



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PEDRO LICERIO RODRIGUES VIEGAS

**INCIDÊNCIA DE PATOLOGIAS E AVALIAÇÃO DA DUREZA
SUPERFICIAL DO CONCRETO NOS POSTES DE ILUMINAÇÃO
PÚBLICA DA AVENIDA BEIRA MAR EM SÃO LUÍS/MA: UM
ESTUDO DE CASO**

**SÃO LUÍS/MA
JULHO/2019**

PEDRO LICERIO RODRIGUES VIEGAS

**INCIDÊNCIA DE PATOLOGIAS E AVALIAÇÃO DA DUREZA
SUPERFICIAL DO CONCRETO NOS POSTES DE ILUMINAÇÃO
PÚBLICA DA AVENIDA BEIRA MAR EM SÃO LUÍS/MA: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão do curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos

SÃO LUÍS/MA

JULHO/2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Rodrigues Viegas, Pedro Licerio.
Incidência de Patologias e Avaliação da Dureza Superficial do Concreto nos Postes de Iluminação Pública da Avenida Beira Mar em São Luís/MA: Um Estudo de Caso / Pedro Licerio Rodrigues Viegas. - 2019.
61 f.

Orientador(a): Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos.
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2019.

1. Concreto armado. 2. Dureza Superficial. 3. Patologia. 4. Postes. I. Lopes de Oliveira Santos, Maria Luiza. II. Título.

PEDRO LICERIO RODRIGUES VIEGAS

**INCIDÊNCIA DE PATOLOGIAS E AVALIAÇÃO DA DUREZA
SUPERFICIAL DO CONCRETO NOS POSTES DE ILUMINAÇÃO
PÚBLICA DA AVENIDA BEIRA MAR EM SÃO LUÍS/MA: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
avaliado pela banca examinadora
constituída pelos docentes abaixo
assinados.

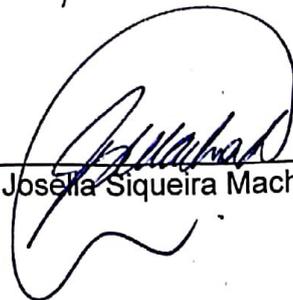
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Maria Luiza Lopes de Oliveira Santos



Prof. Me. Mikhail Luczynski



Prof.^a Esp. Josefa Siqueira Machado Fiterman

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração de cimento	4
Figura 2 – Agregados utilizados na produção de concreto	6
Figura 3 – Exemplo de aditivo utilizado em concretos e argamassas	8
Figura 4 – Exemplo peça estrutural de poste de concreto	9
Figura 5 - Esquema de distinção de resistência efetiva na estrutura e a resistência potencial dos corpos de prova	10
Figura 6 – Esclerômetro de Schmidt e seus principais elementos	12
Figura 8 –Manchas no concreto produzidas por oxidação do aço das armaduras	19
Figura 9 – Exemplo de fissuras	20
Figura 10 – Exemplo de aparecimento de eflorescência no concreto	21
Figura 11 – Aço da armadura em processo de corrosão	22
Figura 12 – Ilustração de viga sofrendo esforços de flexão	22
Figura 13 – Foto do esclerômetro utilizado para os ensaios de dureza superficial do concreto	27
Figura 14 – Treinamento Senai com esclerômetro.....	28
Figura 15 – Localização da região de estudo e marcação dos postes estudados	32
Figura 16 – Pedra de carborundum utilizada no ensaio	35
Figura 17 – Marcação inicial em giz para orientação durante a execução do ensaio esclerométrico	36
Figura 18 – Marcação finalizada em giz para orientação durante a execução do ensaio esclerométrico	37
Figura 19 – Armadura exposta em poste analisado	41
Figura 20 – Porosidade superficial do concreto em um dos postes analisados	41
Figura 21 – Armadura exposta e manchas em um dos postes analisados	42
Figura 22 – Segregação e arestas quebradas encontrados em um dos postes analisados	42
Figura 22 – Trinca vertical com extensão considerável em um dos postes analisados	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 2 – Classificação da resistência dos concretos em relação ao risco de corrosão das armaduras	25
Quadro 3 – Formulário padrão para análise individual dos postes.....	29
Quadro 5 – Avaliação dos parâmetros analisados no estado de conservação do elemento analisado	31
Quadro 6 – Quadro de idades dos postes analisados.....	33
Quadro 7 – Resultados do ensaio esclerométrico de cada poste	38
Quadro 8 – Porcentagem de postes em relação a manifestação patológica analisada.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quantidade de postes identificados com trincas.....	44
Gráfico 2 – Quantidade de postes com fissuras.....	45
Gráfico 3 – Quantidade de postes com arestas quebradas	45
Gráfico 4 – Quantidade de postes com manchas.....	45

RESUMO

O objetivo principal desse trabalho foi realizar uma análise estrutural e patológica do atual estado dos postes utilizados pra iluminação e/ou fornecimento de energia/telecomunicações encontrados na região do centro histórico de São Luís/MA e propor parâmetros para servirem de base para órgãos competentes tomarem as devidas ações, bem como sugerir possíveis intervenções e soluções para os problemas encontrados. Foram coletados e analisados os dados inerentes a incidência de manifestações patológicas, através de formulário padrão elaborado; assim como realizado o ensaio de esclerometria normalizado pela NBR 7584:2012, a fim de se obter a possível condição técnica atual do concreto que compõe os postes objetos de estudo. A principal motivação para realização desse trabalho foi a possibilidade de colapso das estruturas estudadas devido a diversos fatores, podendo ocasionar fatalidades a sociedade devido ao grande volume de pessoas que transitam nas áreas próximas aos postes. Os resultados mostram que apenas um dos doze postes estudados apresentou a dureza superficial do concreto abaixo do esperado; além disso, observou-se ainda que a necessidade de reparos e/ou substituições dos postes é de prioridade para a grande parcela dos elementos estudados, uma vez que apresentam manifestações patológicas que pode comprometer a estrutura, podendo levar a ruína e pondo em risco a população.

Palavras-chave: Postes. Concreto armado. Dureza superficial. Patologia.

ABSTRACT

The main objective of this work was to perform a structural and pathological analysis of the current state of the poles used for lighting and/or power supply/telecommunications found in the region of the historic center of São Luís/MA and propose parameters to serve as a basis for competent bodies to take the necessary actions, as well as suggest possible interventions and solutions to the problems found. The data inherent to the incidence of pathological manifestations were collected and analyzed through a standard form prepared, as well as the sclerometry test standardized by NBR 7584:2012, in order to obtain the possible current technical condition of the concrete that composes the poles under study. The main motivation for this study was the possibility of collapse of the studied structures due to several factors, which may cause fatalities to society due to the large volume of people who transit the areas near the poles. The results show that only one of the twelve poles studied had the surface hardness of concrete below expectations; in addition, it was observed that the need for repairs and/or replacements of the poles is a priority for a large portion of the elements studied, since they present pathological manifestations that can compromise the structure, leading to ruin and putting at risk the population.

Keywords: Posts. Reinforced concrete. Surface hardness. Pathology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.2 Objetivo Geral	2
1.2.3 Objetivos Específicos	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Concreto	3
2.2 Componentes	3
2.2.1 Cimento.....	4
2.2.2 Agregados.....	5
2.2.2 Água de amassamento	7
2.2.3 Aditivos.....	7
2.2.4 Propriedades no estado endurecido.....	9
2.3 Ensaio Destrutivos (END)	11
2.4 Ensaio de esclerometria	12
2.5 Patologias e Manifestações patológicas em postes de concreto armado	16
2.6 Indicações de verificação.....	19
2.6.1. Manchas no Concreto	19
2.6.2. Fissuras.....	19
2.6.3. Eflorescências	21
2.6.4. Corrosão nas Armaduras	21
2.6.5. Flexões da Estrutura	22
2.7 Intervenções na estrutura	23
2.7.1 Manchas	23
2.7.2. Fissuras e trincas	23
2.7.3 Proteção de superfície	24
2.7.3. Corrosão de armaduras	24
2.7.4. Reposição do concreto.....	24
3. METODOLOGIA	27
4. ESTUDO DE CASO	32
5. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
6. APÊNDICE	53

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O concreto é, segundo Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON (2009), um material construtivo amplamente utilizado em todos os cantos do mundo, podendo ser encontrado, por exemplo, em alvenarias, rodovias, pontes, edifícios de todos os tamanhos, usinas hidrelétricas e nucleares, obras de saneamento etc. Suas aplicações em diversos tipos de serviços são amplas e de acordo com Metha & Monteiro (2014) isso se deve as suas diferentes propriedades, onde em seu estado fresco apresenta consistência e trabalhabilidade, com capacidade de se adequar aos mais diferentes formatos e em seu estado endurecido apresenta resistência mecânica, resistência a ação da água, resistência a intempéries e durabilidade.

A verificação da qualidade do concreto utilizado em uma estrutura, ou seja, realizar o controle tecnológico desse material tem sua relevância pautada principalmente no aumento da durabilidade do concreto e da verificação de sua aceitação nos parâmetros pautados em norma brasileira registrada (NBR). Destaca-se ainda que tal controle tecnológico deve ser realizado por empresa de serviços especializada e que execute ensaios de acordo com NBR 12655:2006 (NEVILLE, 1997). Para esse processo, é bastante utilizado ensaios com extração de corpos de prova de concreto, no qual proporciona maior confiabilidade no procedimento de estimativa de resistência direta do concreto utilizado em uma estrutura (RAPETTE, 1991).

Entretanto, o processo de retirada de corpo de prova é um método no qual causa danos a estrutura e dessa forma a metodologia dos ensaios não destrutivos se mostram mais efetivos no nesse âmbito (NEVILLE E BROOKS, 2013). Nesse sentido, os ensaios não destrutivos (END) têm grande eficiência, uma vez que é possível executá-los em diversas localidades da estrutura, assim como executar o número de ensaios necessários para se obter a precisão e confiabilidade dos resultados sem danos a estrutura. Lorenzi et. al. (2016), acrescenta que esse tipo de ensaio tem como vantagem também por ser economicamente menos oneroso.

Diante do exposto, o estudo em tela baseia-se na análise técnica de postes de iluminação pública localizados na Avenida Beira Mar na cidade de São Luís/MA. O desenvolvimento do estudo buscou identificar possíveis problemas que podem comprometer o elemento “poste” e causar sérios danos à sociedade, desde a falha ou falta da entrega de energia ou telecomunicações até o comprometimento da integridade física dos munícipes, devido ao possível colapso da estrutura

1.2 OBJETIVOS

1.2.2 Objetivo Geral

Realizar a análise técnica de postes localizados na Avenida Beira Mar em São Luís/MA, a fim de identificar problemas patológicos que possam estar comprometendo a vida útil dos postes; além de conhecer a dureza superficial dos mesmos através da realização do ensaio não destrutivo denominado “esclerometria”.

1.2.3 Objetivos Específicos

- Realizar análise visual nos postes objeto de estudo a fim de identificar as manifestações patológicas presentes nos mesmos;
- Obter o índice esclerométrico para cada poste objeto de estudo;
- Analisar os dados coletados “in loco” a fim de identificar as reais condições técnicas dos postes objeto de estudo;
- Fornecer informações técnicas atualizadas aos representantes dos órgãos competentes e responsáveis pelos elementos “postes” a fim de que os mesmos possam tomar as providências cabíveis inerentes à garantia da vida útil dos postes e segurança dos munícipes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto

De acordo com Lima (2014), o concreto é o material mais utilizado na construção civil, sendo formado pela mistura de pelo menos um aglomerante, tal como o cimento, a água, a areia e/ou a pedra. Uma de suas principais características é a capacidade de resistência a água, sofrendo menor deterioração pela mesma e a grande abundância dos materiais que o compõe na natureza, podendo ser adquirido de com mais facilidade e por um preço acessível.

O Concreto de cimento Portland é, segundo Helene (1992), o material tradicionalmente usado em reparos e reforços estruturais. Já para Isaia (2007), o concreto é o material mais utilizado na construção civil da atualidade, considerando-o uma grande descoberta para a história e para o desenvolvimento da humanidade. Segundo Mehta e Monteiro (2014), existem três razões para as quais a utilização do concreto é tão amplamente difundida na engenharia. O primeiro deles se dá pela resistência a ação da água, sendo capaz de conceber estruturas de controle, armazenamento e transporte de água. Outro motivo se dá na disponibilidade dos elementos que o compõe podem ser encontrados e dos mais diferentes de tipos e tamanhos. O baixo custo é o terceiro motivo citado pelo autor.

2.2 Componentes

O concreto possui componentes que são citados e retratados por Petrucci (1998) como sendo água acrescida do cimento, proporcionando a mistura o nome de pasta, onde é adicionado o agregado miúdo obtém-se a argamassa e adicionando o agregado graúdo se obtém o concreto. Observa-se ainda que, em na maioria das vezes ainda há o acréscimo dos aditivos.

2.2.1 Cimento

Os romanos foram provavelmente, segundo Neville e Brooks (2013) os primeiros povos a empregar o cimento hidráulico para elaboração de um concreto. Tal material é citado pelos autores como sendo um material que tem a capacidade de endurecer por meio da mistura em água. Devido à capacidade de do concreto de não apresentar alterações ao longo do tempo mesmo em contato com a água foi uma das características decisivas para o uso do material para construção. Tal cimento empregado pelos romanos teve sua utilização paralisada, de acordo com os autores, e foi patenteado no ano de 1824.

O fato do cimento Portland não necessitar de outros materiais tais como pozolanas para reagir, bem como para desenvolver sua propriedade de resistência perante a exposição à água o faz ser então, um cimento hidráulico (Mehta e Monteiro, 2014). Para padronização, o cimento hidráulico citado anteriormente pode ser traduzido como cimento Portland (Figura 1) e será tratado dessa maneira a partir de agora.

Figura 1 – Ilustração de cimento



Fonte: <https://www.mapadaobra.com.br>, acesso em 14/07/2019.

Segundo Bauer (2008) e Mehta e Monteiro (2014), a definição do cimento Portland pode ser descrita como produto da pulverização de clínquer. O autor Petrucci (1998) faz da definição do cimento Portland semelhante, como produto da moagem do clínquer. Entretanto, Bauer (2008) acrescenta que é possível se adicionar substâncias afim de facilitar o seu uso e aperfeiçoar as propriedades do material. Para os mesmos autores, o clínquer é a matéria prima em formato granulado concebido pela calcinação da mistura de silicatos de cálcio hidráulicos e sulfato de cálcio natural. Mehta e Monteiro (2014), acrescentam ainda que durante a etapa de moagem do clínquer, há possibilidade da adição de até 5% de calcário na fabricação do cimento Portland.

2.2.2 Agregados

O agregado pode ser definido, como descreve Petrucci (1998), como material do tipo granular, comumente inerte, sem forma definida e sem volume, tendo características inerentes com capacidade de atender diversas aplicações na engenharia. Para Bauer (2008), os agregados são um material sem coesão os quais possuem diferentes tamanhos e granulometria, como também pode ser considerado sem influência química. Ainda assim, Neville e Brooks (2013) revelam que os agregados não se apresentam inertes, podendo ter interferência química, física ou térmica no concreto as quais refletem na resistência, desempenho estrutural, durabilidade e estabilidade dimensional do concreto. É argumentado ainda pelo autor que por conta do agregado conseguir preencher 75% do concreto, defini-lo como inerte não pode ser concebível.

São perceptíveis as divergências entre os autores sobre o assunto, como também a crescente pesquisa desses materiais para que haja maior consenso entre os pesquisadores.

É unânime para Petrucci (1998), Fusco (2008) e Bauer (2008) em respeito à classificação dos agregados, uma vez que a principal forma de classificação é em relação a sua granulometria, ou seja, sejam eles miúdos ou

gráudos. Bauer (2008) acrescenta ainda que os agregados podem ser classificados também de acordo com sua origem, sendo artificial ou natural.

Em relação à classificação quanto a sua origem, pode-se definir como naturais aqueles que se mostram em condições de uso na natureza, com ausência de processos de aperfeiçoamento do material e possuem forma particulada. Os de origem artificial tem como principal característica terem passado por algum tipo de processo feito pelo homem para utilização na engenharia, como pode ser exemplificado com a pedra britada (PETRUCCI,1998).

Para classificação em relação a granulometria, Bauer (2008) faz a classificação abrangedora em que as areias são agregado miúdo e os cascalhos e britas são agregados graúdos. De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), agregados podem ser classificados por meio do uso de peneiras com aberturas conhecidas, no caso do agregado miúdo devem passar pela peneira de 4,75mm de abertura de malha. A norma técnica classifica os agregados graúdos os grãos os quais ficam retidos na peneira de 4,75mm e conseguem passar pela abertura de 75mm. Na Figura 2 é possível observar alguns agregados utilizados na produção de concreto.

Figura 2 – Agregados utilizados na produção de concreto



Fonte: <http://www.portaldoconcreto.com.br>, acesso em 14/07/2019.

2.2.2 Água de amassamento

A qualidade da água de amassamento de acordo com Petrucci (1998) e Fusco (2008), indicam que deve ser considerado a para a produção do concreto a água potável. Ambos os autores consentem em relação da água não ter grande quantidade de impurezas para não impossibilitar ou prejudicar as reações do cimento.

2.2.3 Aditivos

Para Bauer, Noronha e Bauer (2000) os aditivos definem-se como produtos não indispensáveis utilizados na produção de concretos e argamassas, e que promovem o aparecimento ou reforço de determinadas características e propriedades do material em seu estado fresco ou endurecido (CASTRO, 2017).

A NBR 11768 (ABNT, 1992) define aditivos como produtos adicionados ao concreto de cimento Portland que, em pequenas quantidades, modificam as propriedades, no sentido de melhor se adequar a determinadas condições.

Bauer, Noronha e Bauer (2000) citam a possibilidade da classificação dos aditivos fundamentada na ação ou efeito. O critério baseado na ação possui características mais científicas, distingue-se através de características químicas e/ou físicas. O critério fundamentado nos efeitos determina a escolha do uso correto do aditivo baseado na finalidade que é procurado, ou seja, em específica característica, não considerando os aspectos científicos, como características químicas (CASTRO, 2017). Na Figura 3 é possível observar um tipo de aditivo que pode ser utilizado em concretos e argamassas.

Figura 3 – Exemplo de aditivo utilizado em concretos e argamassas



Fonte: <http://www.vedacit.com.br>, acesso em 14/07/2019.

Já a norma técnica NBR 11768 (ABNT, 1992) classifica os aditivos conforme a característica que irá modificar o concreto, sendo elas: tipo P - Plastificante; tipo R - Retardador; tipo A - Acelerador; tipo PR - Plastificante Retardador; tipo PA - Plastificante Acelerador; tipo IAR - Incorporador de Ar; tipo SP - Superplastificante; tipo SPR - Superplastificante Retardador; e tipo SPA - Superplastificante Acelerador (CASTRO, 2017).

A indústria de aditivos e adições para concreto teve um grande crescimento nos últimos 50 anos, devido ao fato dos aditivos terem função de modificar as propriedades do concreto em seu estado fresco endurecido. Portanto, engenheiros da área da construção civil reconhecem as vantagens e limitações dos aditivos utilizados nesta área, segundo Mehta e Monteiro (2014) (CASTRO, 2017).

Para Bauer, Noronha e Bauer (2000), o estudo de aditivos busca um produto capaz de introduzir todas as qualidades, bem como evitar todos os defeitos do concreto (CASTRO, 2017).

2.2.4 Propriedades no estado endurecido

No estado endurecido, o concreto tem como principal exigência para esse estado uma adequada resistência à compressão, segundo Neville e Brooks (2013). Para Alves (2017), o que torna essa propriedade com principal exigência é a facilidade com que pode ser mensurada, aliada a simplicidade com que se pode relacionar esta propriedade com a atestação de que o material atende as especificações requeridas. Entretanto, a resistência a compressão está ligada diretamente com outras propriedades do concreto que são de suma magnitude para um bom desempenho e prolongada vida útil, esses são: resistência a tração, resistência a sulfatos, impermeabilidade, durabilidade etc. Na Figura 4 pode-se visualizar um exemplo de concreto endurecido.

Figura 4 – Exemplo peça estrutural de poste de concreto



Fonte: <https://volpeeletropostes.com.br/produto>, acesso em 28/07/2019.

No âmbito da durabilidade, Bauer (2008) descreve que esta propriedade está relacionada com o ambiente no qual o concreto se encontra, do qual sua qualidade ao decorrer do tempo pode ser comprometida a depender de esforços atuantes na estrutura, esforços estes podem conduzir a deterioração parcial ou até total da estrutura. Entretanto, para o autor, estes esforços tem a possibilidade de serem minimizados, dando a estrutura condições de suportar trabalhos por um período maior sem sofrer deterioração. Sobre a permeabilidade, Mehta e Monteiro (2014) dão grande parcela de

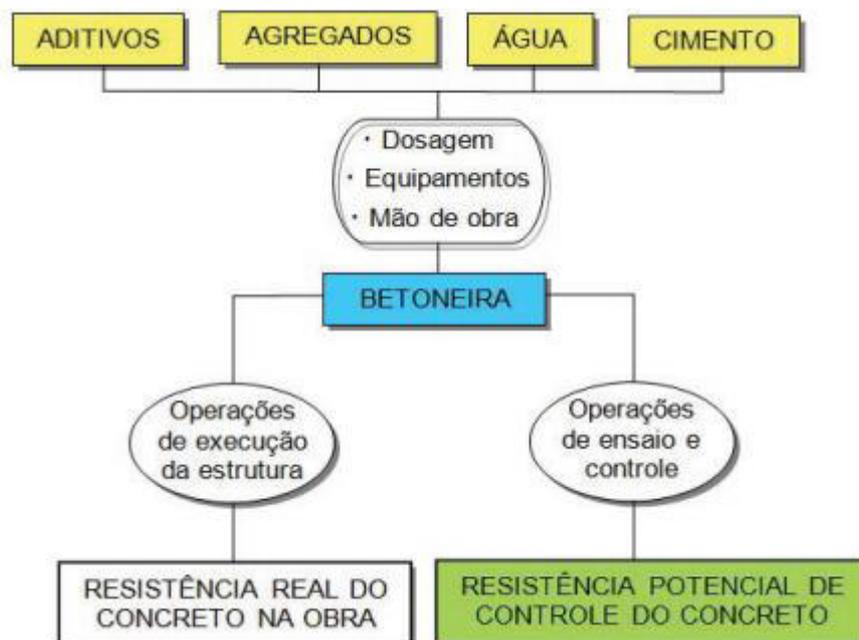
relevância aos processos de degradação física e química em regiões mais interiores e externas do concreto. Esta propriedade está ligada a porosidade, uma vez que a redução da mesma causará diminuição da permeabilidade. Segundo os autores, isso é possível utilizando um consumo adequado de cimento, uma relação de água/cimento reduzida e processos de adensamento e cura apropriados.

Em geral, o termo “deterioração” é antônimo de “durabilidade”, que pode ser definida como a capacidade do material estar apto para suportar as condições para as quais foi projetado, sem que sofra danos significativos por um longo período (ROQUE e MORENO JUNIOR, 2005).

Para a obtenção de um concreto de boa qualidade, para Almeida (2002) é necessário se aprofundar nas propriedades de cada componente constituinte (areia, água, brita e cimento), a proporção adequada durante a mistura e por fim, a execução com ponderação. Tais fatores são importantes durante a etapa de produção onde o material ainda se encontra com consistência para ser trabalhado, após esse período é iniciado o processo de cura ou hidratação do concreto. Esse processo, segundo Silva *et al.* (2012), é de suma importância para a ocorrência das reações químicas entre os compostos da pasta de cimento formada, uma vez que promovem o ganho da resistência mecânica e manutenção da umidade do concreto, prevenindo da formação de fissuras e, conseqüentemente aumentando sua vida útil.

Quando o concreto é produzido, existem divergências nas resistências a compressão dos corpos de prova moldados *in loco* com o que é empregado na estrutura, onde para Zanardo (2015), essa situação se faz necessário a realização de ensaios para averiguação dos aspectos estudados. Na Figura 5 é possível perceber a discriminação das fases em que há divergências.

Figura 5 - Esquema de distinção de resistência efetiva na estrutura e a resistência potencial dos corpos de prova



Fonte: Alves, 2017.

De acordo com Lorenzi *et al* (2016), o monitoramento contínuo das estruturas é um método indispensável para as estruturas em concreto, uma vez que torna possível a detecção de possíveis problemas e realizar ações preventivas no que tange a qualidade do concreto aplicado. Nesse sentido, diante da resistência do concreto, consoante a Rapette (1991), é possível fazer a divisão do grupo de métodos para investigação desse parâmetro relacionando ao dano causado na estrutura a qual será estudada, onde se tem os ensaios destrutivos e não destrutivos. A principal diferença entre ambos é na necessidade de reparos na estrutura ou não após a realização do ensaio. A seguir será abordado sobre os ensaios.

2.3 Ensaios Destrutivos (END)

No âmbito desse tipo de ensaio, de acordo com Evangelista (2002), tais ensaios têm como principal característica a ausência de dano na estrutura ou deformações facilmente restauradas ao término do ensaio. Independente da robustez da estrutura, não há comprometimento da mesma por não haver a necessidade de extração de corpos de prova. Suas indicações atendem novas e antigas estruturas, afirma Evangelista (2002), podendo ser adotado nas

antigas como avaliação da integridade da estrutura. Em estruturas jovens, corroboram no monitoramento do ganho de resistência, sendo capaz de fornecer mais informações sobre a condição do concreto empregado.

Segundo Lorenzi *et al.* (2016), os ensaios não destrutivos têm grande eficiência, uma vez que tem o potencial de ser realizados em múltiplas regiões aliado a quantidade necessária de ensaios para assegurar confiabilidade nos resultados. Ademais, do ponto de vista econômico esse método apresenta maior viabilidade de aplicação.

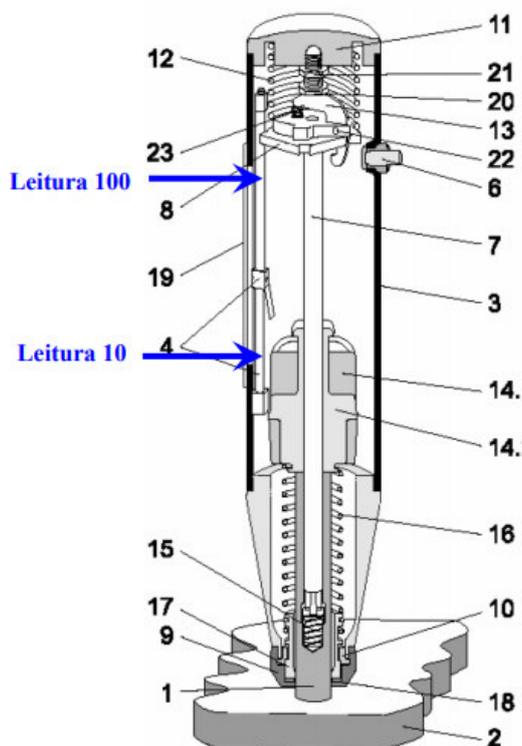
Os ensaios não destrutivos (END) podem ainda ser divididos em duas classes distintas, conforme explica Malhotra & Carino (2004), onde a primeira são metodologias de mensuração da resistência do material como a esclerometria e a segunda são metodologias com capacidade de verificar particularidades encontradas no interior do concreto com a propagação de ondas ou termografia.

Para o presente trabalho foi abordado o método não destrutivo de ensaio denominado “esclerometria”. Tal ensaio tem como objetivo principal aferir a dureza superficial do concreto por meio de um esclerômetro de reflexão.

2.4 Ensaio de esclerometria

A implementação da metodologia inerente ao ensaio não destrutivo de esclerometria, segundo Mazer (2012), mensura a propriedade de dureza superficial do concreto, entregando dados que servirão para a avaliação da qualidade do concreto. O aparelho no qual é usado para este tipo de ensaio é o esclerômetro, equipamento produzido pelo engenheiro Ernst Schmidt, ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Esclerômetro de Schmidt e seus principais elementos



Partes principais do esclerômetro

- 1- Embolo de impacto
- 2- Superfície do concreto a testar
- 4- Cursor para leitura
- 7- Barra guia do martelo
- 12- Mola de compressão
- 14- Massa do martelo
- 15- Mola de retenção
- 16- Mola para impacto

19 - A leitura do repique é feita em uma escala linear de **10 a 100** . Para a aferição em bigorna padrão de aço deve ser obtido o repique 80.

Fonte: Thomaz, 2015.

A análise da dureza superficial com o uso do esclerômetro de reflexão constitui-se um martelo com certo peso no qual é projetado por meio de uma mola e conduzido por uma haste, se chocando ao final desta haste na ponta com formato de calota esférica. Devido a conservação elástica, o martelo é retornado ao seu estado inicial por conta da conservação elástica, encerrando o impacto.

O ensaio de esclerometria é normalizado pela NBR 7584 (ABNT, 2012), englobando vários aspectos como: descrição sintética dos principais elementos para o funcionamento do esclerômetro de reflexão; recomendação do método de verificação do esclerômetro; fixação de condições para realização dos preparativos do ensaio na superfície da estrutura de concreto, bem como indica os fatores determinantes os quais podem atuar diretamente ou indiretamente nos resultados; Padronização do ensaio em si e da maneira como os resultados devem ser apresentados.

A NBR 7584 (ABNT, 2012) fixa ainda, de acordo com as propriedades da estrutura de concreto analisada, paralelamente ao grau de precisão em que se deseja trabalhar, qual tipo de esclerômetro utilizar afim de se adequar de maneira mais eficiente a realidade do ensaio:

→ Energia de percussão de 30N.m que é mais indicado para obras de grandes volumes de concreto

→ Energia de percussão de 2,25N.m com ou sem fita registradora automática (esse tipo pode ser utilizado em casos normais de construção de edifícios).

→ Energia de percussão de 0,9N.m indicado para concretos de baixa resistência.

→ Energia de percussão e 0,75N.m mais apropriado para elementos de pequenas dimensões e sensíveis aos golpes.

O autor Thomaz (2015) afirma que ao passo em que o equipamento de esclerometria é utilizado, as propriedades das molas as quais estão inseridas no equipamento sofrem desgaste e aumentam o grau de atrito entre os elementos deslizantes. Dessa forma, a aferição do esclerômetro deve ser realizada periodicamente, por meio de teste comparativo simples capaz de identificar possíveis alterações nos resultados. A NBR 7584 (ABNT, 2012) descreve como se deve proceder a aferição do aparelho de esclerometria quando necessário:

→ Utilizar uma bigorna especial de aço, que na superfície destinada ao impacto, apresente dureza Brinell de 5000MPa e forneça índices esclerométricos de cerca de 80%;

→ Nesses impactos de aferição devem ser efetuados pelo menos nove impactos na bigorna, caso o índice esclerométrico médio esteja abaixo de 75%, o esclerômetro não deve ser empregado, devendo então ser calibrado;

→ Nenhum índice esclerométrico individual obtido dentre os nove impactos deve diferir do índice esclerométrico médio em mais ou menos 3 – quando isso ocorrer o aparelho não pode ser empregado, devendo ser calibrado;

→ O coeficiente de correção do índice esclerométrico deve ser obtido pela fórmula abaixo:

$$\frac{n * I * E_{nom}}{\sum(I * E_j)} = E_i \quad (1)$$

Onde:

k = coeficiente de correção do índice esclerométrico;

n = número de impactos na bigorna de aço;

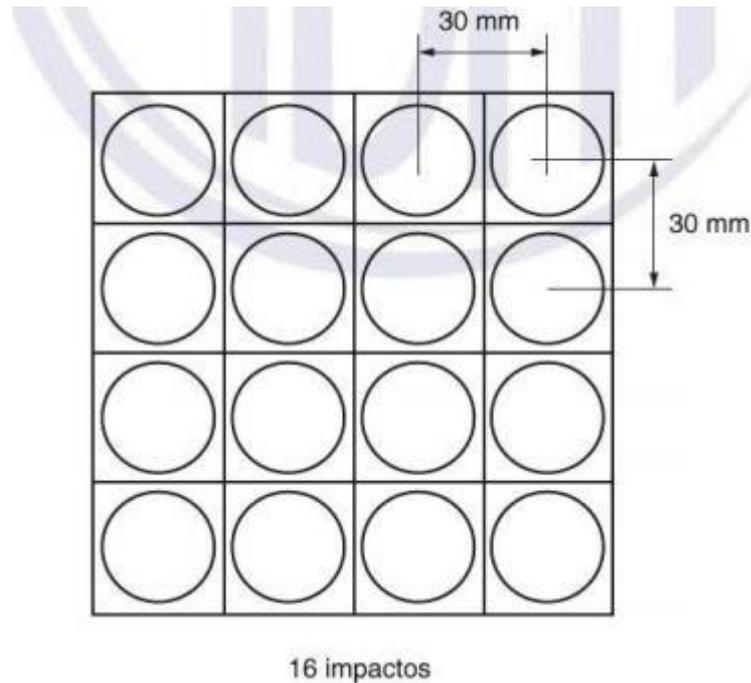
E_{nom} = índice esclerométrico nominal do aparelho na bigorna de aço, fornecido pelo fabricante;

E_i = índice esclerométrico obtido dos (pelo menos nove) impactos do esclerômetro na bigorna de aço.

Uma vez o equipamento aferido e regulado, a preparação das superfícies ensaiadas é a próxima etapa em que a NBR 7584 (ABNT, 2012) indica. A norma prevê que essas superfícies devam estar secas, limpas e planas. Devem ser evitadas as superfícies ásperas, talhadas, irregulares ou curvas por não apresentarem resultados homogêneos, assim como superfícies úmidas e carbonatadas. Caso deseje-se ensaiar em superfícies carbonatadas e/ou úmidas, é necessário o preparo aplicando coeficientes de correção aos resultados e ser adequadamente declarado para conhecimentos futuros.

A região do teste, ou seja, a área da superfície no qual será submetida aos golpes do esclerômetro, deve ser disposta a partir do polimento com disco de carborundum ou primas em movimentos circulares, conforme especificado na NBR 7584 (ABNT, 2012). Todo resíduo produzido pelo polimento deve ser removido a seco. Uma vez polida e limpa, o ensaio pode ser iniciado com a demarcação dos pontos de impacto. Estes pontos, segundo a NBR 7584 (ABNT, 2012), devem estar distantes 30mm no mínimo um do outro, como também a quantidade mínima de golpes para validação do ensaio são de 16 golpes. Pode-se observar na Figura 7 a ilustração de marcação, distancias e formato para realização do ensaio não destrutivo de esclerometria.

Figura 7 – Delimitação de áreas de impacto para ensaio de esclerometria



Fonte: NBR 7584 (ABNT, 2012).

O ensaio se pauta na realização de impactos em uma superfície de concreto de forma padrão, com uma dada energia de impacto. Em seguida, mensurar a reflexão do martelo 37 padrão após o impacto no concreto, sendo o valor do rebote denominado de índice esclerométrico (IE) (SAMANIEGO, 2014).

2.5 Patologias e Manifestações patológicas em postes de concreto armado

Segundo Sousa e Ripper (1998) o termo patologias nas estruturas diz respeito a um novo âmbito da engenharia civil que se destina a estudar e analisar as origens, formas de manifestação, implicações dos sistemas de degradação em estruturas. Para Pedro et. al. (2002), as manifestações patológicas podem ser divididas em 4 grupos: congênitas, construtivas, adquiridas e acidentais. No Quadro 1 podem ser observadas as características inerentes a cada grupo.

Quadro 1 – Características de cada grupo de manifestações patológicas.

Grupos	Característica
Congênitas	Aquelas que se mostram ainda na fase de projeto, ocorrendo pelo não cumprimento de normas técnicas, como também por falha de profissionais.
Construtivas	Aquelas que se mostram na etapa de execução, tendo como ocorrência o uso de mão de obra não qualificada e materiais de qualidade questionável.
Adquiridas	Aquelas as quais se apresentam durante a vida do elemento estrutural, tendo origem nas condições ambientais em que a estrutura está inserida.
Acidentais	Aquelas originadas por ocorrência de acontecimentos excepcionais.

Fonte: Pedro et al, 2002.

As patologias normalmente apresentam características externas a partir das quais se pode conhecer sua origem, natureza e os mecanismos dos acontecimentos envolvidos. Dependendo do caso, há a possibilidade de realizar o diagnóstico das patologias somente pela visualização da construção, mas quando é um caso mais complexo, se faz necessário verificar todos os precedentes, o projeto, as cargas as quais a estrutura foi submetida, análise da forma como a obra foi executada, entre outros (HELENE, 1992).

Segundo Souza e Ripper (1998), as possíveis causas de falhas que encarecem o processo construtivo ou são responsáveis por problemas referentes a sua utilização, são advindas de um estudo anterior deficiente ou de anteprojetos equivocados, enquanto as falhas originadas no projeto final são as responsáveis pela instalação de problemas patológicos sérios, que ser podem ser originados por diversos fatores, tais como:

- Projetos inadequados (deficiência no cálculo da estrutura, avaliação da resistência do solo, má definição do modelo analítico, etc.);

- Falta de compatibilidade entre o projeto estrutural e o arquitetônico, bem como os demais projetos civis;
- Especificação inadequada de materiais;
- Detalhamento insuficiente ou errado;
- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das representações (convenções);
- Erros de dimensionamento.

O autor Machado (2002) indica a ocorrência, em ordem crescente das principais manifestações patológicas em relação ao concreto armado a qual está presente na Tabela 1.

Tabela 1 – Incidência de manifestações patológicas

Manifestações Patológicas	Ocorrência %
Deterioração e degradação química da construção	7%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Corrosão das armaduras do concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Manchas na superfície do concreto armado	22%

Fonte: Machado, 2002.

As manifestações patológicas mais comuns, de acordo com Lima (2004), e de maior incidência verificados nos postes de concreto armado são as manchas, as fissuras, as eflorescências, a desintegração do concreto, as flexões excessivas e as corrosões nas armaduras.

2.6 Indicações de verificação

2.6.1. Manchas no Concreto

As manchas verificadas nas superfícies das peças, afastadas as causas externas, devem ser observadas, visto que podem denunciar defeitos congênitos. Manchas produzidas por oxidação do aço das armaduras situadas em proximidades de superfícies externas das peças significam em regra geral, camadas reduzidas de cobrimento. Essas manchas normalmente têm coloração marrom, própria de ferrugem, conforme ilustrado na Figura 8. Além disso, manchas provocadas por desenvolvimento de fungos e plantas podem ser indícios de alta porosidade no concreto (LIMA, 2004).

Figura 8 –Manchas no concreto produzidas por oxidação do aço das armaduras



Fonte: <https://www.atex.com.br/blog/materiais>, acesso em 28/07/2019.

2.6.2. Fissuras

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), são consideradas fissuras ou trincas, quaisquer aberturas observadas na massa de concreto, visíveis a olho nu com mais de 3mm de espessura de profundidade segundo a (NBR 6118

(ABNT, 2014) Elas podem ser produzidas por fenômenos intrínsecos que tenham provocado a oxidação das armaduras ou por esforços aplicados à estrutura de concreto armado. A Figura 9 exemplifica como se apresenta esse tipo de manifestação patológica.

Figura 9 – Exemplo de fissuras



Fonte: <https://www.arquiteta.com.br/blog/fissuras/>, acesso em 28/07/2019.

As fissuras devem ser atentamente observadas, estejam em quaisquer direções e situações e passam a ter maior relevância se estas não forem capilares. Consideram-se fissuras capilares aquelas em que não é possível distinguir suas bordas a olho nu (LIMA, 2004).

As fissuras observadas através de destacamentos das bordas dos postes, onde se verificam leves desprendimentos de camadas superficiais de argamassa, denunciam esmagamento do concreto devido à excessiva compressão. Podem ocorrer também fissuras não capilares devido à retração do concreto (LIMA, 2004).

2.6.3. Eflorescências

Eflorescências são manchas esbranquiçadas que surgem na superfície, provocadas pela infiltração da água e sua reação com os sais solúveis do cimento (LIMA, 2004). A Figura 10 ilustra como esse tipo de manifestação patológica se apresenta.

Figura 10 – Exemplo de aparecimento de eflorescência no concreto



Fonte: <https://tresuno.com.br/post/eflorescencia-no-concreto-aparente-patologia/>, acesso em 28/07/2019.

2.6.4. Corrosão nas Armaduras

A corrosão é a degradação do material ferroso da estrutura e esta se torna mais relevante quanto maiores às perdas de seções de armaduras. A perda de seção indica uma redução nos valores de resistências nominais da peça. Pode-se considerar uma perda substancial da armadura, uma redução de 10% de sua seção original (LIMA, 2004). É possível observar esse tipo de manifestação patológica na Figura 11.

Figura 11 – Ação da armadura em processo de corrosão



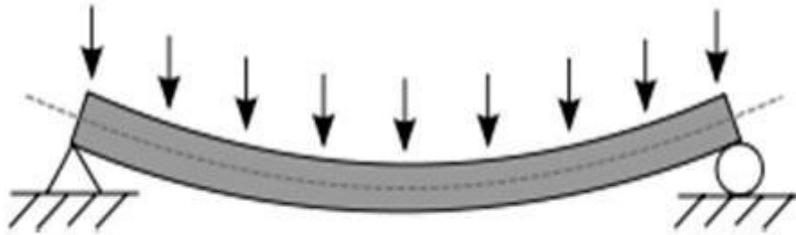
Fonte: <http://miguelafperez.blogspot.com/2013/05/corrosao-nas-armaduras-do-pilar.html>, acesso em 28/07/2019.

Além disso, o processo corrosivo das armaduras no concreto armado causa esforços internos que ocasionam a desagregação do concreto de cobertura, expondo em maior escala a armadura à ação dos agentes agressivos (LIMA, 2004).

2.6.5. Flexões da Estrutura

Deve ser observada a flexão do poste, ou seja, se o eixo longitudinal está com acentuada curvatura indicada, devido a esforços mecânicos, o que pode ocorrer por esforços mecânicos de solicitação das linhas (LIMA, 2004). Explicitado na Figura 12 o que foi dito anteriormente.

Figura 12 – Ilustração de viga sofrendo esforços de flexão



Fonte: <http://www.metallica.com.br>. Acesso em 28/07/2019.

De acordo com o item 5.2 da NBR 8451 (ABNT, 2013), as flexões permitidas variam de 3,5% a 5% do comprimento nominal do poste, dependendo do tipo de estrutura utilizada (LIMA, 2004).

2.7 Intervenções na estrutura

2.7.1 Manchas

Deve-se realizar a lavagem das áreas com manchas por meio de jata de água fria pressurizada para remoção de fungos e plantas. A escovação da superfície em seguida tem com o objetivo de eliminar possíveis agentes patológicos que se encontram na superfície do concreto. Entretanto esse procedimento não será definitivo uma vez que não consegue penetrar com eficácia nos poros presentes no concreto. Ensaio laboratoriais especializados devem especificar os possíveis agentes patológicos para o concreto e/ou reações químicas de degradação do mesmo (LIMA, 2004).

2.7.2. Fissuras e trincas

Em se tratando de fissuras, pode-se utilizar argamassa à base de epóxi que tem propriedades de vedação contra água e agentes agressivos. Em trincas onde há maior abertura na superfície do concreto, pode-se realizar aplicação de argamassa polimérica de base cimentícia, na qual é indicada para reparos em espessuras de 5 a 50 mm (LIMA, 2004).

2.7.3 Proteção de superfície

Nesse quesito se intenciona a proteção do substrato de mecanismos de degradação por meio, por exemplo, de pinturas capazes de desempenhar papel de preservação à agentes patológicos assim como promover maior aparência ao elemento. Pinturas hidrofugantes de base acrílica, são uma boa alternativa para proteção do substrato da ação da água e agentes agressivos (LIMA, 2004).

2.7.3. Corrosão de armaduras

Para fazer uma recuperação estrutural, é usual começar-se pelo diagnóstico das possíveis causas. Sinais mais comuns são: fissuras e trincas, corrosão da armadura, manchas na superfície, desagregações, deformação excessiva, e deficiências na concretagem. Em muitas situações, o concreto se degrada naturalmente ao longo do tempo ou devido a ações externas e falhas de execução. Como elemento estrutural de suma importância para a segurança, o concreto deve ser devidamente recuperado. (SOARES, 2015)

Se a perda de seção da barra for de até 10%, inicialmente deve-se efetuar uma limpeza correta em toda base, criando uma superfície aderente e marcando as áreas não deterioradas ou não aderidas. Em seguida, retira-se todo o concreto, para que se possa fazer a limpeza da barra e revesti-la com tintas anticorrosivas, e por fim preencher novamente a seção com um novo concreto. Entretanto, se a perda for maior que 10%, corta-se a parte da barra danificada, repõem-se com uma nova e amarra-a a um trecho íntegro da barra antiga. (SOARES, 2015). Aplicação de proteção de superfície descritas em 2.7.2 anterior.

2.7.4. Reposição do concreto

Em casos de grandes seções, pode se utilizar graute ou concreto para realização da sua recomposição. O graute é um material auto adensável com a finalidade de preenchimento de cavidades e incumbir aderência, resistência ao

concreto existente. Grautes a base de cimento tem alta impermeabilidade e são indicados para reparos de estrutura (LIMA, 2004).

O concreto utilizado para reparação não é o tradicionalmente usado. Um traço específico deve ser calculado e executado no intuito de se obter um desempenho elevado do material, levando em consideração a classe de agressividade do ambiente em que se encontra o elemento de acordo com a NBR 6118:2014. Segundo Medeiros (2011), é possível se classificar a resistência do concreto em relação ao risco de corrosão das armaduras como ilustra o Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação da resistência dos concretos em relação ao risco de corrosão das armaduras

Classe de Concreto	Classe de resistência (NBR 8953)	Máxima relação água/cimento	Teor de adições na deterioração por carbonatação	Teor de adições na deterioração por cloretos
Durável	C50	0.38	10% de sílica ativa pozolana ou escória de alto forno	20% de pozolana ou sílica ativa 65% de escória de alto forno
Resistente	C35 C40 C45	0.50	10% de pozolana ou sílica ativa; 15% de escória de alto forno	10% de pozolana ou sílica ativa; 35% de escória de alto forno
Normal	C25 C30	0.62	qualquer	qualquer
Efêmero	C10 C15 C20	qualquer	qualquer	qualquer

Fonte: Medeiros, 2011.

Levando em consideração o autor Medeiros (2011), o concreto para reparo que deve levar em consideração a classe de resistência do elemento a existente, a relação máxima de água/cimento e indica teores de adições que podem ser realizadas de acordo com o tipo de deterioração.

Para realização da recomposição do concreto, segundo Lima (2004), deve-se submeter o material a escarificação para posteriormente aplicar o concreto ao substrato, afim de garantir maior aderência entre ambos. Em seguida realização de limpeza da superfície a fim de remover materiais pulverulentos que possam dificultar ou impossibilitar a aderência por meio de jato de água pressurizado.

Posteriormente aconselha-se realizar o umedecimento do substrato antes de se executar a concretagem com o intuito de impedir que assimilação da água pela estrutura ou pela forma, podendo ser por meio de solução saturada de nitrito de sódio. Por último, deve-se executar um revestimento de no mínimo 15mm de concreto, previsto na NBR 8451-1 (ABNT, 2013).

3. METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho tem como base a análise visual dos postes objetos de estudos e a execução dos ensaios de esclerometria realizados nos mesmos, a fim de correlacionar a incidência de manifestações patológicas presentes nos postes com a resistência superficial do concreto utilizado nesses elementos.

Como primeira ação para atendimento ao objetivo principal desta pesquisa, foram feitas diversas pesquisas na literatura para se obter informações acerca do ensaio de esclerometria e das principais patologias que acometem os postes de iluminação pública, melhor o método de ensaio denominado “esclerometria”.

Em seguida, foi realizada uma visita ao SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) com o intuito de se conhecer o aparelho de esclerometria (Figura 13), entender seu funcionamento e modo de execução do ensaio, a fim de se obter resultados confiáveis.

Segundo Pinto (2010), o conhecimento do local apropriado para o experimento, os aparelhos e instrumentos de precisão para demonstrar as causas ou o modo pelo qual um fato é produzido é de grande importância nesse tipo de pesquisa. O técnico que ministrou o treinamento realizou um teste para visualização dos procedimentos que devem ser feitos durante a coleta de dados em campo, como pode ser visto na Figura 14. Desse modo, realizou-se o treinamento com o equipamento de esclerometria.

Figura 13 – Foto do esclerômetro utilizado para os ensaios de dureza superficial do concreto



Fonte: Autor, 2019.

Figura 14 – Treinamento Senai com esclerômetro



Fonte: Autor, 2019.

Para coleta dos dados “in loco” foi elaborado um formulário (Quadro 3) a fim de padronizar o processo de coleta de dados, trazendo maior confiabilidade e organização àquilo que foi coletado em campo.

Quadro 3 – Formulário padrão para análise individual dos postes

FORMULÁRIO PADRÃO DE ANÁLISE DOS POSTES					
Identificação lateral			Data do ensaio		
Data de fabricação			Referência de localização		
Parâmetros para Análise	Avaliação do parâmetro				
Condições climáticas	Chuvoso	Ensolarado	Nublado		
Poste Seco	Sim	Não			
Patologias existentes	Não há	Fissuras	Trincas	Arestas quebradas	Manchas
Estado de conservação do poste	Ruim	Regular	Bom	Excelente	
Quantidade de cabos fixados	Muitos	Poucos			
Limpeza	Ruim	Regular	Bom	Excelente	
Altura de identificação das patologias	Altura <1,5m	Altura >1,5m	Ambos		
Porosidade Superficial	Presente	Ausente			

Pinturas	Presente	Ausente			
Armadura exposta	Presente	Ausente			
Observações					

Fonte: Autor, 2019.

O formulário contempla um campo para preenchimento de informações iniciais de identificação dos postes presentes na própria estrutura, conforme padrão previsto na NBR 8451-2 (ABNT, 2013).

O formulário foi elaborado tendo como principal fonte as informações encontradas na NBR 7584 (ABNT, 2012) e na NBR 8451-2 (ABNT, 2013), as quais esclarecem o procedimento para realização do ensaio de esclerometria e padroniza postes de concreto armado, respectivamente.

No que tange as manifestações patológicas presentes nos postes foram selecionadas as que se mostram mais frequentes nesse tipo de estrutura, conforme a literatura consultada.

Sobre o item relacionado ao estado de conservação do poste foi escalonado conforme análise do item anterior, ou seja, ao passo em que se fosse marcado possíveis defeitos visualizados, a condição de conservação do mesmo terá uma avaliação de sua conservação em escalas inferiores.

Os Quadros 4 e 5 abaixo ilustram a criticidade de cada problema encontrado nos postes em relação aos parâmetros do estado de conservação dos mesmos.

Quadro 4 – Porcentagem de cada item de análise estrutural

Análise de parâmetro	% de criticidade adotado
Trinca	25%
Fissura	25%

Aresta Quebrada	25%
Mancha	25%
Índice de criticidade do poste	Somatório de % de criticidade

Fonte: Autor, 2019.

Quadro 5 – Avaliação dos parâmetros analisados no estado de conservação do elemento analisado

Parâmetros do estado de conservação	Índice de criticidade
Ruim	$\geq 75\%$
Regular	$\geq 50\%$
Bom	$\geq 25\%$

Fonte: Autor, 2019.

Quando da obtenção dos resultados inerentes ao ensaio de esclerometria, os mesmos foram analisados no tocante ao comparativo entre o Índice Esclerométrico (IE) efetivo e a resistência a compressão de cada poste, assim como a qualidade da cobertura do concreto dos mesmos.

4. ESTUDO DE CASO

O início do estudo de caso se deu através da identificação do local mais adequado para a realização da pesquisa. Inicialmente, selecionou-se a região onde se encontrava uma relevante quantidade de postes, o elevado número de pessoas que transitam todos os dias pelo local, a facilidade de acesso aos objetos de estudo e a região onde é esperada a maior agressividade do ambiente para os elementos estudados.

A região selecionada foi o trecho da Av. Beira Mar, localizada próximo ao Centro Histórico de São Luís/MA. Esse local (Figura 15) cumpre todos os requisitos mencionados anteriormente.

Figura 15 – Localização da região de estudo e marcação dos postes estudados



Fonte: Google Earth, acesso em 14/07/2019.

A Avenida Beira Mar possui postes em suas duas vias, entretanto, foram escolhidos os postes localizados na via mais distante ao mar, ou seja, na via onde o acesso aos estabelecimentos privados e públicos é mais próximo. Sua extensão é de aproximadamente 1,5 quilômetros de comprimento. Tomando como base a norma técnica da CEMAR ET.EQTL.006 (2016) a distância máxima entre cada poste, em redes urbanas, deve ser de 40 metros, obtêm-se então uma amostra total de aproximadamente 38 postes. A amostra do experimento se totaliza em 12 postes, representando cerca de 31,5% da

quantidade de postes estimada, localizados entre o laboratório Centrolab e a antiga estação Refesa, totalizando, aproximadamente, 260 metros lineares de extensão.

Nos resultados deste trabalho, buscou-se realizar uma organização dos dados obtidos em campo e fossem transformados em gráficos e tabelas de forma a dar modelos visuais comparativos dos parâmetros estudados dos objetos de estudo do trabalho.

Primeiramente foi analisado a idade com que foi registrado a fabricação do poste. Tal registro é feito no próprio elemento, em sua lateral alguns metros acima do chão, de tal forma que é registrado ainda na fase confecção não dando espaço a ser perdido com facilidade por conta de ser gravado em alto relevo no elemento.

O Quadro 6 esclarece a idade de todos postes após aferição em campo e cálculo a partir do ano em que este trabalho foi produzido. Ressalta-se que no poste analisado de número 9 não foi possível se aferir o ano de fabricação do mesmo, uma vez que a marcação se encontrava ilegível durante a pesquisa de campo.

Quadro 6 – Quadro de idades dos postes analisados

Análise da idade dos postes		
Poste	Ano de fabricação	Idade em anos
1	2009	10
2	2018	1
3	1976	43
4	2009	10
5	1980	39
6	2011	8
7	2011	8
8	2011	8
9	Não informado	-
10	2010	9
11	2010	9

12	1991	28
----	------	----

Fonte: Autor, 2019.

Pode-se aferir que por meio do Quadro 6, existe uma divergência considerável de anos entre os postes analisados. Uma vez que o presente trabalho foi produzido no ano de 2019, tirando a média dos valores dos anos de todos os postes, é possível encontrar um valor de 15,73 anos de idade para os postes de concreto. Segunda a norma prescrita pela concessionária de energia que atende a região do Maranhão, a Companhia Energética do Maranhão (CEMAR), a Especificação técnica ET 140:2019 define que a vida útil desse tipo de estrutura de no mínimo de 35 anos de idade a partir da fabricação do mesmo, bem como garantia de até 5 anos após o recebimento por parte do fornecedor.

É fornecido a informação que para casos de postes padrão orla, a garantia após o recebimento deve ser dobrada, ou seja, de 10 anos. Em posse dessas informações, pela média das idades dos postes aferida em campo e calculada posteriormente, os postes se encontram dentro do prazo de vida útil de projeto.

Entretanto, essa conclusão só é válida quando se é analisado a média dos valores dos anos de cada poste. Ou seja, uma vez que é aplicado a indicação de vida útil informada pela especificação técnica da CEMAR nos postes individualmente, a quantidade total de postes não é mais aceita nesse critério, devendo ser feita a substituição daqueles que fogem desse quesito.

A limpeza descrita em seguida diz respeito às condições em que se encontrava cada poste no que tange a presença de fungos na estrutura, vegetação, lixo promovido por pessoas, restos de cartazes ou papel fixados no mesmo.

A identificação dos defeitos também foi feita em relação a sua localização, ou seja, se os defeitos podiam ser encontrados a uma distância da base até 1,5 metros de altura, se podiam ser encontrados a uma distância de 1,5 metros até o topo ou ambas as situações. Tal metragem de referência foi estabelecida pela facilidade de acesso a área escolhida, bem como para se obter uma padronização de análise.

O aspecto da pintura foi um parâmetro analisado com o intuito de relacioná-lo com uma possível camada de proteção contra agentes agressivos ao concreto dos postes, trazendo melhores condições ao material.

Por último foi analisada a presença ou não de armadura exposta. Este item em específico tem grande peso na avaliação do estado do poste, visto que sua presença pode comprometer a durabilidade e segurança dos postes, podendo ocorrer um colapso na estrutura.

A análise do estudo se estabelece ainda a realização do ensaio de esclerometria no concreto dos postes. O cobrimento nominal mínimo de 100mm, área de atuação, quantidade de pontos durante a demarcação, distância mínima de 30mm entre os pontos de demarcação, polimento da superfície de impacto, são alguns dos fatores que a NBR 7584:2012 estabelece para realização do ensaio em tela.

O ensaio de esclerometria foi iniciado por meio da aplicação da pedra de carborundum na superfície do concreto a receber os golpes com o esclerômetro. Deve-se atentar para a aplicação da pedra de carborundum diretamente na superfície do concreto, realizando movimentos circulares durante toda a aplicação, com o objetivo de se obter uma superfície regularizada e sem interferências para alcançar resultados mais precisos. A Figura 16 ilustra a pedra do material utilizado na regularização da superfície a ser ensaiada.

Figura 16 – Pedra de carborundum utilizada no ensaio



Fonte: Autor, 2019.

Após aplicação da pedra Carborundum, foram realizadas as marcações nas superfícies dos postes, distanciadas em 30mm de centro a centro, totalizando 16 pontos. Esses 16 pontos foram dispostos de forma a se configurarem um quadrado com dimensões 20cm x 20cm formando um quadrado com 4 linhas e 4 colunas, como exemplificado anteriormente na Figura 7. Em seguida, os golpes foram realizados com o auxílio do esclerômetro.

A quantidade de pontos para demarcação totalizaram 16 pontos como indicado por norma NBR 7584 (ABNT, 2012), elaborados por meio marcação em giz de quadrado com 4 linhas e quatro colunas totalizando 16 quadrados (40.000mm² ou 200mm x 200mm), onde cada um delimita a área de atuação de um impacto de um ensaio em determinado poste, conforme ilustrado nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Marcação inicial em giz para orientação durante a execução do ensaio esclerométrico



Fonte: Autor, 2019.

Figura 18 – Marcação finalizada em giz para orientação durante a execução do ensaio esclerométrico



Fonte: Autor, 2019.

Uma vez produzida toda a marcação necessária para guiar o experimento, a fase seguinte foi a aplicação dos golpes com o aparelho de esclerometria. Destaca-se durante essa fase que a angulação entre o aparelho e a superfície em que foi aplicado o golpe deve ser de 90° para evitar resultados não condizentes com a estrutura estudada.

No Apêndice 1 constam todos os resultados coletados durante a realização dos ensaios de esclerometria. No Quadro 7 são apresentados os valores referentes ao índice esclerométrico (IE) médio inerente a cada poste ensaiado. Destaca-se que a norma técnica NBR 7584:2012 indica qual procedimento deve ser feito após realização da média dos IE obtidos individualmente.

Quadro 7 – Resultados do ensaio esclerométrico de cada poste

Postes ensaiados	Índice esclerométrico médio
Poste 1	39,72
Poste 2	29,36
Poste 3	53,47
Poste 4	46,11
Poste 5	50,99
Poste 6	40,44
Poste 7	38,31
Poste 8	37,62

Poste 9	51,09
Poste 10	47,16
Poste 11	40,18
Poste 12	44,69

Fonte: Autor, 2019.

Tal procedimento se baseia no cálculo de uma nova média para uma mesma amostra dos IE individuais, porém apenas com uso de valores que não se distanciam em 10% do IE médio obtido anteriormente. Foi realizada também a contagem dos valores que se distanciam em 10% do IE médio como foi dito antes, pois segundo NBR 7584:2012, caso restasse menos de 5 valores para o cálculo da média dos IE dos valores não distanciados em 10% é indicado desconsiderar ensaio realizado.

Segundo a NBR 7584 (ABNT, 2012), deve se realizar um correção do valor do IE médio da área de ensaio para obter o IE efetivo ($I_{E\alpha}$) de cada área de ensaio no qual se dá pela Equação 2 abaixo:

$$I_{E\alpha} = K * I_E \quad (2)$$

Entretanto, o valor de k correspondente ao coeficiente de correção do IE, obtido por meio da verificação do aparelho utilizado tem valor igual a 1. Dessa forma, desconsiderou-se a correção.

Após a obtenção dos resultados (Apêndice 1), foi realizado um estudo comparativo entre os mesmos e os dados ilustrados na Tabela 2 e na Tabela 3 (EVANGELISTA, 2002 apud MORAES FILHO, 2013) no que tange ao índice esclerométrico (IE) efetivo obtido de cada poste e sua resistência a compressão do concreto, como também relacionado a qualidade da cobertura de concreto.

Tabela 2 – Relação entre Índice esclerométrico e a qualidade da cobertura de concreto

Índice esclerômetro médio	Resistencia a Compressão (kgf/cm²)
<20	<100
20-30	100 – 200
30-40	200 – 300
40-50	350 – 500
>50	>500

Fonte: Evangelista, 2002 apud Moraes filho, 2013.

Tabela 3 – Relação entre Índice esclerométrico e a qualidade da cobertura de concreto

Média (IE)	Qualidade da cobertura de concreto
>40	Boa, superfície dura
30-40	Satisfatória
20-30	Ruim
<20	Fissuras/ concreto solto junto à superfície

Fonte: Evangelista, 2002 apud Moraes filho, 2013.

De acordo com a Tabela 2 e Tabela 3, é possível perceber que, por meio do cálculo do IE médio dos valores não afastados 10%, todos os postes contemplam a resistência a compressão do concreto dentro do intervalo ou superior da resistência nominal identificados em cada poste, bem como qualidade da cobertura de concreto satisfatória ou boa, com exceção do poste

nº 2. Tal poste mencionado possui IE médio dos valores não afastados 10% inferior a 30, colocando-o no patamar de ruim em relação à qualidade da cobertura de concreto e com resistência a compressão inferior ao informado em sua identificação, como resistência nominal.

Para finalizar a etapa de campo, a última tarefa se concebe na reunião de informações do elemento ensaiado, bem como uma análise visual a respeito das manifestações patológicas encontradas. O processo inicia-se na aferição da identificação do poste, sendo feito através da busca da informação contida no próprio elemento como indicado por norma do órgão responsável. As Figuras de 19 a 23 ilustram algumas patologias e problemas encontrados nos objetos de estudo da pesquisa.

Figura 19 – Armadura exposta em poste analisado



Fonte: Autor, 2019.

Figura 20 – Porosidade superficial do concreto em um dos postes analisados



Fonte: Autor, 2019.

Figura 21 – Armadura exposta e manchas em um dos postes analisados



Fonte: Autor, 2019.

Figura 22 – Segregação e arestas quebradas encontrados em um dos postes analisados



Fonte: Autor, 2019.

Figura 22 – Trinca vertical com extensão considerável em um dos postes analisados

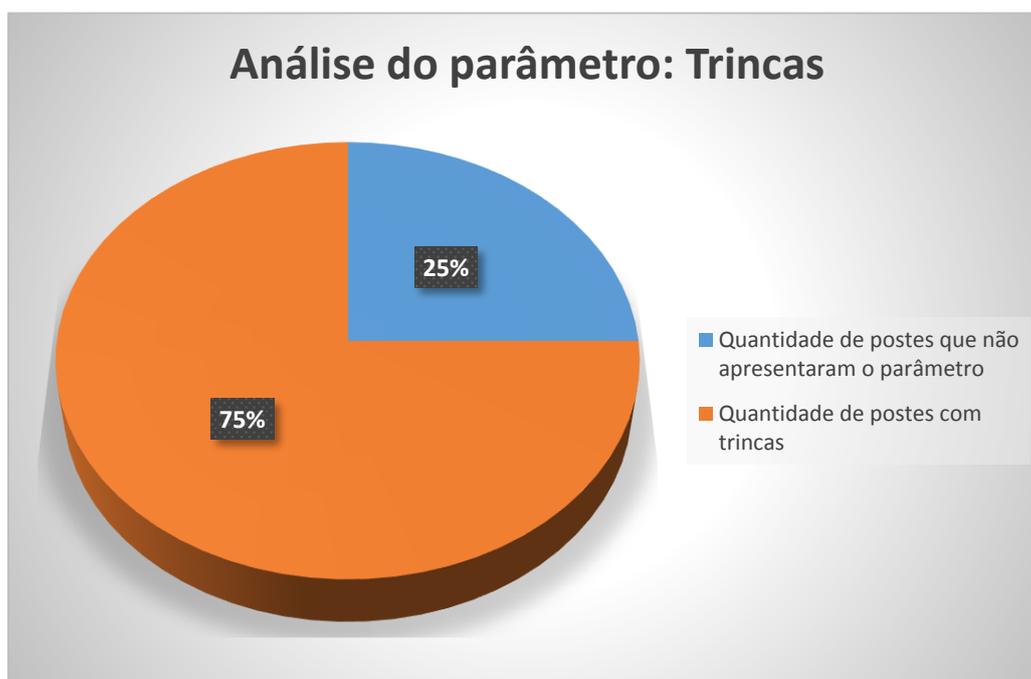


Fonte: Autor, 2019.

Diversas manifestações patológicas foram encontradas nos elementos estudados, a maioria delas de grau de importância elevado levando-se em consideração a adequada condição técnica que a estrutura deve apresentar para atendimento a segurança da população. Não se limitando apenas as manifestações patológicas, mas também a problemas como excesso de lixo acumulado em nas bases dos postes, que pode potencializar a vulnerabilidade da vida útil dos mesmos.

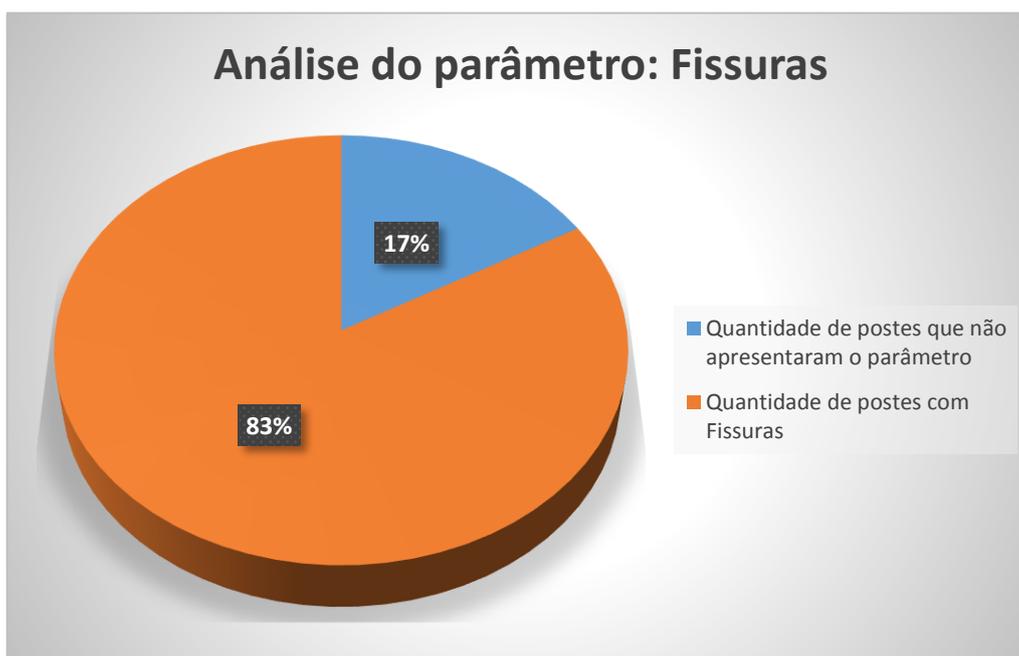
Ao final da realização do ensaio de esclerometria em cada poste objeto de estudo fez-se a identificação dos problemas patológicos existentes nos mesmos, conforme o formulário padrão de análise (Quadro 3). Os Gráficos de 1 ao 4 ilustram em quantos postes as manifestações patológicas indicadas foram observadas e quanto representam do número total da amostra. No Quadro 8 pode-se observar as porcentagens de ocorrências das manifestações patológicas identificadas em relação ao número total de postes analisados.

Gráfico 1 – Quantidade de postes identificados com trincas



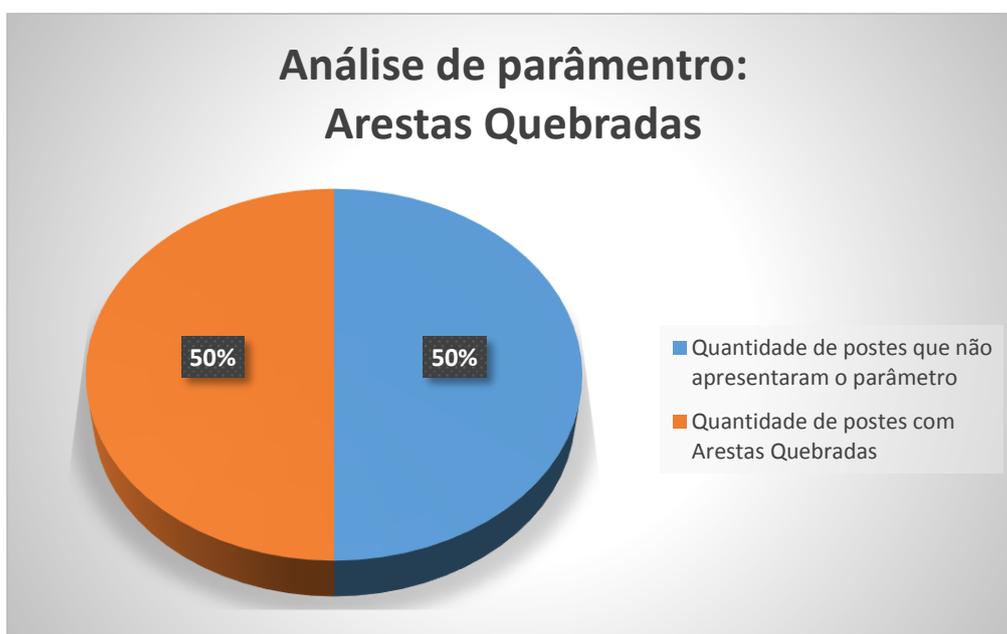
Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 2 – Quantidade de postes com fissuras



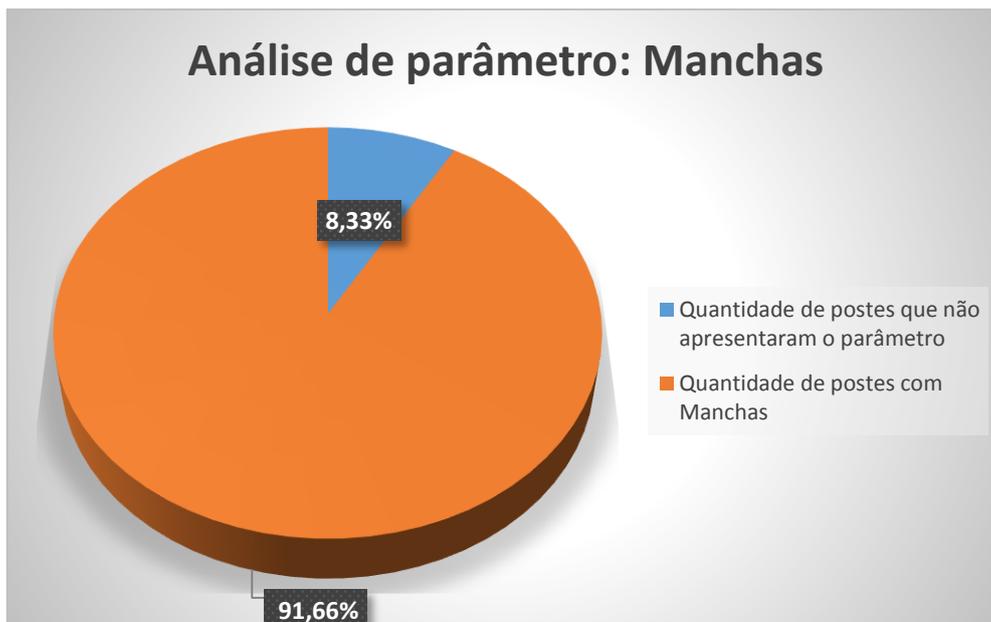
Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 3 – Quantidade de postes com arestas quebradas



Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 4 – Quantidade de postes com manchas



Fonte: Autor, 2019.

Quadro 8 – Porcentagem de postes em relação a manifestação patológica analisada

Manifestação patológica analisada	Porcentagem em relação ao total da amostra
Trinca	75%
Fissura	83%
Arestas Quebradas	50%
Manchas	92%

Fonte: Autor, 2019.

5. CONCLUSÕES

Com a implementação do trabalho se pode concluir que, de acordo com diretrizes a respeito de vida útil presente no CEB/FIP Model Code (1990), dos 12 postes analisados apenas 1 apresentou condições satisfatórias para funcionamento e segurança ao colapso. Tal veredicto pode ser alcançado por meio dos critérios escolhidos e presentes em formulário padrão apresentado anteriormente, bem como a comparação entre o IE efetivo de cada poste e seu fck conhecido para análise dos elementos objetos de pesquisa desse trabalho.

O processo de manutenção das estruturas é essencial para maior vida útil da mesma. Diante disso, durante as visitas em campo se pode verificar que, aparentemente, os postes de concreto não estão sofrendo manutenções com a frequência devida. Desse modo, indica-se que haja recuperação desses elementos e/ou substituição dos mesmos, a fim de garantir fornecimento de serviços como energia elétrica e telecomunicações, bem como a segurança dos munícipes.

Por fim, levando em consideração que os custos inerentes a terapia das manifestações patológicas observadas nos postes ou a substituição dos mesmos, possivelmente, será superior a implantação de medidas de manutenção, sugere-se a manutenção como melhor alternativa aos órgãos competentes para a fim de que os postes possam atingir a sua vida útil sem ônus desnecessários aos munícipes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Luan Uislei Santos. **Corrosão em armaduras de concreto - verificação do processo corrosivo em postes de concreto armado no conjunto feira vi, Feira de Santana – BA.** Feira de Santa – Bahia, 2012.

ALMEIDA, Luiz Carlos. **Concreto: notas de aula da disciplina – Concreto Armado.** Universidade Estadual de Campinas, Departamento de estruturas, Campinas, agosto 2002.

ALVES, Rogério. **Resistência mecânica de concreto de cimento portland: correlação de ensaio à compressão axial com esclerometria.** Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Civil, Lajeado – Rio Grande do Sul, 2017.

ARQUITETA. **Prevenção e recuperação de fissuras em alvenaria.** Disponível em: <https://www.aarquitiba.com.br/blog/fissuras/>. Acesso em 28 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11768: **aditivos para concreto de cimento Portland.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: **Concreto endurecido — Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão — Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8451-1 – **Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8451-2 – **Poste de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica. Parte 2 padronização de postes para redes de distribuição de energia elétrica.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Desempenho de edificações habitacionais.** Rio de Janeiro, 2013.

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

ATEX. **5 Problemas comuns em estruturas de concreto e como evitá-los.** Disponível em: <https://www.atex.com.br/blog/materiais/5-problemas-comuns-em-estruturas-de-concreto-e-como-evita-los/>. Acesso em 28 jul. 2019.

BAUER, L. A. F; NORONHA, M. A. A. **Estudo de dosagem.** In: BAUER, L. A. F (org). **Materiais de Construção.** 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais da construção**. 5. ed. Revisada, Rio de Janeiro: LTC, 2008. 471 p.

CASTRO, Diana. **Análise da resistência do concreto com adição de fibras de polipropileno submetido a altas temperaturas**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Civil, Lajeado – Rio Grande do Sul, 2017.

CEMAR. ET.140.EQTL: **POSTE DE CONCRETO ARMADO DUPLO T**. 2019. 33 p. Disponível em: <http://www.cemar116.com.br/conheca-a-cemar/informacoes/normas-tecnicas>. Acesso em: 15 jul. 2019.

CEMAR. ET.EQTL.006: **PADRÃO DE ESTRUTURAS DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA 15 kV**. 2016. 236 p. Disponível em: <http://www.cemar116.com.br/conheca-a-cemar/informacoes/normas-tecnicas>. Acesso em: 15 jul. 2019.

CIRAUDO, Rômulo de Macedo. **O uso da Estatística como ferramenta de análise de resultado de avaliação**. 2015. 66 f. Tese (Mestrado) - Curso de Curso do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada Mestrado Profissional em Matemática, Rio de Janeiro, 2015.

COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. “**CEB-FIP Model Code 1990 Design Code**”. Bulletin D’Information no 203. Suíça, 1993.

DINIZ, J. Z. F. **Concreto: material construtivo mais consumido do mundo**. Revista Concreto, 2009, p. 77.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados**. 1 ed. São Paulo, SP: PINI, 2008.

HELENE, Paulo R.L, - **Manual para reparo, reforço de estruturas de concreto**/PauloHelene; [consultor Maurício Gerschenstein; coordenação Paulo Sérgio F. Oliveira, Fernando A.P.Guimarães, Sérgio Gerra]. – 2ª ed. – São Paulo: Pini, 1992.

LICHTENTSTEIN, N.B. **Patologia das construções; procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. Dissertação de mestrado. São Paulo: USP / Escola Politécnica, 1985. 191 p.

LIMA, C.; COUTINHO, C.; AZEVEDO, G.; BARROS, T.; TAUBER, T.; LIMA; S. **Concreto e suas inovações**. Cadernos de graduação, Ciências exatas e tecnológicas, v.1, n.1, p. 31-40, Maceió, 2014.

LIMA, T.N; MACEDO, I.P. **Recuperação de Postes de Concreto Armado do Sistema de Linhas da Celpe**. In: XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2004, Brasília.

LORENZI, Alexandre; REGINATO, Lucas Alexandre; LORENZI, Luciani Somensi; FILHO, Luiz Carlos Pinto da Silva. **Emprego de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto**. Revista de

Engenharia Civil IMED, Rio Grande do Sul, v. 03, 2016. ISSN 2358-6508, texto digital.

MAPA DA OBRA. **Cimento Portland RS é a melhor solução para ambientes agressivos.** Disponível em:

<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/cimento-portland-rs-e-a-melhor-solucao-para-ambientes-agressivos/>. Acesso em 28 jul. 2019.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; ANDRADE, Jairo José de Oliveira; HELENE, Paulo. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto.** In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: Iphis. 2011. V.1. Cap. 16. P.773-808

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Estruturas, propriedades e materiais.** São Paulo: Ed. Pini, 2008

METALICA. **Reforço de vigas de concreto.** Disponível em: http://www.metallica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=785. Acesso em 28 jul. 2019.

MIGUELAFPEREZ. **Corrosão nas armaduras do pilar.** Disponível em: <http://miguelafperez.blogspot.com/2013/05/corrosao-nas-armaduras-do-pilar.html>. Acesso em 28 jul. 2019.

MORAES FILHO, José Edival. **Avaliação da resistência do concreto ao meio ambiente em estrutura de concreto do Porto do Recife: estudo de caso.** 2013. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** São Paulo: Ed. Pini, 1997.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p.

PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C. ; ROCHA, M. O.; CHAVES, M. V. . **Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada.** Curso de Pós-Graduação do CECON, Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Síntese de Monografia. Belo Horizonte, 2002.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland.** 13. ed. São Paulo: Globo, 1998. 307 p.

REPETTE, Wellington Longuini. **Contribuição à inspeção e à avaliação da segurança de estruturas acabadas de concreto armado.** Porto Alegre: Campus, 1991. Disponível em: Acesso em: 20 out. 2016.

RODRIGUES, Célio Fernando de Sousa; LIMA, Fernando José Camello de; BARBOSA, Fabiano Timbó. **Importância do uso adequado da estatística básica nas pesquisas clínicas.** Rev. Bras. Anestesiol., Campinas , v. 67, n. 6, p.619-625,Dec.2017. Acesso em: 07 de junho de 2019.

SAIA, Geraldo C. Concreto: **Ensino pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. 1v. 792 p.

SAMANIEGO, Yulena Tatiana Moreno. **Ensaio não destrutivo para avaliação da resistência do concreto: estudo de aplicação em obras**. Brasília: Campus, 2014. Disponível em: <http://biblioteca.versila.com/2675963>. Acesso em: 20 ago. 2016.

SILVA, Andressa; DINIZ, Hugo; et al. **Influência do processo de cura em concreto convencional em seis idades**. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins, 2012.

SOARES, Artur ; VASCONCELOS, Livia; NASCIMENTO, Felipe . **Corrosão em armaduras de concreto**. Cadernos de Graduação, Maceió, v. 3, 04 ago 2015. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/viewFile/2651/1540%3C>. Acesso em: 6 Ago. 2019

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

THOMAZ, Eduardo C. S.. **Esclerômetro**. 53 p. Notas de Aula. Rio de Janeiro, 2015.

TRESUNO. **Eflorescência no concreto aparente [patologia]**. Disponível em: <https://tresuno.com.br/post/eflorescencia-no-concreto-aparente-patologia/>. Acesso em 28 jul. 2019.

VOLPEELETROPOSTES. **Poste de concreto**. Disponível em: <https://volpeeletropostes.com.br/produto/poste-padrao-copel-100-dan/>. Acesso em 28 jul. 2019.

ZANARDO, Mariana Boschetti. **Desenvolvimento de curva de calibração do ensaio de esclerometria para o concreto utilizado por uma construtora de Passo Fundo - RS**. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 01, n. 10, 2015. ISSN 2179- 5568, texto digital.

APÊNDICE

APÊNDICE – Estratificação dos Resultados do Ensaio de Esclerometria

QUADRO DE RESULTADOS DA ESCLEROMETRIA																					
	QUADRANTES																Média Aritmética	Média 10%	Média + 10%	Média dos Valores não afastados 10%	Numero de elementos fora da curva 10%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
Poste 1	37,40	40,40	40,80	39,30	41,50	38,00	34,60	39,50	39,90	38,80	45,50	40,40	38,20	39,90	45,60	42,20	40,13	36,12	44,14	39,72	3,00
Poste 2	30,90	26,40	34,00	26,30	35,10	29,00	28,60	27,70	29,20	29,80	35,80	25,10	34,80	26,70	34,00	30,30	30,23	27,21	33,25	29,36	9,00
Poste 3	51,70	52,10	53,60	52,70	57,00	55,40	52,60	54,50	52,70	55,40	54,30	49,40	54,20	53,20	54,70	52,00	53,47	48,12	58,82	53,47	0,00
Poste 4	42,90	48,80	40,80	42,30	46,40	49,30	46,10	47,10	43,80	45,30	47,90	47,30	52,80	45,40	43,90	49,10	46,20	41,58	50,82	46,11	2,00
Poste 5	50,90	52,40	54,40	50,40	51,70	53,70	55,30	50,70	48,00	51,80	51,60	48,80	49,80	39,80	48,70	39,40	49,84	44,86	54,82	50,99	3,00
Poste 6	37,60	47,30	41,40	38,20	41,50	43,60	41,90	40,10	39,20	38,70	42,30	38,40	39,70	40,80	42,40	40,80	40,87	36,78	44,96	40,44	1,00
Poste 7	39,90	38,40	36,80	45,00	38,60	40,00	34,00	37,60	38,90	38,90	35,50	41,20	36,70	41,90	34,70	37,30	38,46	34,61	42,31	38,31	2,00
Poste 8	35,20	40,30	42,40	38,20	35,20	38,00	37,10	39,50	37,30	38,50	37,90	37,40	34,60	37,60	37,00	40,50	37,92	34,13	41,71	37,62	1,00
Poste 9	49,50	48,20	49,10	48,60	47,90	54,30	53,50	52,70	49,70	53,00	50,90	53,90	48,80	49,60	52,30	55,40	51,09	45,98	56,20	51,09	0,00
Poste 10	47,50	45,80	48,40	46,90	45,10	47,10	48,40	48,10	45,10	46,50	50,20	47,10	45,10	44,10	49,30	49,80	47,16	42,44	51,88	47,16	0,00
Poste 11	38,00	38,90	42,10	41,10	39,50	43,10	41,50	38,90	39,30	40,00	40,80	39,70	39,20	43,10	37,80	39,80	40,18	36,16	44,20	40,18	0,00
Poste 12	38,30	41,40	46,40	45,70	42,90	49,80	45,10	42,70	51,00	48,60	45,40	46,40	44,30	48,00	41,80	42,30	45,01	40,51	49,51	44,69	3,00