusive com fotos, as manifestações patológicas mais visíveis e importantes tais como: fissuras, destacamentos, bolhas, manchas de ferrugem, flechas excessivas, sistemas de impermeabilização, drenagem de águas, etc;
- definir o nível de agressividade do ambiente com relação à presença de agentes corrosivos, à presença de umidade, além de ciclos de molhagem e secagem;
- remover cobrimentos de pontos corroídos e alguns outros pontos para que seja possível observar a espessura do cobrimento, medir a redução do diâmetro do aço e analisar quanto corroída está a armadura. Além disso, ver a situação atual do concreto com relação a porosidade, cor e forma de ruptura dos agregados;
- realizar o ensaio de profundidade de carbonatação;
- ao localizar as fissuras, medir e registrar suas aberturas e extensões.

Na hipótese da primeira inspeção visual detectar risco iminente de colapso estrutural, deve-se proceder de imediato às demolições. Evidentemente, a avaliação desse grau de risco iminente deve ser fundamentada por uma avaliação criteriosa do grau de risco existente, como por exemplo, a sugestão do fluxograma a seguir:

Figura 35: Avaliação preliminar de uma estrutura de concreto armado



FONTE: Programa Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED)
 Rede Temática DURAR (Durabilidade de Armadura)
 Eduardo Torroja Instituto de Ciências da Construção (ICCET)

Caso a marquise inspecionada já tenha sido reformada, o seu real estado pode estar sendo mascarado, o que acaba dificultando a obtenção de um diagnóstico definitivo utilizando-se apenas a inspeção visual como subsídio, portanto, nestes casos, torna-se imprescindível continuar a inspeção detalhada através de ensaios não destrutivos e semi destrutivos.

4.2 Inspeção detalhada através de ensaios não destrutivos e semi destrutivos

Uma inspeção detalhada através de ensaios deve ser realizada, se a inspeção visual preliminar não seja suficiente para determinar o nexos causal da patologia. O objetivo principal dessa etapa é avaliar a qualidade da estrutura, inclusive no tocante ao atendimento do projeto.

Segundo Oliveira (2002), a partir do que pôde ser definido e registrado durante a inspeção preliminar e análise do acervo técnico disponível, um plano de trabalho precisa ser feito antes do início da inspeção detalhada, nesse sentido, são previstos os equipamentos a serem utilizados no local, quais pontos da peça serão examinados e quais ensaios serão realizados. Dessa forma, deve-se elaborar o plano de trabalho contendo os seguintes itens:

- determinação dos locais a serem examinados, assim como o número de ensaios a serem realizados em cada ponto;
- previsão dos tipos de ensaios a serem realizados em cada local;
- elaboração de um croqui para que seja possível reunir, de forma organizada, todas as informações obtidas nos ensaios, assim como detalhes e impasses que ocorrerem durante as inspeções;
- sabendo-se dos pontos a serem examinados e dos ensaios a serem realizados, detalhar os equipamentos auxiliares que serão necessários como ferramentas, aparelhos de medição, escadas, andaimes, reagentes e outros.

Para que o quadro patológico da marquise seja caracterizado, devem ser registradas todas as anomalias encontradas durante a inspeção detalhada, quer sejam provenientes de erros de projeto, execução, utilização ou manutenção da estrutura. Através desta inspeção, serão definidos os agentes agressores quanto a tipologia e formas de deterioração advindos dos mesmos, além de ter sido possível mensurar a extensão das manifestações patológicas. Com todos esses subsídios, chega-se ao resultado quanto a liberação da marquise seja com ou sem necessidade de reforço ou recuperação, ou até mesmo sua demolição, caso seja um perigo iminente.

4.3 Classificação das inspeções em Marquises

Filho (2003) classifica as inspeções de acordo com o nível pretendido do perito e finalidade da inspeção da seguinte forma:

- Nível 1 – Inspeção para a identificação das manifestações patológicas visíveis, elaborada por profissional habilitado e contratado com orientação técnica pertinente;
- Nível 2 – Inspeção para a identificação de manifestações patológicas aparentes identificadas com o uso de equipamentos, elaborada por profissionais habilitados;
- Nível 3 – Inspeção para a identificação de patologias aparentes e das não aparentes que são constatáveis com o uso de equipamentos, inclusive testes e ensaios locais e/ou laboratoriais específicos, elaborada por profissionais habilitados.

4.3.1 Critérios de classificação das Marquises

Segundo Filho (2003), conforme a relevância das manifestações patológicas registradas nas análises preliminares, as marquises são classificadas quanto às:

- i. deformações estruturais além dos limites das normas;
- ii. distorções;
- iii. fissuras ou trincas;
- iv. sobrecargas não previstas no projeto original do edifício, conforme as normas;
- v. condições de funcionamento não adequadas, como armaduras expostas e/ou corroídas, perfis oxidados, fixações deficientes, etc.

4.3.2 Classificação do estado das Marquises

Chama-se de Grau de Urgência o risco oferecido pela estrutura aos usuários e sua prioridade dentro dos limites da inspeção da marquise. Depende da complexidade da inspeção e elaboração de seu laudo final, quanto à necessidade de profissionais envolvidos e a profundidade nas constatações dos fatos. Deve relatar aspectos relativos à durabilidade, funcionalidade e segurança estrutural. Essa classificação considera os elementos de patologia e urgência de terapia. (FILHO, 2003).

Os limites e níveis de inspeção são balizadores para a classificação quanto ao grau de urgência de uma patologia.

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

4.3.3 Classificação do Estado de Conservação das Marquises

Agora que já definimos os níveis de inspeção e os graus de urgência de uma marquise, podemos unir essas constatações para classificar o estado de conservação da marquise inspecionada, segundo FILHO (2003), da seguinte forma:

- a) CRÍTICO: quando a marquise contém manifestações patológicas classificadas com grau de urgência crítico (sem condições de uso). Marquises que apresentem problemas em todos os ensaios não destrutivos realizados;
- b) REGULAR: quando a marquise contém manifestações patológicas classificadas com o grau de urgência regular (passível de reparos). Marquises que não apresentam problemas quanto à corrosão da armadura, porém com baixa qualidade do concreto evidenciada pela baixa velocidade do pulso de onda ultrassônica na estrutura;
- c) SATISFATÓRIO: quando a marquise não contém manifestações patológicas significativas (situação normal). Marquises que apesar de apresentarem alguma manifestação patológica evidente visualmente, não apresentam problemas em nenhum dos ensaios realizados.

4.4 Etapa de Recuperação/Reforço ou Demolição

De posse das informações obtidas nas duas fases anteriores, diagnostica-se todo o quadro sistêmico e localizado das manifestações patológicas para prognósticos e terapias futuras levando-se em conta, também, o aspecto econômico. Para agregar mais confiabilidade ao laudo de inspeção, faz-se necessário realizar uma análise estrutural da marquise a partir dos dados obtidos durante a inspeção para que seja comparada a uma peça estrutural nova à luz da norma vigente atualmente.

Na hipótese de o prognóstico viabilizar recuperações e/ou reforços proceder-se-á a concepção do projeto através de calculista estrutural com expertise nas técnicas de recuperação/reforço mais viáveis economicamente para o ELU, ELS e ELD (Estado Limite de Durabilidade) das marquises. A técnica escolhida para a recuperação e/ou reforço observará as exigências normativas e legais atuais sob o ponto de vista de vida útil em pleno desempenho.

Em face de não possuímos normas da ABNT específicas sobre o projeto de reforço de estruturas de concreto armado, sugere-se a utilização do Bulletin D'Information N° 162, do CEB, atual FIP, de 1983, disponível no livro de Thomaz Ripper, conforme ilustração a seguir:

Figura 36: Capa do livro de Thomas Ripper



Fonte: Google Imagens (2021)

Na hipótese remota de risco iminente, evidentemente, decide-se pela demolição.

4.5 Planejamento de um Manual de Manutenção constante no Guia

Após conclusão de todas as etapas anteriores, será entregue ao proprietário um Manual de Uso, Operação e Manutenção nos termos da NBR 5674 e NBR 14037 com os seguintes objetivos:

- a) Informar aos proprietários e aos usuários da marquise as características técnicas da estrutura;
- b) Descrever procedimentos recomendáveis e obrigatórios para a conservação, uso e manutenção da marquise;
- c) Prevenir a ocorrência de falhas ou acidentes decorrentes de uso inadequado;
- d) Contribuir para que a marquise atinja a vida útil de projeto.

O Manual de Uso, Operação e Manutenção deve ser escrito em linguagem simples e direta para que seja de fácil entendimento por todos os públicos. A estrutura do manual deve seguir as seguintes orientações da NBR 14037/2011 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos:

Tabela 4: Diretrizes da NBR 14037/2011

Capítulo	Subdivisões	Correlação com os itens desta Norma
1. Apresentação	Índice	5.1.1
	Introdução	5.1.2
	Definições	5.1.3
2. Garantias e assistência técnica	Garantias e assistência técnica	5.2
3. Memorial descritivo		5.3
4. Fornecedores	Relação de fornecedores	5.4.1
	Relação de projetistas	5.4.2
	Serviços de utilidade pública	5.4.3
5. Operação, uso e limpeza	Sistemas hidrossanitários	5.5
	Sistemas eletroeletrônicos	
	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas	
	Sistemas de ar-condicionado, ventilação e calefação	
	Sistemas de automação	
	Sistemas de comunicação	
	Sistemas de incêndio	
	Fundações e estruturas	
	Vedações	
	Revestimentos internos e externos	
	Pisos	
	Coberturas	
	Jardins, paisagismo e áreas de lazer	
	Esquadrias e vidros	
	Pedidos de ligações públicas	
6. Manutenção	Programa de manutenção preventiva	5.6.1
	Registros	5.6.2
	Inspeções	5.6.3
7. Informações complementares	Meio ambiente e sustentabilidade	5.7.1
	Segurança	5.7.2
	Operação dos equipamentos e suas ligações	5.7.3
	Documentação técnica e legal	5.7.4
	Elaboração e entrega do manual	5.7.5
	Atualização do manual	5.7.6

Fonte: NBR 14037/2011

Vale destacar a subdivisão “Programa de manutenção preventiva” (inscrito no Capítulo Manutenção), onde os ensaios não destrutivos devem ser incluídos para que tanto a qualidade do concreto, quanto o nível de corrosão do aço sejam monitorados periodicamente. Além disso, a observância das deformações mecânicas deverá constar, também, no Manual.

5. Resultados

Antes do início efetivo do trabalho de inspeção, o perito deve anotar os dados gerais da obra, como a sua localização, a data em que foi construída, o período em que se dará a inspeção e o nome do proprietário, além de anexar uma foto ampla da marquise. Dessa forma, torna-se mais fácil a organização dos dados, caso o perito possua mais de um trabalho sendo realizado simultaneamente, gerando também um acervo de perícias detalhado para consultas. Segue trecho correspondente do guia:

GUIA DE INSPEÇÃO EM MARQUISE	
CADASTRO DA MARQUISE	
Endereço:	
Data da construção:	
Período da inspeção:	
Proprietário:	
Perito responsável:	
FOTO DA MARQUISE	

Ao iniciar uma inspeção numa marquise, deve-se fazer todo o levantamento do acervo técnico disponível consultando projetos existentes, memórias do controle de qualidade, diários de obra e entrevistando colaboradores responsáveis pela obra, além dos proprietários. Para facilitar essa etapa, o guia traz inicialmente campos para: preenchimentos de acordo com o acervo existente; anotar possíveis contatos a entrevistar; registrar considerações a respeito dos diários de obra e controles de qualidade do concreto; registrar considerações e análises feitas a partir de projetos, caso existam. Além disso, é importante inicialmente, identificar qual a tipologia estrutural da marquise em análise e proceder seu levantamento geométrico visando conceber um planejamento preliminar de inspeção. Segue trecho correspondente do guia:

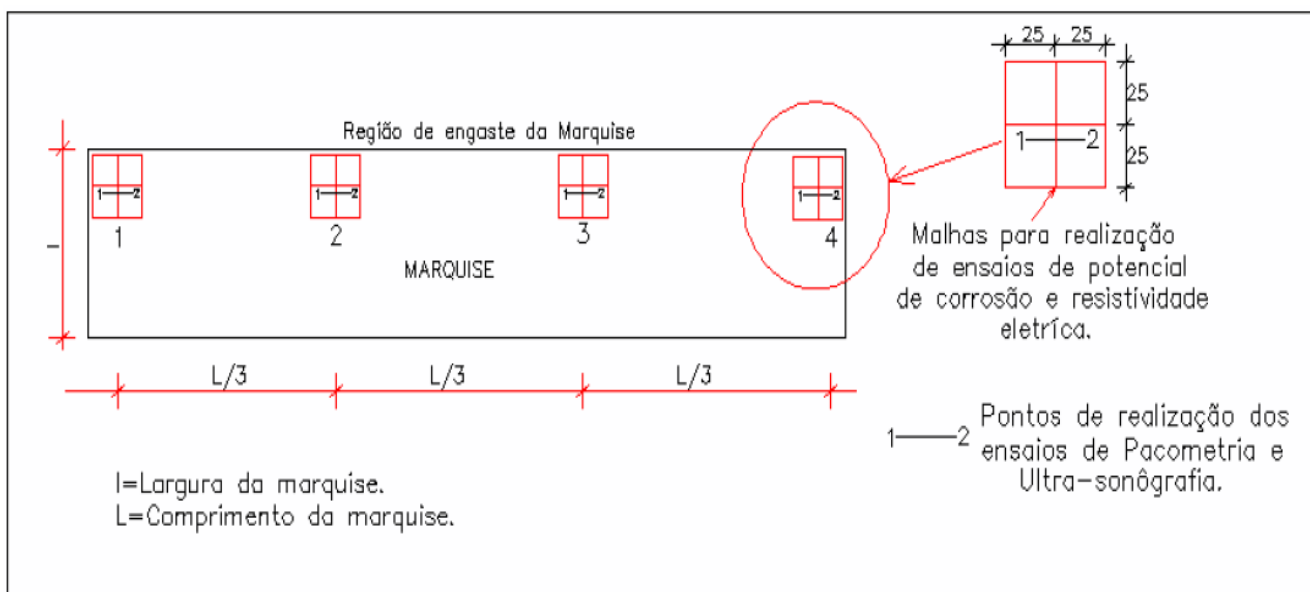
1. ACERVO TÉCNICO DISPONÍVEL		
Projetos disponíveis:	Contatos a entrevistar	Considerações sobre os diários de obra e datas de concretagem:
Considerações a partir das entrevistas:		
PROJETO A - Considerações		
PROJETO B - Considerações		

DEMAIS CONSIDERAÇÕES

Principalmente em obras mais antigas, torna-se indispensável o uso dos ensaios não destrutivos e semi destrutivos para que seja analisada a priori a qualidade do concreto e a situação das armaduras. Nesta parte do guia, pode-se inserir os ensaios a serem realizados, além do registro dos respectivos resultados e anotar considerações a respeito, caso julgar necessário. Caso dúvidas sobre as propriedades remanescentes persistam, definem-se regiões estratégicas para extração de testemunhos.

Para a realização dos ensaios, sugere-se, no mínimo, 4 pontos ao longo da região de engaste da marquise, conforme a ilustração a seguir:

Figura 37: Sugestão de pontos para realização de ensaios



Fonte: CARMO (2009)

Segue trecho correspondente do guia:

3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E SEMI DESTRUTIVOS		
ENSAIO	RESULTADOS	INTERPRETAÇÕES
Pacometria		
Potencial de meia-célula		
Resistividade do Concreto		
Ultrassonografia		
Esclerometria		
Ensaio de Polarização		
Ensaio de Carbonatação		
Ensaio de Teor de cloretos		
Termografia		
Extensometria		
Ensaio de extração de corpo de prova		

Após todos os dados registrados das propriedades remanescentes, é possível realizar o levantamento estrutural visando suas características mecânicas, físicas e eletroquímicas. Com isso, será possível diagnosticar com precisão o grau de risco atual e a tomada de decisão nas hipóteses de demolição, recuperação ou reforço. Segue trecho correspondente do guia:

4. ANÁLISE ESTRUTURAL	
4.1. NORMA VIGENTE NA CONSTRUÇÃO	4.2 NORMA ATUAL

Nas hipóteses de recuperação e/ou reforço estrutural, deve-se utilizar das normas e técnicas atuais sendo que na hipótese de o projeto de reforço estrutural complementar seguir as sugestões técnicas de segurança do **CEB (Comitê Europeu de Betão)**, atual **FIB, Bulletin D'Información n 162/1983**. Segue trecho correspondente do guia:

5. VERIFICAÇÃO DE NECESSIDADE DE REFORÇO ESTRUTURAL
(Para verificar se há necessidade de reforço, observa-se a relação entre Momento Resistente e o Momento Característico. Caso essa relação seja inferior a 1,4, deve-se reforçar a marquise)
Diagnóstico Final
GRAU DE RISCO E CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO (CRÍTICO, REGULAR, SATISFATÓRIO)
MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
Depois de recuperada/reforçada a estrutura, sugere-se que seja entregue ao usuário um manual de uso, operação e manutenção com os procedimentos técnicos e temporais para a manutenção do desempenho pleno da nova vida útil.

6. Conclusão

Em suma, torna-se factível concluir-se que os estudos tiveram início efetivo com os acidentes fatais que despertaram cobranças da sociedade com ênfase na necessidade de inspeção rotineira nesse elemento estrutural, visto que a maioria nunca foi vistoriada mesmo após muitos anos de existência.

Através dos estudos e acidentes relatados na imprensa, salientou-se a necessidade de um guia de inspeção em marquises como referência para trabalhos periciais atendendo-se, portanto, ao objetivo principal do trabalho. A importância dos ensaios não destrutivos e semi destrutivos para subsidiar diagnósticos e monitoramentos foi claramente abordada no trabalho, assim como ficou evidente a necessidade do levantamento de todas as manifestações patológicas existentes para que seja possível traçar o diagnóstico da estrutura a ser periciada. Portanto, tanto o objetivo principal, quanto os objetivos secundários foram alcançados.

O Guia de inspeção concebido contempla as etapas periciais de anamnese, inspeção visual detalhada, uso de ensaios e análise estrutural com o objetivo de subsidiar um diagnóstico preciso indicando o grau de risco existente na peça estrutural.

Todo o passo a passo de utilização do Guia de Inspeção em Marquises foi descrito nos Resultados e o Guia pode ser visto integralmente, inclusive para uso de terceiros, no APÊNDICE I.

Conclui-se, que os resultados desse estudo contemplaram todos os objetivos colimados no seu planejamento inicial.

Esse trabalho é de suma importância para a Engenharia Diagnóstica, visto que, além de orientar, facilitará o desenvolvimento das inspeções em marquises. Por fim, vale destacar a necessidade de continuar o desenvolvimento da área e melhoramento do guia em possíveis trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS. **ASTM C 876. Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.** Annual Book of ASTM Standards, USA, 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014: **Projeto de Estruturas de concreto – Procedimento**, Rio de Janeiro, 2014.

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

_____. NBR 8802 – **Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica.** Rio de Janeiro, 2019.

_____. NBR 8802 – **Concreto endurecido – Determinação da resistividade elétrica-volumétrica – Método de ensaio**, Rio de Janeiro, 2012.

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

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

CARMO, Marco Antônio do. **Estudo da deterioração de marquises de concreto armado nas cidades de Uberlândia e Bambuí.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2009

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

CASCUDO, Oswaldo. **O Controle de corrosão de armaduras em concreto: Inspeção e técnicas eletroquímicas.** 2 Ed, Goiânia, 1997.

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

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

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

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

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

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

APÊNDICE I

GUIA DE INSPEÇÃO EM MARQUISE

CADASTRO DA MARQUISE	
----------------------	--

Endereço:

Data da construção:

Período da inspeção:

Proprietário:

Perito responsável:

FOTO DA MARQUISE

1. ACERVO TÉCNICO DISPONÍVEL

Projetos disponíveis:	Contatos a entrevistar	Considerações sobre os diários de obra e datas de concretagem:

Considerações a partir das entrevistas:

--

PROJETO A - Considerações

--

PROJETO B - Considerações			
TIPO DE MARQUISE:			
a) Laje em balanço	b) Lajes e Vigas	c) Laje engastada em tijolos cerâmicos maciços	
LEVANTAMENTO GEOMÉTRICO			
Espessura média	Comprimento da Laje	Largura da Laje	
2. PRIMEIRA INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA			
Cadastro de Fissuras:	LOCAL	CONSIDERAÇÕES	NÚMERO DA FOTO
Cadastro de demais manifestações patológicas	LOCAL	CONSIDERAÇÕES	NÚMERO DA FOTO
DEMAIS CONSIDERAÇÕES			

3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E SEMI DESTRUTIVOS		
ENSAIO	RESULTADOS	INTERPRETAÇÕES
Pacometria		
Potencial de meia-celula		
Resistividade do Concreto		
Ultrassonografia		
Esclerometria		
Ensaio de Polarização		
Ensaio de Carbonatação		
Ensaio de Teor de cloretos		
Termografia		
Extensometria		
Ensaio de extração de corpo de prova		
4. ANÁLISE ESTRUTURAL		
4.1. NORMA VIGENTE NA CONSTRUÇÃO		4.2 NORMA ATUAL
5. VERIFICAÇÃO DE NECESSIDADE DE REFORÇO ESTRUTURAL		
(Para verificar se há necessidade de reforço, observa-se a relação entre Momento Resistente e o Momento Característico. Caso essa relação seja inferior a 1,4, deve-se reforçar a marquise)		
Diagnóstico Final		
GRAU DE RISCO E CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO (CRÍTICO, REGULAR, SATISFATÓRIO)		

MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Depois de recuperada/reforçada a estrutura, sugere-se que seja entregue ao usuário um manual de uso, operação e manutenção com os procedimentos técnicos e temporais para a manutenção do desempenho pleno da nova vida útil.