

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ARACAJU
DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ LUIZ ALVES CARDOSO

PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO EM ESTRUTURA DE CONCRETO
DEGRADADA POR AGENTES CORROSIVOS – ESTUDO DE CASO EM UM
EDIFÍCIO LOCALIZADO EM ARACAJU-SE

MONOGRAFIA

ARACAJU

2020

ANDRÉ LUIZ ALVES CARDOSO

**PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO EM ESTRUTURA DE CONCRETO
DEGRADADA POR AGENTES CORROSIVOS – ESTUDO DE CASO EM UM
EDIFÍCIO LOCALIZADO EM ARACAJU-SE**

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. MSc. Marcílio Fabiano Goivinho
da Silva

ARACAJU

2020

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

Cardoso, André Luiz Alves

C268p Procedimentos de recuperação em estrutura de concreto degradada
por agentes corrosivos – estudo de caso em um edifício localizado em
Aracaju/SE. / André Luiz Alves Cardoso. - Aracaju, 2020.

81f. : il.

Orientador: Marcílio Fabiano Goivinho da Silva.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto
Federal de Sergipe, 2020.

1. Diagnóstico. 2. Concreto armado. 3. Estrutura de concreto. 4.
Patologia estrutural. 5. Agente corrosivo. 6. Degradação de concreto. I.
Silva, Marcílio Fabiano Goivinho da. II. Título.

CDU 691.328(81)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
Av. Jorge Amado, 1551 – Loteamento Garcia, Bairro Jardins - CEP 49025-330 – Aracaju/SE
Fone: (79) 3711 1400 – E-mail: reitoria@ifs.edu.br

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia N° 185

**PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO EM ESTRUTURA DE CONCRETO
DEGRADADA POR AGENTES CORROSIVOS – ESTUDO DE CASO EM UM
EDIFÍCIO LOCALIZADO EM ARACAJU-SE**

ANDRÉ LUIZ ALVES CARDOSO

Esta monografia foi apresentada às 18:00 h do dia 10 de dezembro de 2020 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. Rodolfo Santos da Conceição
Santos Pereira

(IFS-Campus Aracaju)

Prof. M.Sc. Euler Wagner Freitas Santos
Silva

(IFS-Campus Aracaju)

Prof. M.Sc. Marcílio Fabiano Goivinho da
Silva

(IFS – Campus Aracaju)
Orientador

Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa

(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para esse trabalho, em especial aos meus pais, André Luiz e Luzia Alves. A Taiane Almeida pelas correções, contribuições e pelo apoio emocional. Quero agradecer também aos grandes amigos, Vitor Pedral, José Neto, Bruno Muniz, Isau Guilherme e Stelamaris por sempre estarem presentes nos momentos difíceis e que precisei de ajuda. Muito grato também aos docentes que sempre nos incentivaram e deram o seu melhor para nos tornar capazes e a altura de competir em um mercado cada vez mais excludente. Agradeço muito ao meu orientador Marcílio, a professora Andrea por me orientar no TCC1 e me ajudar com o estudo de caso. Agradeço também ao professor Resende pelas grandes lições e ao professor Rodolfo, por ter me cedido materiais valiosos.

“Um homem de conhecimento é aquele que seguiu honestamente as dificuldades da aprendizagem. Um homem que, sem se precipitar nem hesitar, foi tão longe quanto pôde para desvendar os segredos do poder e da sabedoria.”

Carlos Castaneda

RESUMO

CARDOSO, André Luiz Alves. **Procedimentos de recuperação em estrutura de concreto degradada por agentes corrosivos – estudo de caso em um edifício localizado em Aracaju/SE**. 81 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campos Aracaju. 2020.

O processo de degradação do concreto armado por agentes corrosivos está entre os mais deletérios para a estrutura como um todo. O diagnóstico bem feito e o mapeamento da corrosão é fundamental para uma proposta adequada de recuperação. Neste cenário, o presente trabalho tem por objetivo analisar o processo de diagnóstico e recuperação, feitos por uma empresa privada, em uma edificação com sistema convencional, localizada na cidade de Aracaju, em uma região de alta maritimidade e exposta a um ambiente agressivo. O estudo de caso foi dividido em três fases: mapeamento das patologias, diagnóstico e recuperação dos elementos estruturais. Na fase inicial foram verificados todos os pontos com algum tipo de patologia, separando por elemento estrutural: viga, pilar e laje, sendo possível identificar as manifestações patológicas de maior incidência, facilitando a fase seguinte. Em seguida, foram propostos ensaios técnicos laboratoriais para auxiliar na correta escolha da intervenção terapêutica em cada um dos casos. Por fim, foi acompanhado o processo de recuperação das áreas degradadas. Através do presente estudo foi possível acompanhar todas essas etapas pormenorizadamente, analisando as medidas adotadas pela empresa tanto para o diagnóstico quanto para a recuperação. Baseando-se nas informações fornecidas pela empresa, assim como nos dados extraídos da literatura e nas normas vigentes, foram propostas técnicas e procedimentos que dessem maior confiança e precisão no diagnóstico e na recuperação dos elementos degradados.

Palavras-chave: Diagnóstico. Recuperação de áreas degradadas de concreto armado, Patologias estruturais.

ABSTRACT

CARDOSO, André Luiz Alves. **Procedimentos de recuperação em estrutura de concreto degradada por agentes corrosivos – estudo de caso em um edifício localizado em Aracaju/SE**. 81 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campos Aracaju. 2020.

The degradation process of reinforced concrete by corrosive agents is among the most harmful for the structure as a whole. A well-made diagnosis and corrosion mapping are essential for an adequate recovery proposal. In this scenario, the present work aims at a diagnostic and recovery process, carried out by a private company, in a building with a conventional system, located in the city of Aracaju, in a high maritime region and exposed to an aggressive environment. The case study was divided into three phases: mapping of pathologies, diagnosis and recovery of structural elements. In the initial phase, all points with some type of pathology were checked, separating them by structural element: beam, column and slab, making it possible to identify the items with the highest incidence, facilitating the next phase. Then, technical laboratory tests were proposed to assist in the correct choice of therapeutic intervention in each case. Finally, the recovery of degraded areas was monitored. Through this study it was possible to follow all these steps in detail, analyzing the measures adopted by the company for both diagnosis and recovery. Based on the information provided by the company, as well as on the data extracted from the literature and on the current standards, technical and procedures were proposed that would give greater confidence and precision in the diagnosis and recovery of the degraded elements.

Keywords: Diagnosis. Recovery of degraded areas of reinforced concrete. Structural pathologies.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos importantes	22
Quadro 2 – Fatores que influenciam o limite crítico de cloretos em % em relação à massa de aglomerantes	33
Quadro 3 – Tipos de intervenções	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma do estudo da patologia nas construções	15
Figura 2 – Tipos de manutenções	19
Figura 3 – Tipos de exposição	25
Figura 4 – Permeabilidade do concreto	26
Figura 5 – Lixiviação do concreto	27
Figura 6 – Exemplo de expansão do concreto por ataque de sulfato	28
Figura 7 – Fissuras e deteriorações derivadas da reação álcali-agregado	29
Figura 8 – Bloco de fundação com fissuras e manchas de ferrugem	30
Figura 9 – Excesso de fino na granulometria dos agregados	31
Figura 10 – Evolução esquemática da deterioração de estruturas de concreto por corrosão de armaduras.....	31
Figura 11 – Representação do avanço da frente de carbonatação	32
Figura 12 – Tipos de corrosão e fatores que os provocam	34
Figura 13 – Análise de fissuras.....	35
Figura 14 – Organograma ilustrativo dos tipos de inspeção em uma edificação	36
Figura 15 – Presença de fungos e bolores no guarda-corpo de uma edificação.....	37
Figura 16 – Fissuras térmicas	38
Figura 17 – Desplacamento de revestimento cerâmico	38
Figura 18 – Polimento de concreto seco.....	41
Figura 19 – Lavagem do concreto com jato de água	41
Figura 20 – Jato de areia.....	42
Figura 21 – Limpeza com escova de aço.....	42
Figura 22 – Apicoamento mecânico	42
Figura 23 – Apicoamento manual	42
Figura 24 – Corte de concreto – profundidade da remoção	43
Figura 25 – Aplicação de cintas metálicas	44
Figura 26 – Localização do empreendimento do estudo de caso	46
Figura 27 – Esquematização da fase de Mapeamento das Patologias.....	47
Figura 28 – Esquematização da fase de Diagnóstico das Patologias	48
Figura 29 – Esquematização da fase de Recuperação dos Elementos Estruturais	50
Figura 30 – Vigas da garagem – Ponto G1.....	53
Figura 31 – Vigas da garagem – Ponto G4.....	53
Figura 32 – Vigas da garagem – Ponto G13.....	54
Figura 33 – Vigas da garagem – Ponto G18.....	54
Figura 34 – Pilares da garagem – Ponto G2	55
Figura 35 – Pilares da garagem – Ponto G3	55
Figura 36 – Pilares da garagem – Ponto G5	56
Figura 37 – Pilares da garagem – Ponto G12	56
Figura 38 – Pilares do Playground – Ponto P1.....	56
Figura 39 – Pilares do Playground – Ponto P2.....	56
Figura 40 – Lajes da Garagem – Ponto G37	58
Figura 41 – Lajes da Garagem – Pontos G53 e G54	58
Figura 42 – Lajes da Garagem – Ponto G35	58
Figura 43 – Lajes da Garagem – Ponto G73	58
Figura 44 – Lajes da Garagem – Ponto G89	59
Figura 45 – Lajes da Garagem – Ponto G94	59
Figura 46 – Gráfico das principais patologias encontradas	61

Figura 47 – Pacômetro.....	63
Figura 48 – Utilização do pacômetro	63
Figura 49 – Utilização do pacômetro	63
Figura 50 – Método Wernner	63
Figura 51 – Determinação da resistividade elétrica.....	63
Figura 52 – Contato com a superfície de concreto para determinar o potencial de corrosão...	64
Figura 53 – Determinação da diferença de voltagem	64
Figura 54 – Determinação da profundidade de carbonatação	65
Figura 55 – Determinação da profundidade de carbonatação	65
Figura 56 – Determinação da profundidade de carbonatação	65
Figura 57 – Determinação da profundidade de carbonatação	65
Figura 58 – Delimitação da área de corte	67
Figura 59 – Escarificação de áreas com indícios de corrosão	68
Figura 60 – Escarificação em pilares.....	68
Figura 61 – Acabamento das bordas de reparo.....	69
Figura 62 – Viga com armadura reconstituída	69
Figura 63 – Armadura com a proteção anticorrosiva	70
Figura 64 – Execução de fôrmas	71
Figura 65 – Aplicação de <i>grout</i>	71
Figura 66 – Regularização com argamassa polimérica	71
Figura 67 – Elemento recuperado.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores mais agressivos da concentração de cloreto, em mg/L, das estações.....	34
Tabela 2 – Incidência de patologias nos elementos estruturais	52
Tabela 3 – Patologias identificadas por elemento estrutural	53
Tabela 4 – Distribuição das patologias nas vigas – análise por elemento da estrutura	54
Tabela 5 – Patologias encontradas nas vigas.....	55
Tabela 6 – Distribuição das patologias nos pilares – análise por elemento da estrutura.....	57
Tabela 7 – Patologias encontradas nos pilares	57
Tabela 8 – Distribuição das patologias nas lajes – Análise por elemento da estrutura	59
Tabela 9 – Patologias encontradas nas lajes.....	60
Tabela 10 – Contagem total das patologias	60
Tabela 11 – Classe de agressividade ambiental.....	61
Tabela 12 – Correspondência entre classes de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c=10\text{mm}$	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	ESTUDO PATOLÓGICO DAS EDIFICAÇÕES.....	15
2.2	GESTÃO DA MANUTENÇÃO PREDIAL	17
2.2.1	Tipos de Manutenção	19
2.2.2	Vida Útil e Durabilidade	20
2.2.3	Demais Conceitos Importantes.....	22
2.3	PATOLOGIA ESTRUTURAL	23
2.3.1	Concreto	24
2.3.2	Armadura.....	31
2.4	DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS	35
2.5	RECUPERAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS	39
2.5.1	Técnicas de preparo para a intervenção	40
2.5.2	Intervenções usuais.....	43
3	METODOLOGIA	46
3.1	APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	46
3.2	ANÁLISE DE DADOS.....	47
3.2.1	Mapeamento das Patologias	47
3.2.2	Diagnóstico das Patologias.....	48
3.2.3	Recuperação de Elementos Estruturais	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1	MAPEAMENTO DAS PATOLOGIAS.....	52
4.1.1	Vigas.....	53
4.1.2	Pilares	55
4.1.3	Lajes	57
4.2	DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS.....	60
4.2.1	Detecção Magnética de Armaduras.....	62
4.2.2	Resistividade Elétrica	63
4.2.3	Potencial de Corrosão das Armaduras.....	64
4.2.4	Profundidade de Carbonatação.....	64
4.2.5	Teor de Íons de Cloreto	65

4.3	RECUPERAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	66
4.3.1	Delimitação da Área de Reparo.....	67
4.3.2	Remoção do Concreto Deteriorado	67
4.3.3	Verificação das Armaduras	69
4.3.4	Lavagem do Substrato	70
4.3.5	Reconstituição da Peça.....	70
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
	REFERÊNCIAS	74
	ANEXOS	78

1 INTRODUÇÃO

Quando se elabora um projeto de uma estrutura de concreto armado é fundamental o atendimento das finalidades e funções para os quais essa estrutura foi concebida. Porém, os parâmetros que garantem o desempenho de suas funções vão se modificando e se aprimorando à medida que novas descobertas são feitas, seja por novos materiais e técnicas existentes, seja por melhor conhecer o processo de degradação dessa estrutura (ARIVABENE, 2015).

O surgimento e a detecção de problemas patológicos requerem ações imediatas a fim de evitar o desenvolvimento de processos degradantes que, à medida que evoluem, se tornam mais complexos. Para tanto, a manutenção preventiva se faz essencial, principalmente em edifícios antigos, tanto no que tange a agressividade ambiental, quanto aos conhecimentos sobre a resistência dos materiais empregados na época e as intempéries agindo na estrutura.

O método de recuperação de uma estrutura degradada por agentes corrosivos é elaborado em etapas bem definidas, e requer do engenheiro expertise, tanto para analisar e diagnosticar corretamente as patologias instaladas e suas causas, quanto para propor medidas corretivas e intervenções. Tratando-se de elementos estruturais, esses procedimentos têm que ser bem definidos desde o princípio, na fase de diagnóstico, até o seu fim, na fase terapêutica (BOLINA *et al.*, 2019)

Neste estudo de caso, foi feita uma abordagem sistemática e objetiva de todo o processo de recuperação de um edifício localizado em Aracaju, degradado por corrosão e sujeito a névoa salina. Esse trabalho mostra todas as fases, definindo separadamente cada uma delas e analisando os procedimentos adotados pela empresa contratada, tanto para o diagnóstico quanto para as intervenções de recuperação.

Este trabalho está estruturado seguindo uma lógica de reparo, já considerando a edificação “doente”, ou seja, analisando os indícios (sintomatologia), compreendendo o problema em si (diagnóstico), a análise das consequências e a viabilidade (prognóstico) e, por fim, as medidas de reparação (terapêutica).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é demonstrar de forma didática e objetiva o processo de diagnóstico e recuperação de uma estrutura degradada por agentes corrosivos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir todas as etapas do processo de recuperação de uma estrutura degradada;
- Analisar os procedimentos adotados pela empresa contratada;
- Sugerir métodos e procedimentos mais precisos e seguros no diagnóstico das patologias;
- Propor a intervenção mais adequada às patologias identificadas.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 2 traz uma abordagem sobre trabalhos acadêmicos desenvolvidos na área manutenção predial e estudo das patologias nas edificações. Também é abordada a metodologia de tratamento dos elementos de concreto armado degradados com base nas técnicas de preparo do substrato e nas intervenções mais usuais.

O Capítulo 3 traz informações sobre o estudo de caso, as fases e os parâmetros de avaliação de cada etapa desta pesquisa. Já no Capítulo 4 são discutidos todos os resultados e suas respectivas análises.

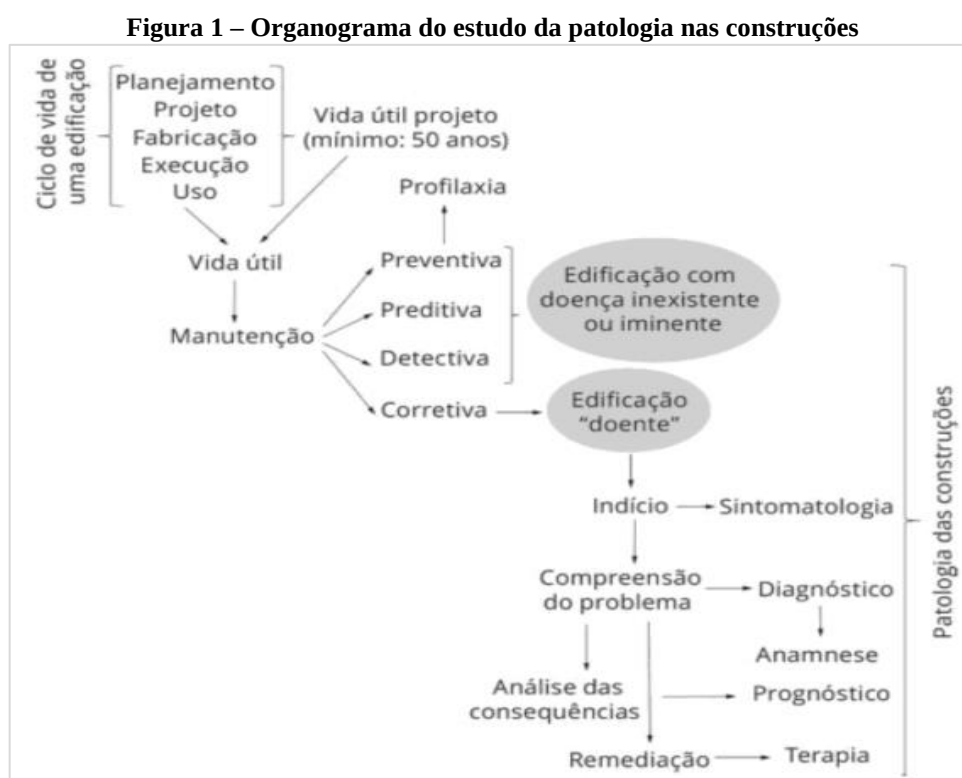
O Capítulo 5 aborda as considerações finais relativas às informações obtidas nas etapas anteriores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDO PATOLÓGICO DAS EDIFICAÇÕES

A vida útil da estrutura de uma edificação habitacional deve ser de, no mínimo, 50 anos, segundo a NBR 15575 – Edificações Habitacionais (ABNT, 2013), sendo admitida na fase de uso da mesma. Entretanto, durante o ciclo de vida podem surgir anomalias que comprometam a integridade da edificação. É nesse contexto que surge as patologias das construções, que é o estudo dessas falhas e anomalias, buscando identificar os sintomas e propor métodos de mitigação do problema.

Bolina *et al.* (2019) apresentaram na Figura 1 uma boa esquematização desse estudo, que será também adotado neste trabalho para o melhor entendimento do tema.



Fonte: Bolina *et al.* (2019)

As anomalias e/ou falhas podem advir de diversas etapas do ciclo de vida da edificação, desde o projeto dos sistemas até o período pós-ocupação. Costuma-se separar em duas fases, a de produção e a de uso, sendo que a primeira contempla o planejamento, projetos, fabricação e execução, enquanto a segunda diz respeito ao momento após a entrega (BOLINA *et al.*, 2019).

Nesse contexto, destacam-se os tipos de manutenção predial, discutidos na próxima seção, que garantirão à edificação o máximo de aproveitamento de todos os seus sistemas durante o seu período de vida útil. O estudo da patologia das edificações inicia-se com a identificação de problemas, geralmente feita pelo próprio usuário. Essa ciência é comumente chamada de Engenharia Diagnóstica.

A Engenharia Diagnóstica é a arte de criar ações proativas, através dos diagnósticos, prognósticos e prescrições técnicas, visando a qualidade total. Baseia-se principalmente nos preceitos da inspeção predial total visando a qualidade da construção, avançando para a minimização das anomalias construtivas, dos custos da assistência técnica e nos desgastes da imagem empresarial (LICHTENSTEIN, 1986). Segundo Gomide *et al.* (2009) e, como mostrado ainda na Figura 1, a engenharia diagnóstica é dividida em três fases: a sintomatologia, diagnóstico e terapia.

A sintomatologia consiste na fase de análise e levantamento da história evolutiva da patologia desde às suas manifestações iniciais ou precursoras, até o estágio da evolução no momento de sua verificação (LICHTENSTEIN, 1986). É, portanto, a primeira fase da Engenharia Diagnóstica, na qual é feita uma coleta primária de dados e informações pertinentes sobre o empreendimento, desde a concepção do projeto até o momento em que é realizada a vistoria e inspeção.

A vistoria e a inspeção predial se diferem apenas no fato de que a primeira trata da verificação *in loco* de determinada situação, enquanto a inspeção predial é a análise técnica da condição da edificação, com base na literatura, normas e na experiência do engenheiro. (GOMIDE *et al.*, 2009).

Segundo o IBAPE (2012), a inspeção predial é a “análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação”. Assim, é uma avaliação com o objetivo de identificar o estado geral da edificação e se seus sistemas construtivos, observando os aspectos de desempenho, funcionalidade, vida útil, segurança, estado de conservação, manutenção, utilização e operação, levando em consideração as expectativas dos usuários.

Após a fase de sintomatologia, inicia-se a etapa da etiologia que consiste na perícia e auditoria. A perícia pode ter diversos fins, sendo os principais: as avaliações; arbitramentos; obras irregulares; patologias dos mais diversos tipos; desapropriações; e, impactos de vizinhança. Já a perícia difere-se da inspeção predial apenas no quesito legal, ou seja, é normalmente feita por uma ordem judicial e requer um profissional habilitado e credenciado nos órgãos responsáveis. A auditoria será, portanto, a comprovação técnica, ou não, do problema inicialmente verificado (GOMIDE *et al.*, 2009).

Segundo Campos (2009, p. 03), a Auditoria pode ser definida como

Processo sistemático, que deve ser sempre documentado e que visa avaliar evidências, com intuito de concluir se tais evidências constituem-se conformidades ou não conformidades em relação ao padrão adotado como referência.

Por fim, passa-se para a fase terapêutica, que consiste em propor medidas de solução ou mitigação da anomalia ou falha da edificação. Deve ser atendida por um profissional habilitado através da análise da evolução do quadro e pela busca de casos semelhantes na literatura, para em seguida desenvolver a melhor intervenção possível (GOMIDE *et al.*, 2009). Para Lichtenstein (1986), nessa fase deve-se seguir três parâmetros: grau de incerteza da resolutividade, a relação custo-benefício e a disponibilidade de tecnologias necessárias para a finalização do serviço.

2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO PREDIAL

A ideia de desempenho, surgiu no Brasil através do Banco Nacional de Habitação, que na década de 70 foi o maior órgão financiador de habitações populares do Brasil, motivando a criação de normas técnicas no país. Para isso contratou o IPT (Instituto de pesquisa tecnológica). Assim se investiu em pesquisas para a elaboração de critérios técnicos e foi um dos primeiros trabalhos produzidos no Brasil baseado no conceito de desempenho (BORGES, 2008).

Já no final dos anos 90, em 1998, começou a ser identificado pelo Instituto de Engenharia de Avaliações e Perícias (INAPAR – hoje, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – IBAPE), que as principais ações judiciais entre Condomínios/ Construtoras e Condôminos/ Condomínios eram oriundas, principalmente, da falta de manutenção nas edificações.

Desta forma, foi com a criação da NBR 14037 – Diretrizes para Elaboração de Manuais de Uso, Operação e Manutenção das Edificações, em 1998, que o tema começou a ser abordado de uma forma muito mais ampla, com as diretrizes para a elaboração e implantação do Manual de Uso e Operação das Edificações. Sua importância deve-se a Técnica de Avaliação Pós-Ocupação (APO), que é utilizada para “retornar às etapas de projeto e execução as informações sobre as condições reais de apropriação pelos usuários do espaço construído, identificadas a partir de observações das etapas de operação, uso e manutenção” (ABNT, 2011, p. 01).

Outro passo importante para a melhoria da Manutenção Predial foi criação da NBR 5674 – Manutenção de Edificações, em 2012, a qual expõe que a manutenção das edificações não

deve ser realizada de modo empírico ou casual, devendo ser executada apenas por profissionais capacitados, visando garantir o máximo de eficiência (ABNT, 2012). Tem-se ainda que:

Para se atingir maior eficiência na administração de uma edificação ou de um conjunto de edificações, é necessária uma abordagem fundamentada em procedimentos organizados em um sistema de manutenção, segundo uma lógica de controle de custos e maximização da satisfação dos usuários com as condições oferecidas pelas edificações (ABNT, 2012, p. 02).

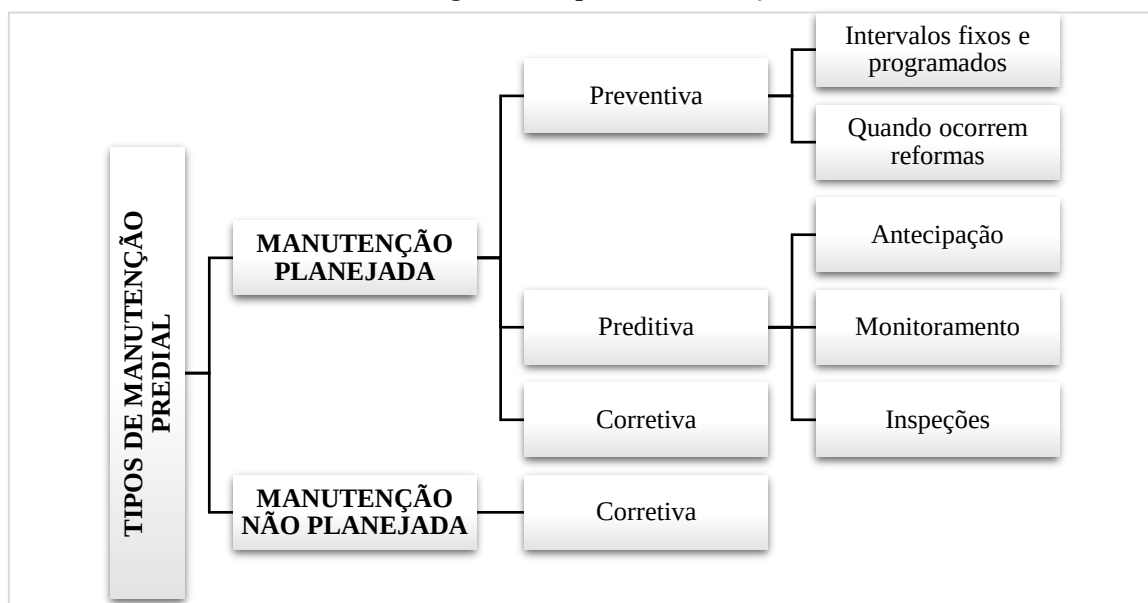
Em 2013 foi publicada a NBR 15575, mais conhecida como a Norma de Desempenho, a qual define a manutenção como sendo o “conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional, e de seus sistemas constituintes, de atender as necessidades e segurança dos seus usuários” (ABNT, 2013, p. 09). Sendo que, anteriormente, a manutenção foi definida por Othman (2007) como a combinação de todas as técnicas voltadas para a restauração ou substituição de um componente do sistema predial, a fim de garantir o desempenho total da edificação.

É importante salientar que existem diversas formas de classificação dos tipos de manutenção, mas, se faz necessária, de antemão, uma análise vinculada à classificação com a viabilidade de execução do serviço. Observados os aspectos conceituais de estratégia e plano de manutenção, as atividades inerentes podem ser classificadas em manutenções planejadas e manutenção não planejada (PRATA, 2014), esquematizado na Figura 2 e explicadas na seção 2.2.1 deste trabalho.

A manutenção é ainda classificada quanto às características da intervenção realizada (GOMIDE *et al.*, 2006), sendo:

- a) Conservação: é a atividade rotineira, realizada diariamente ou com pequenos intervalos de tempo, relacionada com a operação e limpeza dos edifícios;
- b) Reparação: é a atividade preventiva ou corretiva, antes de se atingir o nível de qualidade mínima aceitável;
- c) Restauração: é a atividade corretiva, após se atingir nível inferior à qualidade mínima aceitável, ou seja, há perda significativa de performance, desempenho, podendo interferir na segurança do usuário;
- d) Modernização: é a atividade preventiva e corretiva, visando que a recuperação de qualidade ultrapasse o nível inicialmente construído e projetado, fixando um novo patamar de qualidade e desempenho para a edificação e seus sistemas.

Figura 2 – Tipos de manutenções



Fonte: Gomide *et al.* (2006), adaptado

2.2.1 Tipos de Manutenção

Como falado no item 2.2, existem quatro tipos de manutenção prediais. A manutenção preditiva trata da intervenção que mantém o desempenho aceitável apenas na iminência de uma falha, que é determinada através do monitoramento de algumas características do equipamento ou sistema, tais como: temperatura de operação, vibração, hora de funcionamento, entre outros.

A NBR 5674 (ABNT, 2012) determina que o Programa de Manutenção deve coordenar os serviços de manutenção para reduzir a necessidade de sucessivas intervenções, minimizar a interferência dos serviços de manutenção no uso da edificação e a interferência dos usuários sobre a execução dos serviços de manutenção.

A Manutenção Preventiva, por sua vez, trata de todo serviço de inspeção sistemática, envolvendo ajustes, conservação e eliminação de defeitos, visando evitar falha. São intervenções realizadas sistematicamente, a intervalos de tempos fixos e programados, independente da condição do equipamento e sistemas (PRATA, 2014). Portanto, não implicam na sua interrupção ou parada inesperada.

A Manutenção Detectiva é a atividade que visa apurar a causa do problema e falhas para sua análise, auxiliando no plano de manutenção. É a Engenharia de Manutenção ou a Manutenção Proativa. E, por fim, tem-se a Manutenção Corretiva, que é a atividade que visa à reparação, caracterizada por serviços planejados ou não, a fim de corrigir falhas. Implica,

necessariamente na paralisação de um sistema. Pode consistir em uma intervenção de longo prazo ou não (GOMIDE *et al.*, 2006)

Vale salientar que a manutenção preventiva, quando bem planejada e executada apresenta uma maior economia de recursos financeiros, ao contrário do senso comum que fala que a manutenção é um custo adicional no orçamento do condomínio.

2.2.2 Vida Útil e Durabilidade

De acordo a NBR 15575, o desempenho é o “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas” (ABNT, 2013, p. 06), enquanto que os critérios de desempenho são as “especificações quantitativas dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, afim de que possam ser objetivamente determinados” (ABNT, 2013, p. 06). Assim, é comum utilizar o termo durabilidade para expressar a condição das edificações que mantém seus critérios de desempenho. Entretanto, a durabilidade diz respeito à “capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas no manual de uso, operação e manutenção” (ABNT, 2013, p.07)

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2014), a vida útil (VU) é o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos pela norma de desempenho, a NBR 15575, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção do imóvel.

A VUP é o período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos na norma NBR 15575 e considerando que o projeto atende aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção (CBIC, 2014).

Interferem na VU, além da vida útil de projeto (VUP), as características dos materiais e da qualidade da construção como um todo, o correto uso e a operação da edificação e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local da obra, mudanças no entorno da obra ao longo do tempo. O valor real de tempo de VU será uma composição do valor teórico de VUP (CBIC, 2014).

Assim, a VUP é uma avaliação teórica de tempo que compõe a vida útil. As especificações da VUP serão atendidas, ou não, se houver eficiência e constância nos processos de manutenção, cuidados na utilização do imóvel, alterações no clima ou no entorno da obra, entre outros. A VUP deverá estar registrada nos projetos das diferentes disciplinas, assumindo-se que será atendida a VUP mínima prevista na norma de desempenho quando não houver indicação (CBIC, 2014).

Um conceito mais técnico do termo “durabilidade” expressa o período esperado de tempo em que um produto tem potencial de cumprir as funções a que foi destinado e projetado, num patamar de desempenho igual ou superior àquele predefinido em projeto. A correta utilização, e a realização de manutenções periódicas, em obediência as recomendações do fornecedor do produto, geralmente, expressas no manual de uso, operação e manutenção, devem recuperar parcialmente a perda de desempenho resultante da degradação (CBIC, 2014).

As estruturas de concreto devem ser projetadas, construídas e operadas de forma tal que, sob as condições ambientais esperadas, elas mantenham sua segurança, funcionalidade e aparência aceitável durante um período de tempo, implícito, sem requerer altos custos imprevistos para manutenção e reparo. O processo de criar estruturas e mantê-las em condições de uso e operação requerem a cooperação de todas as partes envolvidas a citar (ANDRADE, 1997):

- a) Construtor: obedecendo na execução às diretrizes do projeto;
- b) Usuários: responsáveis, em geral, pela manutenção da estrutura durante o período de uso.
- c) Projetistas: preparando especificações de projeto, propostas de métodos de controle de qualidade e condições de utilização.
- d) Proprietário: definindo demandas presentes e futuras em relação à edificação.

A necessidade de uma consciência quanto a importância da manutenção é fundamental para que as estruturas desempenhem as funções para as quais foram projetadas. Atualmente a preocupação com a regularidade da manutenção preventiva tem crescido, porém ainda há precariedade na normalização dos procedimentos e normas que orientem no que diz respeito a manutenibilidade¹ dos edifícios. É essencial fazer prevalecer, na prática, que o conceito de vida útil das estruturas de concreto depende muito de níveis adequados de manutenção.

¹ A manutenibilidade é o grau de facilidade de um sistema, elemento ou componente de ser mantido ou recolocado no estado no qual possa executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sobre condições determinadas, procedimentos e meios prescritos (ABNT NBR 15575, 2013)

2.2.3 Demais Conceitos Importantes

Alguns problemas encontrados nas edificações diferenciam-se entre si devido à sua característica de surgimento e até mesmo de acordo com o período em que ela surge. Assim, as garantias e os prazos de vigência dessas garantias devem ser diferenciados, conforme cada tipo. No Quadro 1 são mostradas as principais diferenças nesse quesito.

Quadro 1 – Conceitos importantes

ÁREA	TERMO	DEFINIÇÃO
Defeitos da edificação	Anomalia	Irregularidade, anormalidade, exceção à regra (CBIC, 2014, p. 33).
	Degradação	Redução do desempenho devido à atuação de um ou de vários agentes de degradação (ABNT, 2013, p. 07).
	Falha	Ocorrência que prejudica a utilização do sistema ou do elemento, resultando em desempenho aquém do requerido (ABNT, 2013, p.08).
	Patologia	Não conformidade que se manifesta no produto em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural (ABNT, 2013, p.09)
	Ruína	Característica do estado-limite último, por ruptura ou por perda de estabilidade ou por deformação acima dos limites de estado limite último estabelecido em normas (ABNT, 2013, p. 10)
	Vícios aparentes	Identificados durante a vistoria e que são reparados pela própria construtora e/ou incorporadora (CBIC, 2014, p. 174)
	Vícios ocultos	São aqueles não detectáveis no momento da entrega do imóvel (CBIC, 2014, p. 34)
Garantias	Garantia certificada/contratual	Condições dadas pelo fornecedor por meio de certificado ou contrato de garantia para reparos, recomposição, devolução ou substituição do produto adquirido (ABNT, 2013, p. 08). A garantia contratual é facultativa, complementar à garantia legal, não implicando necessariamente na soma dos prazos (CBIC, 2014, p. 34).
	Garantia legal	Período de tempo previsto em lei que o comprador dispõe para reclamar do vício ou defeito verificado na compra de seu produto durável (CBIC, 2014, p. 34).
Prazos de garantia	Prazo de garantia certificada	Período de tempo, acima do prazo de garantia legal, oferecido voluntariamente pelo fornecedor (incorporador, construtor ou fabricante) na forma de certificado ou termo de garantia ou contrato, para que o consumidor possa reclamar dos vícios (defeitos) verificados na compra de seu produto. Este prazo pode ser diferenciado para cada um dos componentes do produto a critério do fornecedor (ABNT, 2013, p. 09)
	Prazo de garantia legal	Período de tempo previsto em lei que o consumidor dispõe para reclamar dos vícios (defeitos) verificados na compra de produtos duráveis (ABNT, 2013, p.09).

Fonte: O Autor (2020)

2.3 PATOLOGIA ESTRUTURAL

As patologias no concreto armado, hoje amplamente estudadas, podem ter origem desde a concepção do projeto, como erros de cálculo ou de detalhamento. Podem surgir também durante a fase de execução, seja por erros nos procedimentos executivos, por ausência/deficiência no controle tecnológico e escolha dos materiais utilizados ou ainda por falhas no processo de manutenção preventiva.

A deterioração do concreto armado é, geralmente, desencadeada por agentes físico-químicos, podendo estar associados, ou não, entre si. Podem existir ainda fatores desencadeantes, como processo biológico ou ainda eletroquímico, como é o caso dos tipos mais comuns de corrosão (GONÇALVES, 2015).

Para Grochoski e Helene (2008), os mecanismos que merecem maior destaque na deterioração do concreto armado são os relacionadas ao concreto, a armadura e à estrutura propriamente dita, sendo:

- a) Do próprio concreto: lixiviação (águas puras e ácidas), expansão por sulfatos ou magnésio, expansão por reação álcali-agregado e reações superficiais deletérias.
- b) Da armadura: corrosão devida à carbonatação e corrosão por elevado teor de íon cloro (cloreto).
- c) Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita: ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas (fadiga), deformação lenta (fluência), relaxação, e outros considerados em qualquer norma ou código regional, nacional ou internacional.

O fator ambiente está inserido implicitamente nos quesitos citados acima. Portanto, é relevante ressaltar que o meio ambiente é uma variável decisiva no processo de deterioração do concreto, levando em consideração o grau de exposição dos elementos e as características dos materiais empregados.

A água salgada é o principal agente responsável por processos físicos e químicos de degradação. Quando se analisa a influência da água do mar nos processos de degradação do concreto armado, deve-se considerar que os seus componentes podem variar conforme as estações do ano. (LIMA e MORELLI, 2004).

As condições de exposição associadas às áreas salinas, estão entre as mais agressivas às estruturas de concreto e aço. A determinação do comportamento do concreto em regiões de clima temperado e seco é relativamente fácil, se comparada à grande variabilidade de ações que incidem sobre o concreto quando submetido as zonas com salinidade.

2.3.1 Concreto

Um dos principais fatores que podem causar a deterioração da estrutura de concreto armado em ambientes salinos é a presença dos íons de cloreto, com destaque para os de sódio e magnésio, que podem penetrar na estrutura através do vapor d'água ou por cristais carregados pelo vento. Já são bastante conhecidos os estragos causados pela corrosão das armaduras nas regiões salinas onde há uma alta concentração de íons de cloreto (ANDRADE, 1997).

Nas regiões litorâneas, a direção preferencial dos ventos determina a fachada que está submetida a um maior grau de ataque dos agentes agressivos. As partículas de água do mar (respingos) contendo sais dissolvidos, além dos cloretos em suspensão na atmosfera, são arrastados pelas forças dos ventos e depositadas na superfície das estruturas de concreto. Por consequência, as estruturas situadas nessas regiões terão na superfície uma pequena camada de água quase que permanentemente. Significando que os processos de deterioração apresentarão uma duração correspondente à presença desse filme de água nas estruturas (ANDRADE, 1997).

Para Grochoski e Helene (2008), o ambiente salino com a presença de respingos de maré, submete as estruturas de concreto a uma maior incidência de agentes agressivos e, conseqüentemente, é mais atacada. A presença dos cloretos, água e oxigênio criam um ambiente altamente favorável a corrosão. A alta porosidade do concreto associada a uma elevada umidade faz com que os eletrólitos desencadeiem as reações químicas que dão origem à corrosão.

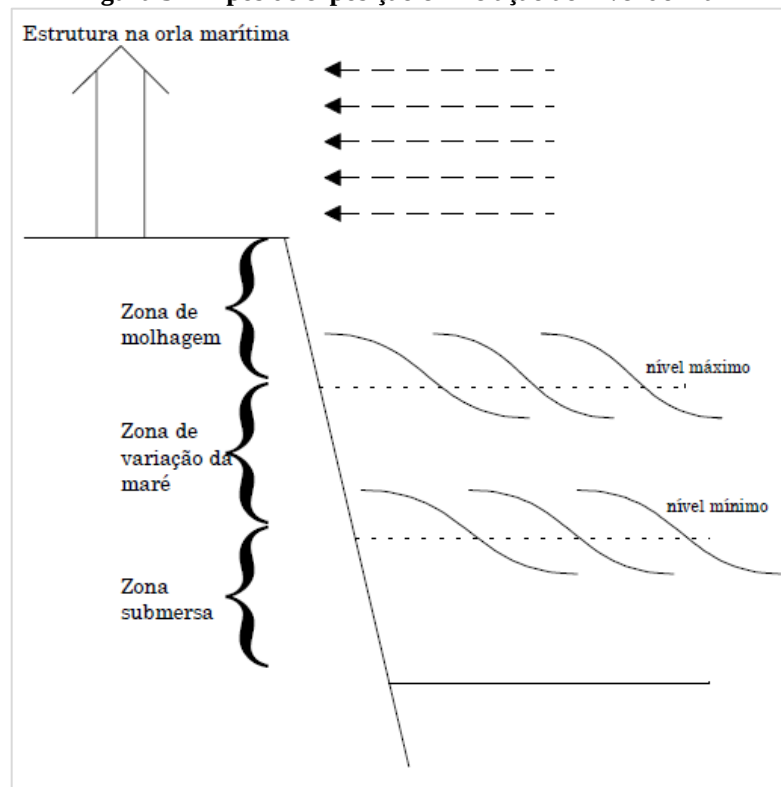
Ainda de acordo com Grochoski e Helene (2008), observações realizadas em estruturas de concreto com mais de 20 anos de idade, situadas em regiões marítimas submersas e nas regiões de respingos de maré mostraram que as zonas submetidas a molhagem e secagem (típico de zonas de respingo de maré) apresentaram a maior concentração de cloretos dentro da estrutura, e, simultaneamente, apresentaram também maiores incidências de corrosão, tanto por observação visual, quanto por ensaios de mapeamento a partir do potencial de corrosão (ANDRADE, 1997). A Figura 3 ilustra os tipos de exposição que a estrutura de concreto está submetida em relação ao nível da água do mar.

Ainda segundo Andrade (1997), existe uma correlação entre a localização da estrutura de concreto e o tipo de deterioração.

Em áreas com zona de atmosfera marinha, o concreto não entra em contato direto com a água do mar, porém é atingido pela névoa salina que vem do oceano. O nível de cloretos pode cair à medida que as edificações se afastam do mar. Mas, em alguns casos, dependendo do tipo da costa e da direção preferencial dos ventos, a névoa salina pode penetrar até muitos

quilômetros do litoral. Nesse tipo de influência geralmente ocorre a corrosão da armadura induzida pelos cloretos (ANDRADE, 1997).

Figura 3 – Tipos de exposição em relação ao nível do mar



Fonte: Andrade (1997)

Nas zonas de molhagem, onde a edificação se localiza acima do nível da maré alta, estando sujeita a ação direta da água do mar, através da molhagem do concreto pelas ondas, ocorre a corrosão da armadura induzida por cloretos, além da abrasão da estrutura pela ação do impacto das ondas (ANDRADE, 1997).

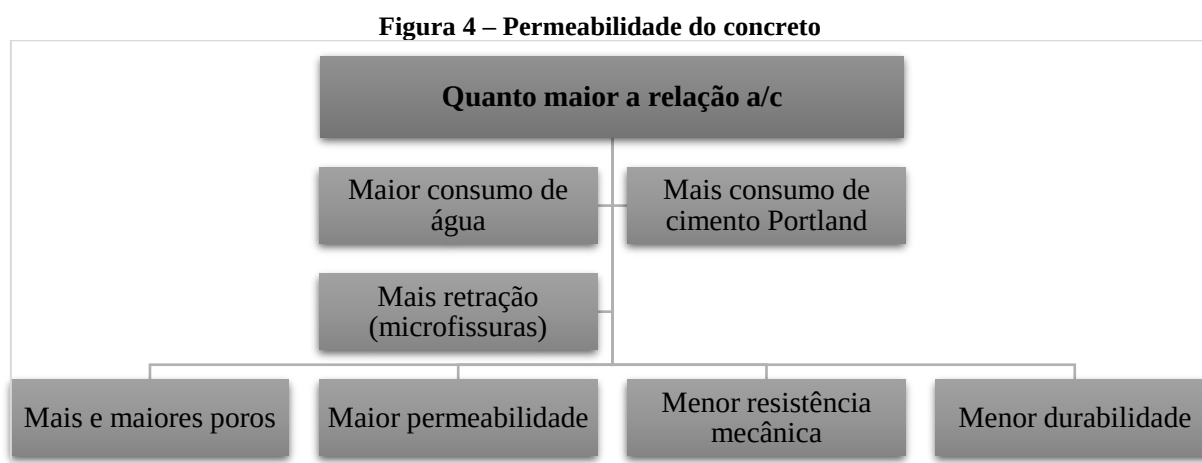
Locais onde há uma variação das marés, o concreto fica constantemente submetido a molhagens e secagens contínuas. E, nessas regiões há uma prevalência da corrosão das armaduras por cloretos, além de abrasão da estrutura por impacto das ondas, ataque biológico por microrganismos e ataque químico ao concreto. Por fim, nas zonas submersas, onde o concreto fica permanentemente submerso, ocorre o ataque químico ao concreto e o ataque biológico causado por microrganismos (ANDRADE, 1997).

Mehta e Monteiro (2008) fazem ainda uma relação entre a fissuração do concreto e a corrosão de armaduras que ocorre nas estruturas localizadas em regiões de influência marítima. Foi observado que a deterioração do concreto sob a ação dos agentes físico-químicos, que atuam principalmente na zona de variação de marés são os maiores responsáveis pela abertura de

fissuras, criando um ciclo vicioso e propício à corrosão e deterioração da camada protetora (cobrimento). Assim, Mehta e Monteiro (2008) recomendam, a fim de garantir a baixa permeabilidade do concreto, que se deve ter um maior controle na execução das estruturas para evitar o aparecimento de microfissuras, bem como dificultar que as microfissuras do interior da peça estrutural não se comuniquem com as possíveis fissuras superficiais existentes nesse elemento, aumentando a penetração dos agentes nocivos.

É importante destacar que a permeabilidade do concreto não depende apenas das proporções de mistura, compactação e cura, mas também é tão importante quanto das microfissuras causadas por ciclos de temperatura e umidade ambiental. Sob essas condições, a impermeabilidade ou estanqueidade, torna-se um fator decisivo na determinação da durabilidade da estrutura (CYBULSKI, 2017).

Para WATANUKI FILHO (2014), as microfissuras interligam os poros capilares, aumentando a permeabilidade e, por consequência, diminuindo a resistência mecânica e a durabilidade, como esquematizado na Figura 4.



Fonte: Watanuki Filho (2014), adaptado

2.3.1.1 Lixiviação

Trata-se de uma das manifestações patológicas mais comuns no concreto, sendo causada pelo contato da água (pura, carbônica agressivas e ácidas) com o concreto. Para Helene (2014, p. 03), “a sintomatologia básica é uma superfície arenosa ou com agregados expostos sem a pasta superficial, com eflorescências de carbonato, com elevada retenção de fuligem e com risco de desenvolvimento de fungos e bactérias”, como mostrado na Figura 5.

Essa patologia, por si só, não gera muitos problemas, afetando basicamente a estética das peças (SABAI, 2017). Porém, ao atingir estágios avançados, ocorre também a despassivação da armadura, através da redução do pH do extrato aquoso dos poros superficiais do concreto, que será abordado na próxima seção, por se tratar de uma patologia na armadura.

Figura 5 – Lixiviação do concreto



Fonte: Sabai (2017)

Existem vários meios para evitar o surgimento da lixiviação, tais como: dosagem correta do concreto (menor relação a/c^2), controle no adensamento e respeito do processo de cura. Fatores como o tipo de cimento, teor de C_3S e C_2S presentes no clínquer e aditivos também influenciam no surgimento dessa patologia (PORTO, 2011).

O método mais prático de combater a lixiviação é a limpeza dos elementos com jato d'água sob pressão, para a retirada do carbonato de cálcio, quando esta se encontra no estágio inicial. Quando a patologia está mais grave, é necessária uma avaliação minuciosa, feita por um profissional habilitado, para avaliar a melhor alternativa (SABAI, 2017).

2.3.1.2 Expansão do concreto

Algumas reações químicas podem levar à expansão do concreto, mesmo em seu estado endurecido, sendo esse fenômeno um dos mais danosos à estrutura, uma vez que provoca o fechamento das juntas de expansão, além de deformações, deslocamentos, fissurações, lascamentos e pipocamentos. Os fenômenos relacionados a reações expansivas são o ataque por

² Relação Água/ Cimento. A quantidade de água utilizada na mistura tem grande influência na resistência do concreto. Geralmente, o fator a/c está em torno de 0,4 a 0,7 (PEDROSO *et al.*, 2016).

sulfato, reação álcali-agregado, hidratação tardia de CaO e MgO livres e corrosão da armadura do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Normalmente águas subterrâneas tem proporções maiores de sulfato de magnésio, sódio e potássio, sendo também encontrado o sulfato de amônia em regiões agrícolas. Quando, em contato com essas fontes externas, o cimento Portland hidratado reage com os íons sulfato, pode ocorrer o ataque por sulfato. Também são fatores que influenciam essa patologia: quantidade e natureza do sulfato, forma de construção e qualidade do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Nesse fenômeno, o elemento de concreto pode expandir ou fissurar. A primeira situação é a mais grave pois pode gerar o deslocamento de paredes devido às pressões geradas. No caso das fissuras, o processo de deterioração é acelerado, uma vez que permite a entrada de água em seu interior (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Geralmente a expansão causada por ataque de sulfato se apresenta como mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de expansão do concreto por ataque de sulfato



Fonte: Andrade (2016)

Para controlar o ataque por sulfato nas estruturas é recomendável que haja o cobrimento adequado do concreto, baixa relação a/c, adensamento adequado e cura apropriada, contribuindo para a baixa permeabilidade do elemento e o uso de cimento Portland resistente a sulfato ou compostos (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Segundo Vieira (2018), a reação álcali-agregado leva a expansão, fissuração (Figura 7), pipocamento e exsudação de fluido viscoso sílico-alcalino, levando à perda da resistência. Esse fenômeno é causado por processos químicos envolvendo o sódio e potássio, proveniente do cimento e agregados. Ainda para o autor, essa reação pode ser classificada em três tipos: álcali-sílica, álcali-silicato e álcali-carbonato, sendo que as duas primeiras geram produtos sílico-

cálcico-alcalino expansivos e a álcali-carbonato leva à decomposição de dolomita e à formação de brucita, podendo gerar expansão.

Figura 7 – Fissuras e deteriorações derivadas da reação álcali-agregado



Fonte: Vieira (2018)

Mehta e Monteiro (2008) destacam que evidenciar uma reação álcali-agregado em uma fissura não quer dizer necessariamente que o fenômeno é a sua principal causa. O desenvolvimento das tensões internas está relacionado à quantidade, dimensões e tipo do agregado reativo e da composição química do gel formado. Na maioria dos casos, contudo, a reação álcalis-agregado está associada às partículas reativas da areia e considera-se que isso ocorre devido à baixa tendência de adsorção da água dos géis sílico-alcalinos com uma maior reação sílica-alcalis.

Assim, os fatores que mais influenciam o fenômeno são (MEHTA e MONTEIRO, 2008):

- O teor de álcalis do cimento e consumo de cimento no concreto;
- A contribuição do íon alcalino de outras fontes, como aditivos, adições, agregados contaminados com sal;
- Quantidade, dimensão e reatividade dos constituintes reativos presentes no agregado;
- Disponibilidade de umidade para a estrutura do concreto;
- Temperatura ambiente.

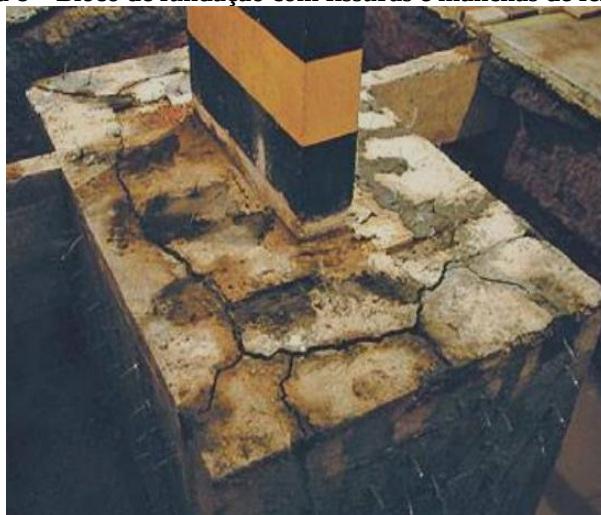
Para prevenir as reações álcali-sílica e álcali-silicato, são utilizados agregados inertes, cimentos inibidores³, adição de escória, pozolana ou sílica ativa⁴ direto no concreto. Já para as reações álcali-carbonato, a prevenção é feita utilizando agregados inertes ou reduzindo o teor de álcalis do concreto, ou seja, escória e pozolana não são eficazes (VIEIRA, 2018).

2.3.1.3 Reações deletérias

Para Helene (2014), as reações deletérias do concreto são aquelas:

Superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica. Destaca-se como exemplo os problemas oriundos com agregados que contêm pirita que pode acarretar manchas de ferrugem, cavidades e protuberâncias na superfície dos componentes de concreto (HELENE, 2014, p. 04).

Figura 8 – Bloco de fundação com fissuras e manchas de ferrugem



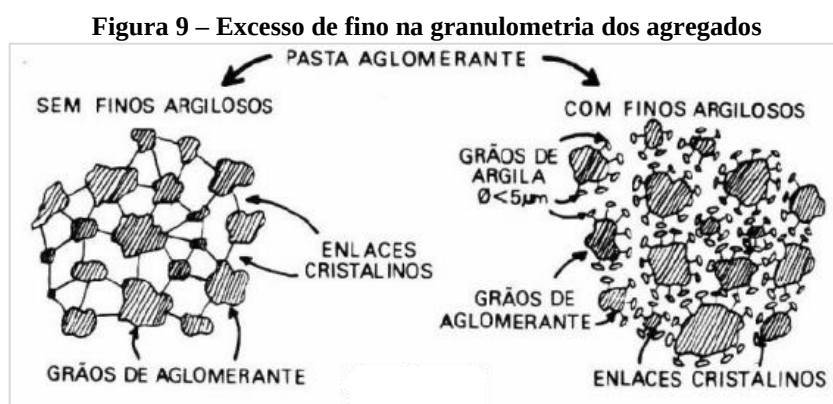
Fonte: Freitas Junior (2013)

As características das reações deletérias nos agregados do concreto podem ser extrínsecas ou intrínsecas. Nas características extrínsecas apresentam-se as incrustações, superfícies intemperizadas, formas indesejáveis e excesso de finos nos agregados. Nas características intrínsecas, tem-se a estrutura porosa indesejável, variações volumétricas, laminação e clivagem e dilatação térmica indesejável (FREITAS JR., 2013). Ainda para o autor,

³ Cimentos inibidores são aqueles cujo teor de álcalis solúveis é baixo ou com adições ativas (escória e pozolana).

⁴ As escórias e pozolanas inibem as reações álcali-sílica e álcali-silicato pela redução do pH do concreto, por meio da redução do teor de portlandita $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ (hidróxido de cálcio) da pasta de cimento endurecida. Por fim, essa redução se dá pela reação da portlandita com essas adições ativas, para formar C-S-H – silicato de cálcio hidratado (VIEIRA, 2018).

o excesso de finos prejudica a trabalhabilidade e a aderência entre a pasta e o agregado, como mostrado na Figura 9.

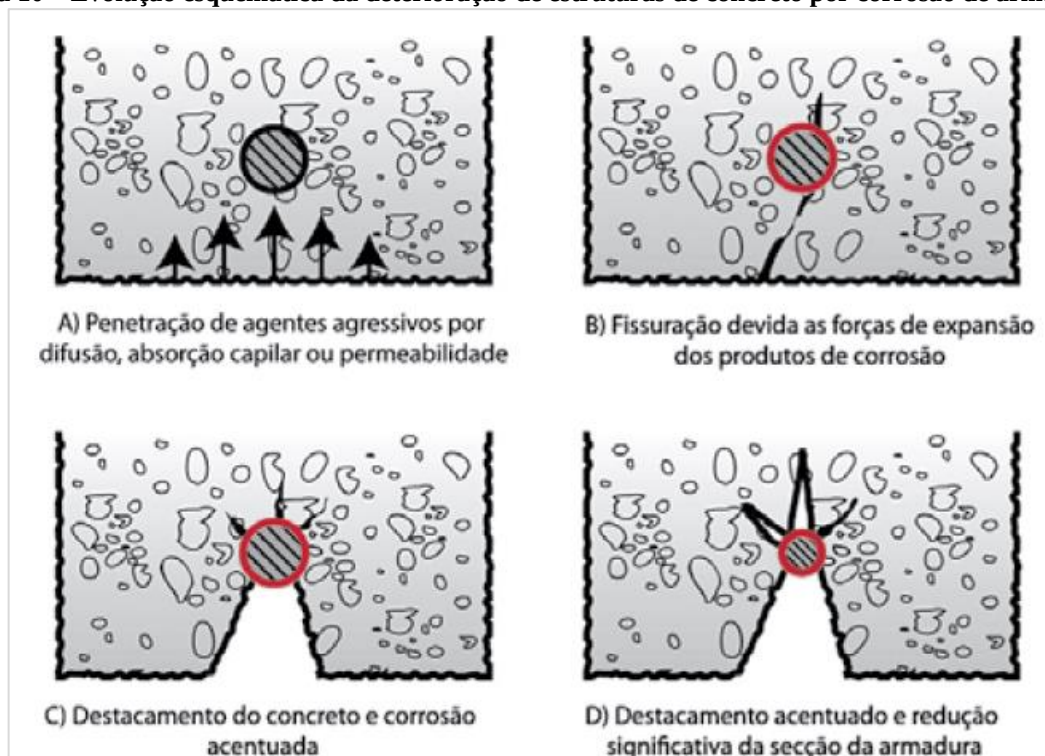


Fonte: Freitas Junior (2013)

2.3.2 Armadura

A taxa de corrosão das armaduras é fortemente influenciada pela permeabilidade do concreto, sendo a penetração de ar e água um fator preponderante na manifestação da corrosão. Os danos ao concreto resultantes da corrosão da armadura se manifestam na forma de expansão, fissuração e eventual lascamento do concreto de cobertura, como mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Evolução esquemática da deterioração de estruturas de concreto por corrosão de armaduras



Fonte: Medeiros *et al.* (2011)

Além da perda do cobrimento, um elemento de concreto armado pode sofrer danos estruturais devido à perda não só de aderência entre o aço e o concreto, como também de área de seção transversal da barra, às vezes a ponto de o colapso estrutural tornar-se inevitável.

2.3.2.1 Carbonatação

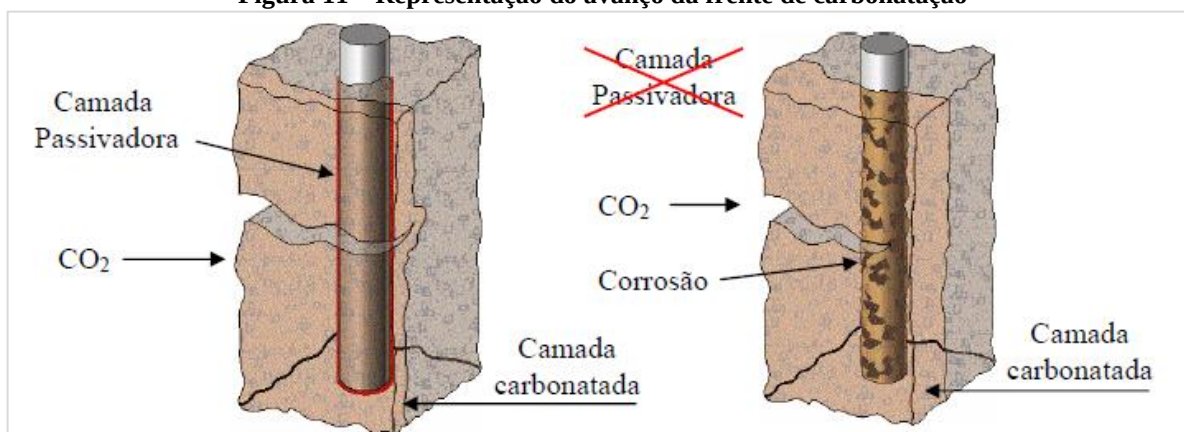
A carbonatação, é causada pela interação entre o gás carbônico presente na atmosfera e com os produtos da hidratação do cimento, formando o ácido carbônico (H_2CO_3).

O fenômeno de carbonatação propriamente dita, não é perceptível a olho nu, não reduz a resistência do concreto e até aumenta sua dureza superficial. A identificação da frente ou profundidade de carbonatação requer ensaios específicos. Ao atingir a armadura, dependendo das condições de umidade ambiente pode promover séria corrosão com aparecimento de manchas, fissuras, destacamentos de pedaços de concreto e até perda da seção resistente e da aderência, promovendo o colapso da estrutura ou de suas partes (HELENE, 2014, p. 04).

A presença de alguns agentes agressivos, principalmente a carbonatação e a presença de cloretos, embora outros mecanismos como por exemplo a ação de águas ácidas, fungos, fuligem, fissuras, reações expansivas com sulfatos e outros também podem atuar. Se a camada de carbonatação atinge a armadura, diminui o pH da solução para valores da ordem de 9, tornando o concreto susceptível ao processo de corrosão (HELENE, 2014)

O CO_2 penetra para o interior do concreto por um mecanismo de difusão. Essa penetração e reação de carbonatação ocorre gradualmente, fazendo com que exista uma camada carbonatada que aumenta a espessura no decorrer do tempo, essa camada é chamada de frente de carbonatação, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Representação do avanço da frente de carbonatação



Fonte: Tula (2000)

Verifica-se que, enquanto o pH da solução dos poros permanecer acima de 11,5, a camada passivadora do aço é considerada estável. Contudo, em condições excepcionais nas quais o pH do concreto é reduzido, como ocorre na carbonatação, a condição de passividade do aço pode ser destruída, propiciando a instauração do processo corrosivo. Mesmo nas circunstâncias onde o pH do concreto se apresente elevado, a camada passivadora pode ser desestabilizada sob o ataque de íons cloreto. Contudo, isso se dá de forma muito mais rápida em meios onde o pH já se encontra abaixo de 12 (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

2.3.2.2 Elevado teor de cloreto

A chegada de íons cloreto à região próxima da armadura não representa, por si só, o início do processo de corrosão. Uma das condições para que esse processo possa se iniciar é que os cloretos cheguem em quantidade suficiente para despassivar a armadura. Essa quantidade é conhecida como limite crítico de cloretos e depende de um número importante de variáveis, as quais estão relacionadas com o meio ambiente, características dos materiais e a interface aço-concreto (MAGALHÃES, 2019). Essas variáveis estão representadas no Quadro 2.

À medida que o concreto perde sua proteção química ou camada passivadora por carbonatação e ataque de cloretos, deixa a armadura exposta as reações de oxidação. A ocorrência do ataque de cloretos concomitantemente com a carbonatação é uma situação muito comum, principalmente nas zonas de respingo em regiões marítimas. Nestes locais os poros não se encontram saturados com água, o que permite a entrada do dióxido de carbono (CO_2) (WANG *et al.*, 2017 apud MAGALHÃES, 2019).

Quadro 2 – Fatores que influenciam o limite crítico de cloretos em % em relação à massa de aglomerantes

Interface com o aço	Fatores relacionados com o concreto		Fatores externos
	Materiais cimentícios	Barreira representada pelo concreto	
a) Vazios/falhas b) Oxidação prévia	a) Quantidade de C_3A b) pH c) Cinza volante d) Escória e) Sílica ativa f) Quantidade de aglomerante	a) Cura b) Relação água/ cimento c) Espessura do recobrimento	a) Quantidade de umidade b) Variações de umidade c) Concentração de oxigênio d) Origem dos íons cloreto e) Tipo de cátion que acompanha o cloreto f) Temperatura

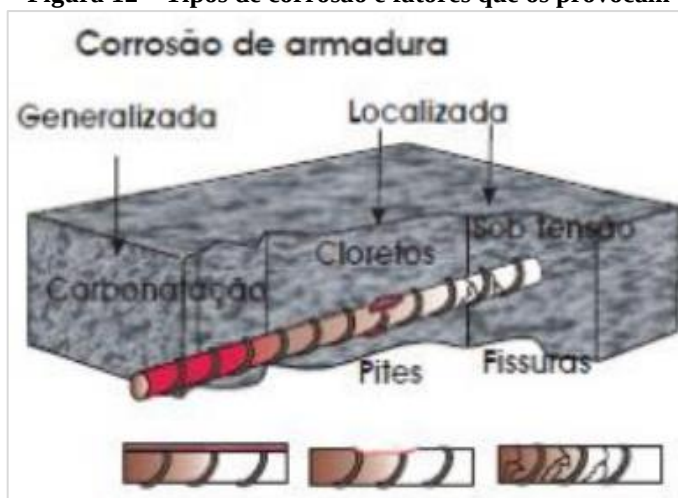
Fonte: Glass e Buenfeld (1997) apud Magalhães (2019)

Os íons cloreto se apresentam de três formas no concreto: quimicamente ligado ao aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), formando cloro-aluminato de cálcio ou sal de Friedel

($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$); adsorvido na superfície dos poros; e sob a forma de íons livres. Apesar da capacidade do concreto de ligar-se quimicamente ou adsorver fisicamente íons cloreto, haverá sempre um estado de equilíbrio entre as três formas de ocorrência desses íons, de modo que sempre existirá um certo teor de Cl- livre na fase líquida do concreto. (RIBEIRO *et al.*, 2014)

Quando o processo corrosivo é estabelecido, este pode manifestar-se de diferentes formas, sendo os casos mais comuns: a corrosão generalizada, típica do processo de carbonatação, e a puntiforme, típica do ataque por cloretos. O primeiro caso, em geral, provoca danos menos graves, pois afeta toda a extensão da armadura. O segundo, por se concentrar em pontos específicos, acaba sendo mais danoso, causando a perda do desempenho estrutural e podendo acarretar uma ruptura frágil, sem aviso, e em seção determinada (MAGALHÃES, 2019).

Figura 12 – Tipos de corrosão e fatores que os provocam



Fonte: Anselmo (2016)

Um trabalho feito em Aracaju demonstra a diferença de concentrações de íons cloreto em relação a proximidade do mar ou em locais propensos a névoa salina desta capital nordestina, mostrado na Tabela 1 (PRATA, 2017).

Tabela 1 – Valores mais agressivos da concentração de cloreto, em mg/L, das estações

Estação	Concentração em mg/L
E1 – UFS	9,756
E2 – SALGADO FILHO	42,85
E3 – JARDINS	20,442
E4 – INÁCIO BARBOSA	5,559
E5 – ATALAIA	621,063
E6 – AEROPORTO	11,751
E7 – ARUANDA	39,20
E8 – MOSQUEIRO	567,963
E9 – MOSQUEIRO	340,676
E10 – MOSQUEIRO	15,30

Fonte: Prata (2017)

2.4 DIAGNÓSTICO DE ANOMALIAS

A investigação das causas de problemas na edificação é algo dinâmico e que pode ser oriundo de uma série de fatores que atuaram em conjunto. Assim, deve ser feita uma análise que “entenda e leve em consideração todo o processo de evolução do caso, pois, assim como o aspecto de uma manifestação pode ser de uma maneira durante uma fase, em outro período pode encontra-se completamente diferente” (TUTIKIAN e PACHECO, 2013, p. 12).

A atividade preliminar de inspeção é a avaliação visual, que se configura basicamente por verificar a presença de manchas provenientes dos produtos da corrosão, analisando a cor dessas manchas, aspectos morfológicos quanto ao tipo de ataque e outras características como som cavo, fissuração, etc. Alguns equipamentos são utilizados para auxiliar nesta avaliação, como lupa, binóculo, espelho, trena, prumo, paquímetro, fissurômetro, máquina fotográfica, lanterna e martelo (MARQUES, 2015).

Existem varia técnicas de inspeção que diferem um pouco umas das outras, e na maioria dos casos elas se complementam, levando a um resultado mais confiável. A atividade mais comum é a abertura de janelas de inspeção, onde é realizada a retirada de uma pequena área de concreto de cobrimento, para analisar visualmente o estado do aço. A dificuldade na execução deste serviço está associada à espessura deste cobrimento, à área da janela e à dureza do concreto (MARQUES, 2015). Na Figura 13 pode-se observar a abertura de uma janela de inspeção para análise de fissura.

Figura 13 – Análise de fissuras



Fonte: Kuratomi (2019)

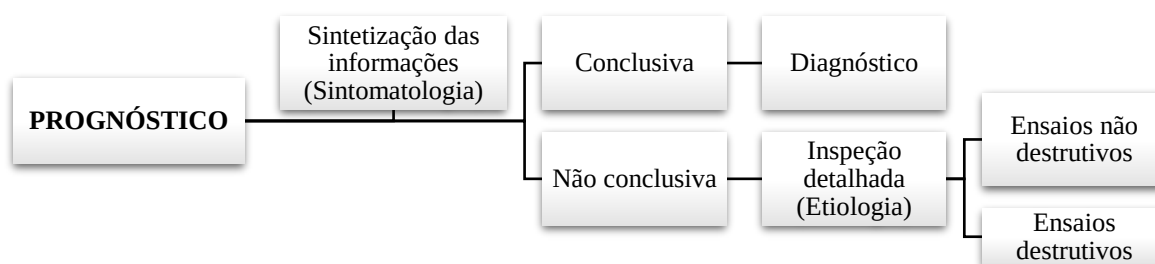
O profissional deve dispor de martelo e ponteira, ou outro equipamento para retirada do concreto de cobertura. Esta técnica é de grande importância para a inspeção visual, pois permitirá que o profissional confirme as suas suspeitas quanto ao grau de deterioração da armadura e possa dar prosseguimento com a investigação, direcionando sua atenção para uma inspeção mais detalhada (MARQUES, 2015).

A inspeção visual, no entanto, apresenta algumas limitações, sendo necessária investigações mais específicas a fim de obter informações mais detalhadas. Para uma análise mais rigorosa do componente estrutural são realizadas extrações de material para análise em laboratório (MARQUES, 2015).

O mais comum é a extração de testemunhos do elemento de concreto, pois com essas amostras é possível realizar uma série de ensaios e assim determinar algumas características importantes. O equipamento responsável pela extração do testemunho de concreto do elemento em estudo é o extrator, como o próprio nome indica, porém em alguns casos só é preciso retirar partículas finas do elemento de concreto, na intenção de determinar o teor de cloretos, e para isso os corpos de prova não são necessários e o uso de furadeira é o mais recomendado (MARQUES, 2015).

Assim, a realização do diagnóstico envolve uma equipe multidisciplinar que irá avaliar os dados e definir um roteiro de intervenção em curto, médio e longo prazo (BOLINA *et al.*, 2019). Esse processo se inicia após a avaliação dos problemas encontrados, como esquematizado na Figura 14.

Figura 14 – Organograma ilustrativo dos tipos de inspeção em uma edificação



Fonte: Bolina *et al.* (2019), adaptado

Para Bolina *et al.* (2019), algumas patologias só são possíveis de serem diagnósticas com embasamento em ensaios técnicos específicos, que irão auxiliar o profissional a interpretar

melhor a situação atual do edifício. Assim, será possível determinar o mecanismo, origem e os agentes causadores dos problemas identificados.

O mecanismo diz respeito à “essência” do problema, ou seja, o fator que explica, de fato, a ocorrência. Tomando como exemplo a corrosão das armaduras, tem-se que o fenômeno por si só não explica por que ele ocorreu uma vez que pode ter sido causado por erro de projeto, execução ou manutenção. O mecanismo pode ser de origem química, biológica, física ou mecânica (BOLINA *et al.*, 2019).

- a) Mecanismo de deterioração química: alteração de cunho químico nos materiais do sistema, deflagrando a alteração em sua aparência ou em seu comportamento mecânico. São oriundos de um agente agressor do meio externo (temperatura, salinidade, umidade, etc) ou do meio interno (matéria prima contaminada);
- b) Mecanismo de deterioração biológica: está ligado a mudanças das propriedades do material base devido à ação de macro ou microrganismos presentes no meio externo, como mostrado na Figura 15;

Figura 15 – Presença de fungos e bolores no guarda-corpo de uma edificação



Fonte: Barbosa *et al.* (2011) *apud* Bolina *et al.* (2019)

- c) Mecanismo de deterioração física: de maneira geral, promovem a alteração volumétrica do material, geralmente causados por processos termo higroscópicos⁵, como no exemplo da Figura 16;

Figura 16 – Fissuras térmicas



Fonte: Bolina *et al.* (2019)

- d) Mecanismo de deterioração mecânica: causado por esforços mecânicos impostos aos elementos, como mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Desplacamento de revestimento cerâmico



Fonte: Bolina *et al.* (2019)

⁵ Variações termo higroscópicas são variações volumétricas causadas pela dilatação térmica do material ou variações higroscópicas promovidas pela absorção e evaporação de água pelos poros da peça (BOLINA *et al.*, 2019)

O agente causador, para Bolina *et al.* (2019), está ligado ao fator que, de fato, é responsável pela patologia, sendo ele de característica intrínseca (origem nos materiais e peças empregados durante a execução) ou extrínsecas (atuação de fora pra dentro, como gás carbônico, sobrecargas, impactos, etc.).

2.5 RECUPERAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Para Helene e Pereira (2003), a fase de recuperação das estruturas, ou intervenção, só deve ser alcançada após não restar dúvida alguma na etapa de diagnóstico, exigindo um projeto levando em consideração a resposta da estrutura até então e a avaliação de como as intervenções irão interferir nos anos seguintes. Assim, tem-se:

A intervenção deverá obrigatoriamente estar ligada a uma fase prévia, que consiste na definição, tão exaustiva quanto possível, da condição ou estado atual da estrutura, contendo um estudo de anomalias, e concluindo com o diagnóstico sobre o fenômeno que deu origem às anomalias, suas causas, prognóstico e um leque de recomendações e propostas de atuação (HELENE e PEREIRA, 2003, p. 156).

Costuma-se estabelecer uma relação de hierarquia entre as intervenções realizadas em elementos estruturais, dependendo do tipo da manifestação patológica, do local e da magnitude, levando em consideração fatores como: alteração do uso da edificação, ampliação, incidência de ações excepcionais, falta ou deficiência de projeto, execução, uso ou manutenção. Sendo as formas mais aceitas, as chamadas 8R, sendo elas a reabilitação, recuperação, reparo, reforço, restauro, reforma, reconstrução e *retrofit* (BOLINA *et al.*, 2019), com os objetivos relacionados no Quadro 3.

Quadro 3 – Tipos de intervenções

Intervenção	Objetivo	
Reabilitação	Trazer à condição original que foi perdida ao longo do tempo.	
Recuperação	Correção de anomalias através de um conjunto de operações e técnicas, podendo ser reparo, reforço ou restauro.	
	Reparo	Correção de danos de elementos que afetam alguma peça integrante de um sistema.
	Reforço	Incrementar a resistência e/ou estabilidade do sistema.
	Restauro	Restabelecer as características originais do ponto de vista de sua concepção histórica.
Reforma	Estabelecer nova forma e condições de uso à edificação, orientada pela NBR 16280.	
Reconstrução	Construir novamente uma edificação obedecendo os projetos originais.	
Retrofit	Modernizar a edificação de forma a estender a sua vida útil.	

Fonte: Bolina *et al.* (2019), adaptado

Antes de se iniciar o processo de intervenção, deve-se levar em consideração alguns aspectos sobre a estrutura, sendo os principais (HELENE e PEREIRA, 2003):

- a) Especificidade da estrutura;

- b) Evitar métodos intuitivos e procedimentos de emergência buscando, sempre que possível, fundamentar cientificamente as escolhas;
- c) Reconhecer que a resposta da estrutura muitas vezes se dá através dos subsistemas solidários a ela;
- d) Utilizando o princípio de Pareto⁶, um número pequeno de causas pode produzir a maior parte dos efeitos;
- e) Uma única causa pode dar lugar a vários efeitos e um efeito pode derivar de várias causas.

Para Souza e Ripper (1998), o projetista responsável pela técnica de intervenção deve informar ao proprietário as opções, se existirem, comparando custos de execução, qualidade final, segurança a ser atingida e previsão de gastos futuros com manutenção. Dentro do custo final da recuperação ou reforço deve estar incluso os cálculos, metodologias, especificação de materiais e trabalhos complementares, como escoramento e montagem de andaimes.

2.5.1 Técnicas de preparo para a intervenção

Nessa seção será abordada a técnica proposta por Souza e Ripper (1998) de preparação dos elementos para a recuperação ou reforço de áreas de superfície exposta de concreto, de forma generalizada, sendo dividida em polimento, lavagens, limpezas especiais, saturação e corte.

2.5.1.1 Polimento

Realizado quando a superfície de concreto se encontra áspera em decorrência de erros executivos, como dosagem equivocada, falta de vibração, utilização de fôrma defeituosa, etc. Tem por objetivo recuperar a textura original do concreto, lisa e sem partículas soltas. Pode ser realizado manualmente ou com auxílio de lixadeiras ou máquinas de polir, como no caso da Figura 18.

⁶ O diagrama de Pareto é um gráfico de colunas que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas, procurando levar a cabo o princípio de Pareto, isto é, há muitos problemas sem importância diante de outros mais graves.

Figura 18 – Polimento de concreto seco

Fonte: Grupo SPP (2020)

2.5.1.2 Lavagens

Pode ser realizada através da aplicação de soluções ácidas, soluções alcalinas ou jato de água. A primeira é utilizada quando há necessidade de remoção de tintas, ferrugens, graxas, carbonatos, resíduos e manchas de cimento. A aplicação deve ser feita em pequenas áreas, de forma progressiva e garantindo que não haja contato com as armaduras. A aplicação de soluções alcalinas é similar à de soluções ácidas, sendo que nesta não há grandes preocupações quanto à proximidade das armaduras.

Já a lavagem com jato de água (Figura 19) é utilizada em limpezas mais simples, sendo geralmente realizado com água fria. Quando a superfície está gordurosa ou com manchas de impregnação química, pode ser utilizado o jato de água quente, adicionando-se removedores biodegradáveis.

Figura 19 – Lavagem do concreto com jato de água

Fonte: Wustenjet (2020)

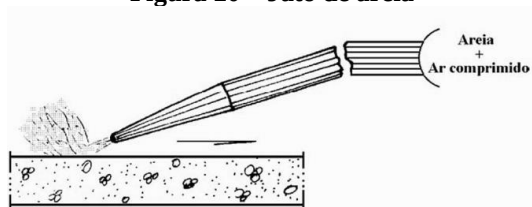
2.5.1.3 Limpezas especiais

A limpeza especial pode ser realizada com jato de vapor, de ar comprimido, de areia, de limalha de aço, com escovação manual ou apicoamento. O jato de vapor é utilizado com finalidade exclusiva de limpeza com objetivo de remover impurezas minerais, orgânicas ou de qualquer outro tipo de que não ofereça resistência, como corrosão de armaduras, por exemplo.

O jato de ar comprimido é um complemento, utilizado apenas quando o jato de água não é suficiente, sendo mais utilizado na limpeza da região após o corte, nas áreas de difícil acesso. Da mesma forma, o jato de areia (Figura 20), também é utilizado após o corte, devendo ser seguido do jato de água fria. O jato de limalha de aço é menos poluente que o de areia, porém não é aconselhado em caso de armaduras expostas, por ser bem mais abrasivo.

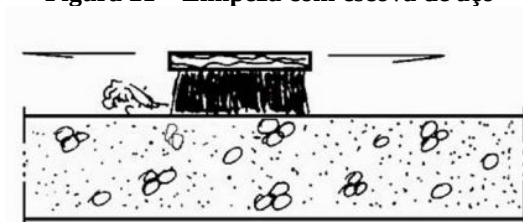
A escavação manual é utilizada apenas em pequenas superfícies onde há poucas evidências de corrosão, sendo realizada com escovas de aço (Figura 21). E, por fim, tem-se o apicoamento, que é o ato de retirar a camada externa do concreto com intuito de potencializar a camada adicional de revestimento, aumentando sua aderência, podendo ser mecânico (Figura 22) ou manual (Figura 23).

Figura 20 – Jato de areia



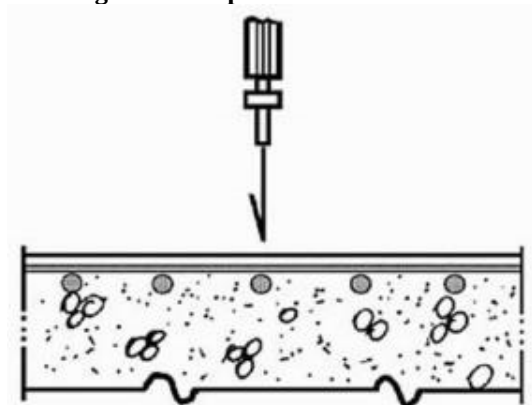
Fonte: Souza e Ripper (1998, p. 111)

Figura 21 – Limpeza com escova de aço



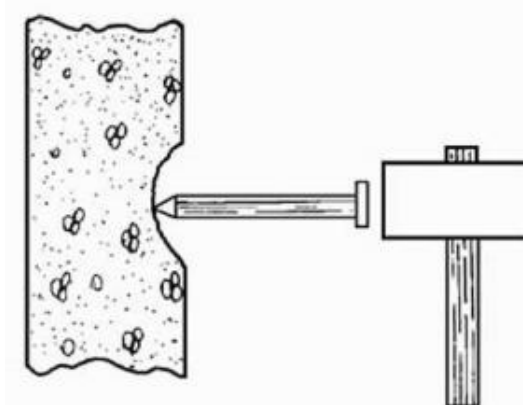
Fonte: Souza e Ripper (1998, p. 113)

Figura 22 – Apicoamento mecânico



Fonte: Souza e Ripper (1998, p. 114)

Figura 23 – Apicoamento manual



Fonte: Souza e Ripper (1998, p. 114)

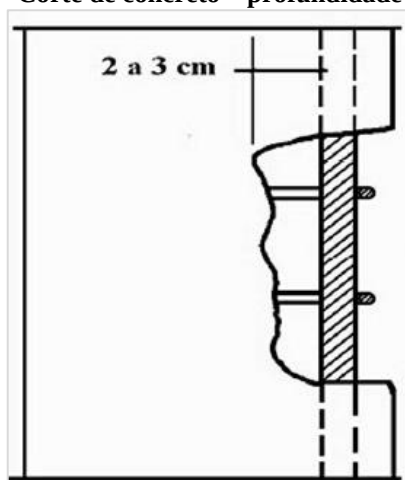
2.5.1.4 Saturação

Utilizado apenas em superfícies que irão receber concreto ou argamassa à base cimentícia, visando melhorar a aderência entre as camadas, devendo deixar a superfície submersa em água por 12 horas.

2.5.1.5 Corte

Diz respeito à “toda e qualquer remoção de concreto que, sem ser apenas uma limpeza superficial – apiloamento – também não chega a ser propriamente uma demolição” (SOUZA e RIPPER, 1998, p. 115). Tem como objetivo a retirada de todos os elementos nocivos à armadura, garantindo não só a remoção do concreto degradado, como também a imersão das barras em meio alcalino, devendo ultrapassar em, no mínimo, 2 cm da barra, como mostrado na Figura 24.

Figura 24 – Corte de concreto – profundidade da remoção



Fonte: Silva e Ripper (1998, p. 115)

2.5.2 Intervenções usuais

Nesta seção serão relatadas as intervenções genéricas, conforme proposto por Helene e Pereira (2003), sendo elas: atuações emergenciais, atuações de prevenção e/ou proteção, reparos, reforços e substituição de armadura.

2.5.2.1 Atuações emergenciais

Realizadas rapidamente para evitar lesões perigosas ao funcionamento do edifício ou em resposta a alguma necessidade urgência de funcionalidade estrutural. Costuma ser de caráter provisório, apenas durante o processo de diagnóstico, projeto de recuperação e execução do reparo. Na

Figura 25 é mostrado um exemplo de uma atuação de emergência, com a aplicação de cintas metálicas aplicados nas paredes para evitar o mecanismo de ruptura das mesmas para o exterior (BALINHA, 2014).

Figura 25 – Aplicação de cintas metálicas



Fonte: Balinha (2014, p. 67)

2.5.2.2 Atuações de prevenção e/ ou proteção

São intervenções realizadas para evitar ou reduzir o avanço da degradação da estrutura, podendo atuar sobre o seu entorno ou no controle periódico de seus elementos críticos.

2.5.2.3 Reparos

Realizada quando a degradação chega a tal ponto que afeta o desempenho do componente estrutural. O tipo de atuação irá depender das características do componente, da geometria e do seu estado de degradação.

2.5.2.4 Reforço

Ocorre quando são identificadas falhas ou insuficiência de fatores que garantam o desempenho estrutural, logo em seu estado original, sendo por falha de projeto (erros de cálculo, por exemplo), ou solicitações não previstas anteriormente.

2.5.2.5 Substituição da armadura

A substituição da armadura costuma ser uma alternativa quando não há possibilidade de execução de reforço, podendo ser realizada eliminando completamente o elemento estrutural e substituindo-o por outro, ou anulando suas funções mecânicas mediante a adoção de novos elementos.

3 METODOLOGIA

3.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Esse trabalho trata-se de um estudo de caso, no qual foi contratada uma empresa especializada em diagnóstico de patologias e recuperação estrutural, para investigar algumas anomalias nos elementos estruturais na garagem e playground do Condomínio X. O objetivo do trabalho foi abordar sistematicamente as causas, o diagnóstico e o processo de recuperação dos elementos estruturais avariados nesse edifício, traçando uma relação entre esses problemas e o processo de manutenção predial, bem como análise das soluções adotadas para diagnosticar e recuperar a estrutura.

O objeto de estudo desse trabalho foi um empreendimento localizado numa zona de alta maritimidade na Avenida Beira Mar, bairro Treze de julho, zona sul de Aracaju. O bairro é limitado a leste pelo rio Sergipe., mostrado na Figura 26.



Fonte: Google Maps (2020)

Este empreendimento é constituído por uma torre de 12 pavimentos com 4 apartamentos por andar, playground e garagem no subsolo. Foi construído em concreto armado utilizando o sistema de vedação convencional com bloco cerâmico, por volta do ano de 1973 tendo 46 anos.

3.2 ANÁLISE DE DADOS

O estudo consiste em três etapas, semelhante a abordagem proposta por Gomide *et al.* (2009), separando cada fase da perícia e manutenção predial. Essa separação permitiu uma melhor condução da pesquisa, já que os serviços seguiram uma ordem lógica e mais intuitiva, iniciando pela vistoria e partindo para serviços de maior complexidade, que são as consultorias.

As patologias nos elementos estruturais, como já estavam em elevado grau de degradação, foram inicialmente notadas por moradores e pelo próprio síndico do edifício, em 2017. Porém, devido a dificuldades financeiras do condomínio, a empresa especializada só foi contratada para prestação dos serviços de diagnóstico e recuperação no ano seguinte, em 2018.

3.2.1 Mapeamento das Patologias

Inicialmente foi realizada a análise sintomatológica, desenvolvida de acordo ao esquema apresentado na Figura 27, através da vistoria, que compreende a inspeção tátil-visual da garagem e do playground do empreendimento.

Figura 27 – Esquematização da fase de Mapeamento das Patologias



Fonte: O Autor (2020)

A vistoria foi iniciada pela garagem, buscando-se identificar em cada elemento estrutural a presença de: fissuras, infiltração, indicativos de corrosão, como som cavo, mudança de coloração no revestimento, e áreas com revestimento deteriorado. O procedimento foi feito

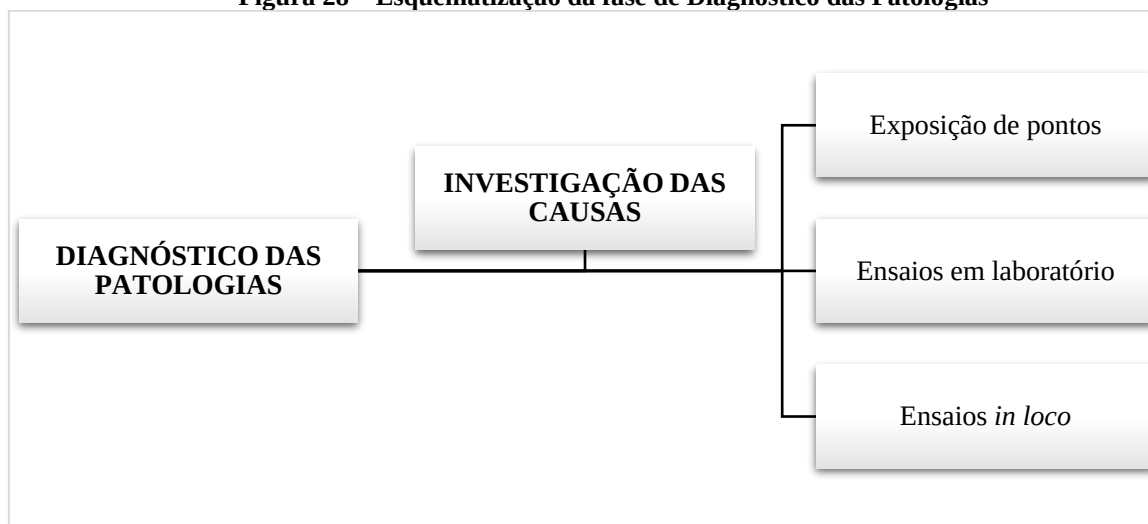
identificando, examinando e marcando cada elemento estrutural com indícios de patologias da seguinte forma:

- a) Inspeção visual e com uso de martelo para ensaio à percussão, identificando áreas com mudança de cor, som cavo, corrosão das armaduras, deslocamento e fissuração do concreto, presença de umidade e estalactites⁷, que são indicativos de infiltração.
- b) Inicialmente, o ponto foi identificado com uma letra correspondente à sua localização, sendo G para garagem e P para playground.
- c) Após a letra, foi acrescentada uma numeração em ordem crescente de identificação dos pontos, a fim de nortear a apresentação dos resultados.

3.2.2 Diagnóstico das Patologias

Após a coleta das informações na fase anterior, iniciou-se a fase de diagnóstico das patologias, onde foram colhidas informações e levantados questionamentos, possibilitando uma melhor caracterização das patologias e suas causas como mostrado no esquema da Figura 28.

Figura 28 – Esquematização da fase de Diagnóstico das Patologias



Fonte: O Autor (2020)

Na prática, com auxílio de um martelete perfuratriz, foram expostos os pontos que apresentavam indícios de corrosão de armaduras, para vistoria e confirmação de suspeitas.

⁷ Estalactites são manchas esbranquiçadas, que assumem a forma de pendentes formados pela ação da água, atravessando as estruturas de concreto, as argamassas dos revestimentos ou de demais elementos de construção que possuem sais solúveis na sua composição química, como o carbonato de cálcio.

Entretanto, a metodologia utilizada pela empresa contratada foi extremamente simples, uma vez que as patologias já apresentavam um alto grau de comprometimento. Seria prudente por parte do condomínio e pela própria empresa contratada, a solicitação e realização de ensaios mais específicos para uma análise mais detalhada dos elementos estruturais, principalmente quanto a presença de corrosão em áreas não detectadas na inspeção visual. Os ensaios recomendados para essa situação são:

- a) Resistividade: o estudo da resistividade elétrica aparente do concreto permite avaliar a facilidade de acesso dos íons Cl^- (cloreto) e CO_3^{2-} (carbonato) antes de iniciado o processo corrosivo e estimar a velocidade desse processo depois de desencadeado. É feito através de equipamento dotado de eletrodos onde se avalia em duas extremidades de uma peça de concreto a sua diferença de potencial.
- b) Potencial de corrosão das armaduras: A medida do potencial de corrosão é utilizada para classificar a probabilidade de corrosão de armaduras do aço carbono imersas em concreto, segundo a ASTM C 876:2015, sendo possível sua aplicação para o monitoramento de estruturas de concreto armado ao longo do tempo.
- c) Análise de profundidade de carbonatação: feito através da aplicação de uma solução contendo fenolftaleína e álcool etílico no concreto em diferentes profundidades, é realizado através de um furo no concreto, sendo que a parte carbonatada permanece incolor, indicando um pH inferior a 8,3, ou seja, presença de carbonatação e quando a cor se altera para rosa ou vermelho-carmim indica valores de pH acima 8,3, portanto ausência de carbonatação.
- d) Teor de íons de cloreto: por se tratar de uma região de alta salinidade, a verificação da presença de cloreto no concreto se faz necessária pois é um importante indicador da presença de corrosão, mesmo em áreas ainda não degradadas. É feito retirando-se pequenas amostras de concreto que após moídas e tratados com nitrato de prata (AgNO_3) e ácido nítrico (HNO_3) fornecem os valores de cloretos livres e cloretos totais, respectivamente.

Deveriam ter sido feitos ensaios de resistência a compressão através da extração de testemunhos, principalmente nas áreas expostas a ambiente agressivo e as zonas com sinais visíveis de corrosão, zonas de máximo trabalho mecânico e áreas abertas expostas ao vento e ao sol.

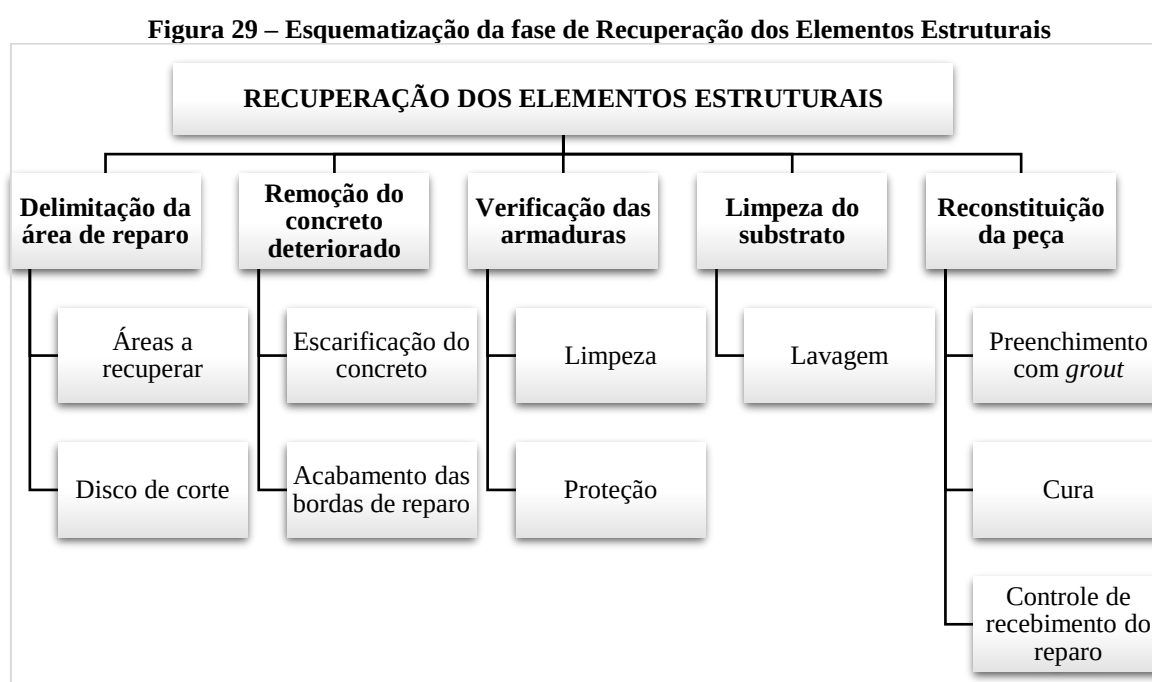
Em alguns elementos, como as vigas, no momento da escarificação percebeu-se deformações visíveis e foram logo escoradas, evidenciando uma perda de resistência mecânica,

o que leva mais uma vez a necessidade de mensuração dessas perdas nas propriedades mecânicas.

3.2.3 Recuperação de Elementos Estruturais

A última etapa foi a recuperação dos elementos estruturais, na qual a empresa propôs ao condomínio as intervenções necessárias para solucionar os problemas apresentados, sendo a etapa mais detalhada desse procedimento, como mostrado na

Figura 29.



Fonte: O Autor (2020)

Nessa etapa, a empresa contratada buscou junto à construtora os antigos projetos estruturais a fim de melhor localizar e mapear todos os elementos que compunha a garagem e o playground, além de ter informações sobre as resistências mecânicas de projeto. No entanto, esse projeto não estava digitalizado e não foi possível essa verificação. Com base nessa escassez de informações, seria recomendável uma avaliação mais rigorosa das propriedades mecânicas dos elementos degradados, além de ser imprescindível um projeto de recuperação, o que não foi feito.

A definição das áreas a serem reparadas foi feita com base nas marcações da fase de Mapeamento das Patologias, servindo para evitar cortes desnecessários e prejudiciais à estrutura. Em seguida, foi realizada a remoção do concreto deteriorado, cujo objetivo é eliminar

todo o material comprometido. A verificação das armaduras foi feita posteriormente, analisando se há necessidade de remoção, substituição ou apenas a limpeza das barras de aço.

Foi necessário realizar a lavagem do substrato para evitar que ficassem restos de materiais. Por fim, foi realizada a reconstituição da peça, que consistiu no lançamento do *grout*, cura e verificação da peça recuperada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 MAPEAMENTO DAS PATOLOGIAS

Como dito anteriormente, em todos os pontos onde foram identificados indícios de corrosão de armaduras, foi realizada a escarificação do elemento, com auxílio do martelo perfuratriz, para confirmar se, de fato, existia a patologia. Nos casos afirmativos, os pontos foram nomeados em ordem crescente, junto a inicial do seu local de origem, sendo P para o playground e G para a garagem.

Diversos pontos que necessitavam de intervenção para recuperação da estrutura foram facilmente detectados, devido ao alto grau de degradação dos elementos. Fenômenos como mudança de cor, corrosão das armaduras, deslocamento e fissuração do concreto, entre outras, se mostraram presentes em grande parte das áreas vistoriadas. A fim de explicitar de forma fidedigna o cenário encontrado, serão apresentados aqui os pontos mais graves conforme o tipo de elemento estrutural, sendo eles: vigas, pilares e lajes.

No total foram identificados 96 pontos com diversas patologias, sendo que apenas dois deles estavam localizados no playground. A incidência entre os elementos estruturais foram praticamente as mesmas, mostrado na Tabela 2, sendo as lajes com 31,25%, os pilares com 32,29% e as vigas com 34,38%. A incidência de patologias na piscina foi de 2,08%, porém não serão tratadas nesse trabalho por terem origens distintas das patologias nos elementos estruturais.

Tabela 2 – Incidência de patologias nos elementos estruturais

ELEMENTO ESTRUTURAL	PONTOS ENCONTRADOS	INCIDÊNCIA
Laje	30	31,25%
Pilar	31	32,29%
Piscina	2	2,08%
Viga	33	34,38%
Total Geral	96	100,00%

Fonte: O Autor (2020)

Alguns dos pontos apresentaram mais de um tipo de patologia. Assim, dos 96 pontos marcados, foram catalogados 132 problemas, sendo 59 nas armaduras (44,70%), 61 no concreto (46,21%) e 12 de influência indireta (9,09%), mostrado na Tabela 3. A única patologia encontrada e tomada como de influência indireta nas estruturas foram as infiltrações, afetando as lajes e vigas.

Tabela 3 – Patologias identificadas por elemento estrutural

PATOLOGIAS IDENTIFICADAS	ELEMENTO ESTRUTURAL			Total Geral	INCIDÊNCIA NAS ESTRUTURAS
	Armadura	Concreto	Influência indireta		
Laje	15	22	9	46	34,85%
Viga	23	20	3	46	34,85%
Pilar	21	17		38	28,79%
Piscina		2		2	1,52%
Total Geral	59	61	12	132	100,00%
INCIDÊNCIA DAS PATOLOGIAS	44,70%	46,21%	9,09%	100,00%	

Fonte: O Autor (2020)

4.1.1 Vigas

Tanto no G1 (Figura 30) quanto no G4 (Figura 31) foram identificadas deposição de ferrugem sobre as armaduras, mudança de cor e perda de seção nos estribos.

Figura 30 – Vigas da garagem – Ponto G1



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 31 – Vigas da garagem – Ponto G4



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

No G13 (Figura 32) foi encontrado indícios de corrosão das armaduras, fissuração e segregação do concreto. O G18 (Figura 33), além de também apresentar indícios de corrosão e fissuras, foi identificado o recobrimento insuficiente das seções. Também foi possível perceber que em algumas vigas não possuíam estribos, como na Figura 33, entretanto esse fato não foi apontado pela empresa contratada em seu relatório final, nem passado para a administração do condomínio.

Figura 32 – Vigas da garagem – Ponto G13



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 33 – Vigas da garagem – Ponto G18



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Pode-se perceber na

Tabela 4 que a maior parte dos problemas encontrados estão ligados a amadura, sendo este elemento responsável por 50% das patologias nas vigas (26 casos), enquanto o concreto representou 43,48% dos casos (20) e de influência indireta, 6,52% (3 casos).

Tabela 4 – Distribuição das patologias nas vigas – análise por elemento da estrutura

PATOLOGIA POR ELEMENTO	CONTAGEM NO ID	INCIDÊNCIA
Viga		
Armadura	23	50,00%
Concreto	20	43,48%
Influência indireta	3	6,52%
Total Geral	46	100,00%

Fonte: O Autor (2020)

Quanto às patologias encontradas, a relação é exposta na Tabela 5. Os problemas com maiores incidências foram: incidência de corrosão na armadura, aparecendo em 9 pontos, representando 19,57% do total, e a fissuração do concreto, que apareceu em 8 pontos distintos e representando 17,39% do total. Em seguida, tem-se a segregação do concreto, a perda de seção dos estribos e a deposição de ferrugem nas armaduras, todos com 10,87% de incidência. Seguido por mudança de cor na armadura e recobrimento insuficiente, com 8,70% de incidência cada um, e deslocamento e infiltração, com 6,52% cada um.

Tabela 5 – Patologias encontradas nas vigas

PATOLOGIAS NAS VIGAS	CONTAGEM NO ID	INCIDÊNCIA
Indícios de corrosão da armadura	9	19,57%
Fissuração do concreto	8	17,39%
Segregação do concreto	5	10,87%
Perda de seção dos estribos	5	10,87%
Deposição de ferrugem nas armaduras	5	10,87%
Mudança de cor da armadura	4	8,70%
Recobrimento insuficiente	4	8,70%
Desplacamento	3	6,52%
Infiltração	3	6,52%
Total Geral	46	100,00%

Fonte: O Autor (2020)

Destaca-se aqui que os itens mudança de cor na armadura, indícios de corrosão e deposição de ferrugem estão relacionados à mesma patologia: corrosão na armadura. Entretanto, essas terminologias foram adotadas pela empresa contratada para diferenciar os diferentes estágios, sendo a mudança de cor o início do processo de corrosão, indícios de corrosão a etapa intermediária e a deposição de ferrugem, o estágio consolidado da patologia.

4.1.2 Pilares

Tanto o G2 (Figura 34) quanto o G3 (Figura 35) apresentaram deslocamento do concreto, indícios de corrosão e mudança de cor nas armaduras.

Figura 34 – Pilares da garagem – Ponto G2



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 35 – Pilares da garagem – Ponto G3



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

No G5 (Figura 36) foram encontrados indícios de corrosão das armaduras, fissuração e segregação do concreto. O G12 (Figura 37), além de também apresentar indícios de corrosão e fissuras, foi identificado o recobrimento insuficiente das seções.

Figura 36 – Pilares da garagem – Ponto G5



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 37 – Pilares da garagem – Ponto G12



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Tanto no P1 (Figura 38), quanto no P2 (Figura 39), foram identificadas fissuras no concreto.

Figura 38 – Pilares do Playground – Ponto P1



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 39 – Pilares do Playground – Ponto P2



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Já nos pilares não foram encontrados problemas de influência indireta, como mostrado na Tabela 6. As patologias estão relacionadas apenas a armadura, em 21 pontos (55,26%) e ao concreto, em 17 pontos (44,74%).

Tabela 6 – Distribuição das patologias nos pilares – análise por elemento da estrutura

PATOLOGIA POR ELEMENTO	CONTAGEM NO ID	INCIDÊNCIA
Pilar		
Armadura	21	55,26%
Concreto	17	44,74%
Total Geral	38	100,00%

Fonte: O Autor (2020)

O problema com maior incidência nos pilares foram indícios de corrosão nas amaduras, aparecendo em 11 casos, representando 28,95% do total, como mostrado na Tabela 7. Seguido encontrou-se a mudança de cor da armadura e a fissuração do concreto, ambos encontrados em 10 pontos, representando 26,32% cada, e o deslocamento, encontrado em 7 pontos, representando 18,42% do total.

Tabela 7 – Patologias encontradas nos pilares

PATOLOGIA NOS PILARES	CONTAGEM NO ID	INCIDÊNCIA
Indícios de corrosão da armadura	11	28,95%
Mudança de cor da armadura	10	26,32%
Fissuração do concreto	10	26,32%
Deslocamento	7	18,42%

Total Geral	38	100,00%
--------------------	-----------	----------------

Fonte: O Autor (2020)

4.1.3 Lajes

No G37 (Figura 40) foi encontrada fissuração do concreto, indícios de corrosão e mudança de cor nas armaduras. No G53 e G54 (Figura 41), além da fissuração, também foram identificadas manchas, indicando possíveis infiltrações e corrosão da armadura.

No G35 (Figura 42) e no G73 (Figura 43) foram identificadas armaduras expostas, indícios de corrosão, recobrimento insuficiente, estalactites e fissuração do concreto na região em que foram colocadas calhas para conter a infiltração.

Figura 40 – Lajes da Garagem – Ponto G37



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 41 – Lajes da Garagem – Pontos G53 e G54



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 42 – Lajes da Garagem – Ponto G35

Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 43 – Lajes da Garagem – Ponto G73

Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

O G89 (Figura 44) e o G94 (Figura 45) apresentavam fissuração do concreto, armadura exposta com indícios de corrosão e sinais de infiltração.

Figura 44 – Lajes da Garagem – Ponto G89

Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 45 – Lajes da Garagem – Ponto G94

Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Em suma, nas lajes, as patologias apresentaram-se quase que igualmente distribuídas, sendo 15 casos nas armaduras (32,61%), 22 casos no concreto (47,83%) e 9 casos influência indireta (19,57%), como mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 – Distribuição das patologias nas lajes – Análise por elemento da estrutura

PATOLOGIA POR ELEMENTO	CONTAGEM NO ID	INCIDÊNCIA
Laje		
Armadura	15	32,61%
Concreto	22	47,83%
Influência indireta	9	19,57%
Total Geral	46	100,00%

Fonte: O Autor (2020)

Quanto às patologias encontradas, a relação é exposta na Tabela 9. Os problemas com maiores incidências foram: incidência de corrosão na armadura, aparecendo em 10 pontos, representando 21,74% do total, fissuração do concreto e infiltrações, que apareceram em 9 pontos distintos, representando 19,57% do total. Em seguida tem-se o deslocamento em 7 casos (15,22%), seguido de recobrimento insuficiente e mudança de cor na armadura, em 5 casos e representando 10,87% do total, cada. Por fim, tem-se as estalactites, presentes em apenas um ponto, representando 2,17% do total.

Tabela 9 – Patologias encontradas nas lajes

PATOLOGIA NAS LAJES	CONTAGEM NO ID	INCIDÊNCIA
Indícios de corrosão da armadura	10	21,74%
Fissuração do concreto	9	19,57%
Infiltração	9	19,57%
Desplacamento	7	15,22%
Recobrimento insuficiente	5	10,87%
Mudança de cor da armadura	5	10,87%
Estalactites	1	2,17%
Total Geral	46	100,00%

Fonte: O Autor (2020)

4.2 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

Na

Tabela 10 estão relacionadas todas as 132 patologias encontradas nos 96 pontos distribuídos na garagem e no playground do edifício.

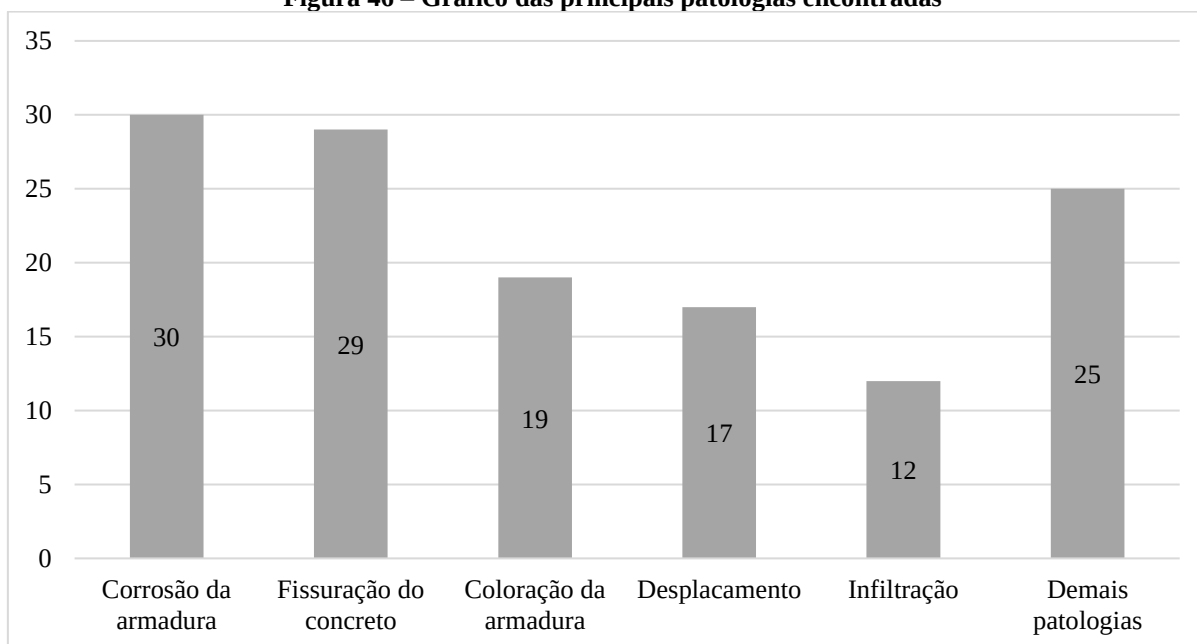
Tabela 10 – Contagem total das patologias

PATOLOGIAS ENCONTRADAS	CONTAGEM NO ID	INCIDÊNCIA
Indícios de corrosão da armadura	30	22,73%
Fissuração do concreto	29	21,97%
Mudança de cor da armadura	19	14,39%
Desplacamento	17	12,88%
Infiltração	12	9,09%
Recobrimento insuficiente	9	6,82%
Segregação do concreto	5	3,79%
Deposição de ferrugem nas armaduras	5	3,79%
Perda de seção dos estribos	5	3,79%
Estalactites	1	0,76%
Total Geral	132	100,00%

Fonte: O Autor (2020)

A Figura 46 destaca as cinco principais patologias encontradas. Pode-se perceber mais uma vez que tanto o concreto quanto a armadura são os elementos mais comprometidos nesse edifício.

A fissuração do concreto, a corrosão da armadura, o deslocamento e a infiltração estão ligadas entre si. Pode-se dizer que o processo se inicia com a fissuração e infiltração, evoluindo para a corrosão da armadura e, posteriormente, à medida que há ganho de volume na armadura devido a presença dos óxidos de ferro, o deslocamento.

Figura 46 – Gráfico das principais patologias encontradas

Fonte: O Autor (2020)

É importante destacar que agressividade ambiental está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto. O fator ambiental é fundamental nas considerações de projeto da estrutura. O edifício em estudo foi construído nos anos 70 e as recomendações e normas eram diferentes e defasadas em relação às atuais. No decorrer da inspeção visual, ficou evidente que o cobrimento era insuficiente para os parâmetros da agressividade ambiental da região, como mostrado na Tabela 11 e na Tabela 12.

Tabela 11 – Classe de agressividade ambiental

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

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

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

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

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2017)

Tabela 12 – Correspondência entre classes de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c=10\text{mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje ²	20	25	35	45
	Viga/ Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹	Todos	30	35	45	55

1) Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

2) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.

3) Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal maior ou igual 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2017)

O condomínio optou por não realizar os ensaios de diagnóstico dessas patologias, pulando para a etapa de recuperação das estruturas. É importante destacar que a realização de ensaios nas estruturas, tanto os não-destrutivos⁸ quanto os destrutivos⁹, possibilita uma tomada de decisões mais adequada na recuperação dos elementos estruturais, uma vez que é possível determinar as características da estrutura, bem como o seu estado de conservação.

Devido às medidas de isolamento social impostas pela pandemia da Covid-19¹⁰, não foi possível a realização destes ensaios no laboratório da presente instituição de ensino ou de parceiros, ficando como sugestão de trabalhos futuros a execução dos ensaios aqui propostos.

No entanto, do item 4.2.1 ao item 4.2.5 estão descritos os procedimentos de operação de alguns dos mais relevantes equipamentos de ensaios não destrutivos utilizados em estruturas de concreto armado.

4.2.1 Detecção Magnética de Armaduras

O primeiro ensaio que deveria ter sido realizado seria o de Detecção Magnética de Armaduras, também conhecido como pacometria. Ele é do tipo não-destrutivo e consiste em mapear através de um aparelho eletrônico, o pacômetro, a armadura da estrutura. O

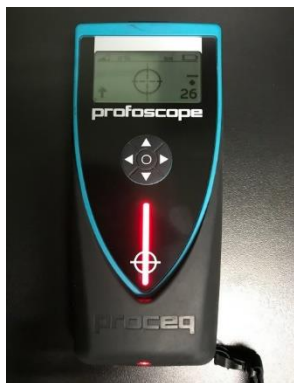
⁸ Os ensaios não-destrutivos (END ou NDT), permitem a coleta de informações como tamanho, profundidade, localização e estado da armadura, causando pouco ou nenhum prejuízo ao elemento estrutural.

⁹ Os ensaios destrutivos retiram amostras da estrutura para avaliação da resistência mecânica do elemento analisado, auxiliando na determinação antecipada da necessidade de manutenções corretivas.

¹⁰ O isolamento social devido à pandemia do Covid-19 foi decretado pelo governo do estado de Sergipe no dia 16 de março de 2020, interrompendo as atividades educacionais em todas as instituições de ensino, públicas e privadas. Até o presente momento, novembro de 2020, ainda estão impedidas as aulas presenciais.

procedimento básico é percorrer na vertical (Figura 48), ou na horizontal (Figura 49), a superfície da estrutura com o aparelho, que emitirá um alerta sonoro ao encontrar as barras de aço, determinando o espaçamento entre elas além do cobrimento e do diâmetro.

Figura 47 – Pacômetro



Fonte: PI Engenharia (2020)

Figura 48 – Utilização do pacômetro



Fonte: PI Engenharia (2020)

Figura 49 – Utilização do pacômetro



Fonte: PI Engenharia (2020)

4.2.2 Resistividade Elétrica

O ensaio de resistividade elétrica é do tipo não-destrutivo, o qual tem a finalidade de avaliar se existe no concreto uma pré-disposição à formação do processo de corrosão das armaduras. A resistividade pode ser obtida através do Método de Wernner (

Figura 50), ou método dos quatro eletrodos, geralmente são utilizados sensores que são aproximados da superfície do concreto e assim determinados os valores de resistividade (Figura 51).

Figura 50 – Método Wernner



Fonte: PI Engenharia (2020)

Figura 51 – Determinação da resistividade elétrica



Fonte: PI Engenharia (2020)

4.2.3 Potencial de Corrosão das Armaduras

A medida do Potencial de Corrosão da armadura consiste no registro da diferença de voltagem entre a armadura e um eletrodo de referência, que é colocado em contato com a superfície do concreto, mostrado na Figura 52. A ASTM C-876 (2015) apresenta uma correlação entre intervalos de diferença de potencial, em relação a um eletrodo de referência de $\text{Cu}/\text{SO}_4\text{Cu}$, e a probabilidade de ocorrência de corrosão (Figura 53).

Figura 52 – Contato com a superfície de concreto para determinar o potencial de corrosão



Fonte: PI Engenharia (2020)

Figura 53 – Determinação da diferença de voltagem



Fonte: PI Engenharia (2020)

4.2.4 Profundidade de Carbonatação

É feito um furo com profundidade aproximada de 2 cm, utilizando uma furadeira de impacto com broca (Figura 54), coleta-se a maior parte do pó gerado no processo, o restante é removido com um pincel de cerdas macias (Figura 55).

Após a limpeza do furo, é aspergida a solução de fenolftaleína (Figura 56) e verificada a espessura carbonatada. A parte carbonatada permanece incolor, indicando um pH inferior a 8,3, ou seja, presença de carbonatação, e quando a cor se altera para rosa ou vermelho-carmim indica valores de pH acima 8,3, portanto ausência de carbonatação.

Figura 54 – Determinação da profundidade de carbonatação



Fonte: Farias e Silva (2019)

Figura 55 – Determinação da profundidade de carbonatação



Fonte: Farias e Silva (2019)

Figura 56 – Determinação da profundidade de carbonatação



Fonte: Farias e Silva (2019)

Figura 57 – Determinação da profundidade de carbonatação



Fonte: Farias e Silva (2019)

4.2.5 Teor de Íons de Cloreto

Os métodos envolvem basicamente técnicas analíticas clássicas, por via úmida, como a gravimetria, a titulometria, a potenciometria e métodos microanalíticos, como a cromatografia de íons. No entanto, a solução contendo o cloreto é bastante concentrada por conter todos os produtos de hidratação do cimento solubilizados e que devem necessitar de estudo específico para aplicação no concreto.

O método gravimétrico aplicado ao cloreto consiste em pesar a quantidade de cloreto de prata precipitado da solução de cloreto. Esse método não é adequado para baixos teores de cloreto como o que ocorre no concreto, e também por estar presente em uma solução concentrada em relação a outros íons que impurificariam o precipitado formado.

A titulometria, antigamente conhecida como análise volumétrica, refere-se à análise quantitativa executada através da determinação do volume de uma solução, cuja concentração é conhecida, requerida para reagir quantitativamente com a solução da substância a ser determinada. Denomina-se solução padrão, a solução cuja concentração é conhecida com exatidão. Esta solução é geralmente adicionada com uma bureta graduada e o ponto onde precisamente ocorre a terminação da titulação chama-se ponto de equivalência ou ponto final teórico. A conclusão da titulação é visualizada com a utilização de uma outra substância conhecida como indicador. O ponto final da titulação é aquele no qual o indicador produz uma mudança visual na solução que está sendo titulada.

A titulação potenciométrica é o método adotado pela ASTM para a determinação de cloreto total em concreto, segundo a norma ASTM C 1152 (1999), e do cloreto solúvel em água, para cimento, mas também aplicável para concreto, segundo a norma ASTM C 114 (1999). Cita-se a publicação recente de KAYALI & ZHU (2000), de aplicação desses métodos em trabalho sobre medidas de corrosão em 3 tipos de concreto armado expostos a solução de cloretos, cuja confiabilidade foi confirmada por ensaios de referência com amostras de concreto preparados com teor conhecido de cloreto.

4.3 RECUPERAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Como mostrado na

Figura 29, na seção 3.2.1, a fase de recuperação das estruturas foi seccionada em cinco etapas, sendo elas: a delimitação da área de reparo, remoção do concreto deteriorado, verificação das armaduras, limpeza do substrato e, por fim, a reconstituição das peças.

Porém vale uma ressalva a respeito do projeto de recuperação que deveria ter sido elaborado pela empresa contratada. Para a aplicação das técnicas de recuperação e reforço são necessários cuidados mais minuciosos em relação às fases de projeto e execução.

O projeto de recuperação precisa ser mais bem detalhado, com indicação clara de cobrimentos, espaçamentos entre as barras, sistemas de ancoragem e emendas, ângulos de dobragem e curvatura. Durante a execução, deve-se ter cuidado com a limpeza das barras, a realização das ancoragens, a remoção de áreas contaminadas, colagem, dentre outras. Qualquer modificação nos procedimentos deve constar no documento de procedimento executivo.

4.3.1 Delimitação da Área de Reparo

A delimitação da área de reparo compreende na marcação de todas as áreas que devem ser recuperadas, com base nas marcações da fase de Mapeamento das Patologias, servindo para evitar cortes desnecessários e prejudiciais à estrutura.

Nessa etapa foram realizadas duas verificações, a área a recuperar e as delimitações do disco de corte. Na primeira foi feita uma análise de todos os 132 pontos encontrados, verificando que todos estavam aptos à recuperação. Além destes, foram marcadas também as áreas com materiais soltos e nichos de concretagem.

A delimitação da área de corte foi feita de maneira que todas as bordas demarcadas ficassem com ângulos de 90°, facilitando o manuseio do equipamento, como mostrado na

Figura 58. Além disso, foi instruído que nenhum dos cortes atingisse a armadura.

Figura 58 – Delimitação da área de corte



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

4.3.2 Remoção do Concreto Deteriorado

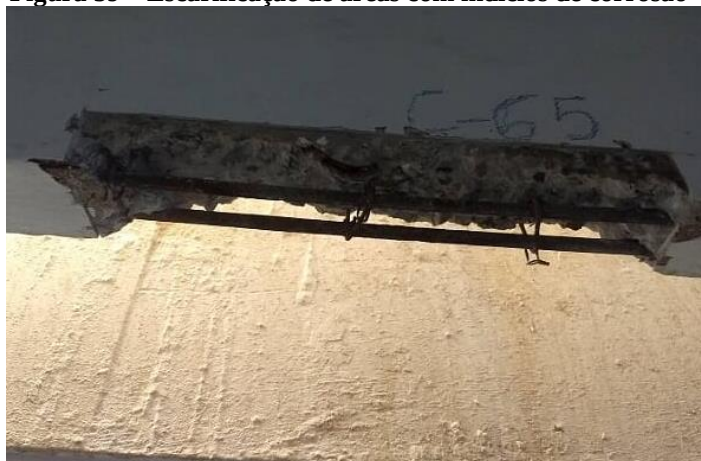
A fase de remoção do concreto deteriorado teve por objetivo eliminar todo o material de baixa resistência, sendo também seccionado em duas etapas: a escarificação do concreto e o acabamento das bordas de reparo.

Na primeira etapa, foi utilizado um marteleto eletromecânico de 10 kg e potência de 1.500W. Além da área atingida pelo corte, também foi eliminado todo o material ao redor das armaduras que apresentavam sinais de corrosão, em um espaçamento que, no mínimo, fosse possível colocar as mãos por trás da armadura. Conforme o procedimento executivo da empresa, foram tomados também os seguintes cuidados:

- Nos pontos onde foram encontrados indícios de corrosão das armaduras, além da área afetada, foi acrescido 10 cm em todas as faces, visando minimizar o retorno da patologia (Figura 59);
- No caso de pilares, a escarificação foi realizada de forma a descobrir no máximo dois espaçamentos entre estribos. Além disso, o corte deve comprometer apenas 20% da seção transversal (Figura 60).

Após a escarificação, segue-se para o acabamento das bordas de reparo, que consiste na retirada de rebarbas que restaram do processo anterior, realizado de maneira cuidadosa pelo profissional, de maneira a garantir a qualidade da obra e que as bordas do reparo fiquem em ângulo agudo (Figura 61). Caso a escarificação ultrapasse a área delimitada de corte, a borda deverá ser refeita com disco de corte e escarificação manual.

Figura 59 – Escarificação de áreas com indícios de corrosão



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 60 – Escarificação em pilares



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 61 – Acabamento das bordas de reparo



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

4.3.3 Verificação das Armaduras

A verificação das armaduras foi feita posteriormente, analisando se há necessidade de remoção, substituição ou apenas a limpeza das barras de aço.

Em todas as barras com indícios de corrosão foi realizada a limpeza manual com escovas de aço. Esse procedimento também pode ser realizado mecanicamente, com escova de aço acoplada em uma furadeira, entretanto, esse método não foi utilizado em nenhum dos pontos. Depois de limpas, foi verificada a seção das barras com um paquímetro, afim de verificar a perda pós escovação. Caso as barras tenham perdido mais de 15% de sua área original deve ser realizada a substituição da armadura, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) nos itens 9.5.3 e 9.5.4, por transpasse ou por solda. Houve substituição de armadura em todos os pontos onde já havia sido identificado perda de seção, mostrado na Figura 62.

Figura 62 – Viga com armadura reconstituída



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

A proteção das armaduras foi realizada com um primer específico, da marca Vedacit, o ARMATEC ZN. Este, é um produto anticorrosivo, elaborado à base de resina sintética com cromato de zinco. A especificação do produto encontra-se nos Anexos 01 deste trabalho. Após a aplicação, a armadura fica com uma coloração avermelhada, como mostrado na Figura 63.

Figura 63 – Armadura com a proteção anticorrosiva



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

4.3.4 Lavagem do Substrato

Essa etapa consiste na lavagem pela aplicação de jato de água potável sobre a superfície do concreto escarificado e das armaduras lixadas para remover resíduos, poeira, partículas soltas, contaminantes, etc.

4.3.5 Reconstituição da Peça

Por fim, foi realizada a reconstituição da peça, que consistiu em quatro etapas: substituição das armaduras com perda de seção, o preenchimento com *grout*, a cura e o controle de recebimento do reparo.

O passo inicial foi a execução de formas estanques, que acompanhassem o formato das peças estruturais a serem recuperadas, como mostrado na Figura 64. Na recuperação de elementos estruturais não é permitido o uso de vibradores de parede ou de imersão. Portanto, foi utilizado o *grout* da marca Vedacit (Anexo 02), por ter característica autonivelante (Figura 65). Este, é um produto monocomponente à base de cimento e aditivos especiais que, quando misturado com a quantidade correta de água, resulta em uma massa fluída para grauteamento,

com espessuras de até 60 mm, sendo um produto de alta resistência, pronto para uso e de fácil aplicação. Durante a execução dessa etapa, deverão ser observados os seguintes aspectos:

- Lançar o *grout* em até 30 minutos após o umedecimento do substrato;
- Eventuais interrupções no lançamento não deverão superar os 10 minutos;
- O processo deverá durar no máximo 20 minutos para garantir a fluidez do *grout*.

Figura 64 – Execução de fôrmas



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 65 – Aplicação de *grout*



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Em alguns pontos foram observadas pequenas falhas de preenchimento com *grout* nas regiões de reparo. Faz-se o seu complemento pelo emprego de argamassa polimérica de base cimento, como mostrado na Figura 66. A área reparada deve ficar livre de imperfeições, como mostrado na Figura 67.

Figura 66 – Regularização com argamassa polimérica



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

Figura 67 – Elemento recuperado



Fonte: Fornecido pela empresa (2020)

O início da cura é imediatamente após a aplicação do *grout*. O procedimento executivo da empresa estabelece que, após 24 horas, deve ser realizada a retirada das fôrmas e posterior regularização das superfícies, aplicando-se golpes com ponteiro e talhadeira, de baixo pra cima, para retirar pequenas saliências.

Após 7 dias da execução do reparo, deve-se verificar, por percussão de “martelo de geólogo”, a eventual e não desejada presença de sons cavos que indiquem um mau preenchimento e má aderência da região reparada. Caso haja fissuração nas bordas ou no corpo do reparo também será necessário refazer o serviço.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de recuperação de uma estrutura degradada por corrosão apresentado aqui segue um padrão lógico e subdividido, onde cada etapa é minuciosamente verificada. Esse trabalho, buscou acompanhar de forma pormenorizada cada uma dessas etapas executadas pela empresa contratada e analisar de acordo com as normas e a literatura o grau de eficiência dos procedimentos adotados.

Foi possível perceber que a estrutura da garagem e do playground do edifício se encontravam em um elevado grau de deterioração em função dos processos corrosivos, e que os procedimentos de diagnóstico e recuperação tiveram um caráter mais empírico, fazendo questionar, tendo como base a literatura e as normas, a precisão do diagnóstico das patologias e o processo de recuperação em si.

A empresa relatou que as intervenções tiveram mais um caráter paliativo, devido às restrições financeiras do condomínio, e que muito provavelmente a estrutura precisará de novos reparos em alguns anos. No entanto, mesmo essas intervenções provisórias deveriam seguir um maior rigor no seu planejamento, com ensaios para determinar de forma acurada o grau de degradação dos elementos remanescente, além da sua resistência e a elaboração de um projeto de recuperação estrutural, documentos que seriam muito úteis no caso de eventuais reparos futuros.

Por fim, buscou-se, de acordo com as normas e a literatura, sugerir técnicas que dessem uma maior confiabilidade nas informações coletadas para um diagnóstico e procedimentos de recuperação mais eficientes.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 15575 - Desempenho de edificações habitacionais*. 2013.
- . *NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos*. Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 5674: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção*. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento*. 2014.
- ANDRADE, Jairo Jose de Oliveira. *Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco*. . Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- ANSELMO, Mauruzan. *Patologias na Construção Civil causadas por infiltrações e percolação de águas pluviais*. Monografia, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- ARIVABENE, Antonio Cesar. “Patologias em estruturas de concreto armado: Estudo de caso.” *Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia*, v. 3, n. 10, 2015: 1-22.
- BALINHA, Marina. *Escoramentos e reforços de emergência em situações de catástrofe*. s.d. Disponível em: <<http://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/9150>>. Acesso em: 26 nov. 2020.
- BOLINA, Fabricio Longhi. TUTIKIAN, Bernardo Fonseca. HELENE, Paulo. *Patologia de estruturas*. Oficina de Textos, 2019.
- BORGES, Carlos Alberto de Moraes. *O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil*. 2008. 263 f. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana)—Universidade de São Paulo, São Paulo., 2008.
- CAMPOS, Lucila Maria de Souza. “As semelhanças e diferenças entre Auditorias e Perícias Ambientais.” *Ibape Nacional*. 2009. Disponível em: <<http://ibape-nacional.com.br/site/wp-content/themes/Nicol/documentos-xvii-cobreap/As%20semelhan%20e%20diferen%20entre%20Auditorias%20e%20Per%20EDcias%20Ambientais%20Lucila%20Maria.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2020.

- CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. *Guia nacional para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção das edificações*. Fortaleza: Gadioli Cipolla Branding, 2014.
- CYBULSKI, Guilherme Barbieri. *Reparos em estruturas de concreto armado devido a corrosão de armadura*. Pedra Branca: Palhoça, 2017.
- FARIAS, Gabriela Cipriano de. SILVA, Daiane dos Santos da. “Análise da evolução da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto ao longo do tempo.” *Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil - UNESC*, 2019.
- GOMIDE, Tito Livio F., FZA PUJADAS, e J. C. P FAGUNDES NETO. *Técnicas de manutenção e inspeção predial—Conceitos, metodologias, aspectos práticos e normas técnicas comentadas*. . São Paulo: Pini, 2006.
- GOMIDE, Tito Lívio Ferreira, Jerônimo Cabral Pereira FAGUNDES NETO, e Marco Antonio GULLO. *Engenharia diagnóstica em edificações*. São Paulo: Pini, 2009.
- GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. *Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações*. Projeto de Graduação, Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.
- GROCHOSKI, Maurício. HELENE, Paulo R. L. “Sistemas de reparo para estruturas e concreto com corrosão de armaduras.” *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil*, São Paulo: 2008.
- Grupo SPP. *Polimento de piso de concreto seco*. s.d. Disponível em: <<https://www.grupospp.com.br/polimento-piso-concreto-seco>>. Acesso em: 10 dez. 2020.
- HELENE, Paulo. *A Nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a Vida Útil das Estruturas de Concreto*. 2014. Disponível em: <<http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/185.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- HELENE, Paulo RL. PEREIRA, F. *Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto—Reparo, Reforço e Proteção*. São Paulo: Red Reabilitar, editores, 2003.
- IBAPE, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Paraná. “Inspeção e Manutenção Predial.” *Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar*, 2016: Disponível em: <<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/inspecao-e-manutencao-predial.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2020.
- IBAPE, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. . *Norma de Inspeção Predial Nacional*. . São Paulo, 2012.

- KURATOMI, Vitor Seiti K. *Inspeção Estrutural*. 2019. Disponível em: <<https://www.vitorseiti.eng.br/trabalhos-realizados/inspecao-estrutural/>>. Acesso em: 11 nov. 2020.
- LICHTENSTEIN, Norberto B. *Patologia das construções. Boletim técnico*. 1986: v. 6, p. 86.
- LIMA, Maryangela G. de. MORELLI, Fabiano. *Caracterização da agressividade do ambiente marinho às estruturas de concreto*. São José dos Campos: Divisão de Infra-Estrutura Aeronáutica - ITA, 2004.
- MAGALHÃES, Thiago Abdala. *Análise da penetração de íons cloreto em compósitos cimentícios contendo diferentes teores de escória de alto-forno*. Tese de Mestrado, Belo Horizonte: UFMG, 2019.
- MARQUES, Vinícius Silveira. *Recuperação de estruturas submetidas à corrosão de armaduras: definição das variáveis que interferem no custo*. Monografia, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de. ANDRADE, Jairo José de Oliveira. HELENE, Paulo. “Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto.” *Concreto: ciência e tecnologia*, v. 1, 2011: 773-808.
- MEHTA, Povindar Kumar. MONTEIRO, Paulo Jose Melaragno. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. Ibracon, 2008.
- PEDROSO, Bruna Migliorini. TERTULINO, Bruno Scardelato. PULIDO, Antônio Carlos. *Influência do fator água/cimento para resistência do concreto*. 2016. Disponível em: <<https://conccepar.grupointegrado.br/resumo/influencia-do-fator-aguacimento-pararesistencia-do-concreto/480/854>>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- PORTO, Lucia. *Lixiviação x carbonatação*. *Revista Técnica*. 2011. Disponível em: <<http://engecia.blogspot.com/2011/05/lixiviacao-x-carbonatacao-techne.html>>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- PRATA, Ana Larissa. *Medição da Concentração de Cloreto na Atmosfera Urbana de Aracaju/SE*. Monografia, Aracaju: Instituto Federal de Sergipe, 2017.
- PRATA, Hugo. *Manual de Manutenção de Edifícios: Guia Prático*. Lulu.com, 2014.
- SABAI, Andrew. *Problemas causados pela lixiviação do concreto*. 2017. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/os-problemas-causados-pela-lixiviacao-do-concreto/>>. Acesso em: 03 nov. 2020.
- SOUZA, Vicente Custodio Moreira de. RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. Pini, 1998.

- TUTIKIAN, Bernardo. PACHECO, Marcelo. *Inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção civil*. 2013. Disponível em: <encurtador.com.br/nrOP0>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- VIEIRA, Silvia Regina S. S. *Boletim Técnico Votorantim Cimentos: Reações álcali-agregado em concreto*. 2018. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/reacao-alkali-agregado-concreto/>>. Acesso em: 03 nov. 2020.
- WATANUKI FILHO, Adhemar. *Materiais para a Indústria da Construção Civil*. 2014. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/378157/>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

ANEXOS

Anexo 01 – Ficha Técnica do ARMTEC ZN

VEDACIT

www.vedacit.com.br

**VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO
À BASE DE ZINCO****DESCRIÇÃO DO PRODUTO**

VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO para metais é um primer anticorrosivo, elaborado à base de resina sintética com cromato de zinco, que oferece alto poder inibidor de corrosão, proporcionando desse modo efetiva proteção aos metais. Recobre as armaduras de espera e outras superfícies metálicas com um filme impermeável de grande aderência. Caracteriza-se pela secagem rápida e grande durabilidade. VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO aceita pintura posterior, à base solvente.

PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS

Densidade	1,39 g/cm³
Aparência	Vermelho(a)
Composição Básica	resina sintética e cromato de zinco
Válidade	24 meses

INSTRUÇÕES DE USO**a) Campos de aplicação**

- Armaduras (em reparos estruturais);
- Armaduras de espera;
- Primer para pinturas externas de tanques e máquinas.

b) Preparo do substrato

As armaduras que receberão o tratamento com VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO para metais devem estar íntegras, isentas de ferrugem, nata de cimento, óleos e desmoldantes. Caso seja necessário executar a limpeza das peças, utilizar escova de cerdas de aço, lixa ou jateamento. Nas regiões em que estão sendo feitos reparos estruturais, deixar um espaço entre a armadura e o fundo do reparo para que possa promover o tratamento com mais precisão, em toda a seção da barra. Recomenda-se cobrir os objetos a fim de evitar danos com respingos.

c) Preparo do produto

Produto pronto para o uso. Misturar o produto antes da aplicação, utilizando ferramenta limpa a fim de evitar a sua contaminação.

d) Aplicação

VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO para metais é aplicado como pintura com pincel, em 2 demãos, respeitando o consumo por m², com intervalo mínimo de 3 horas entre cada demão, na temperatura de 25 °C. VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO para metais deve ser aplicado em toda a seção da barra a ser tratada, com o máximo de precisão possível para não deixar falhas. Em

VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO

reparos estruturais, recomendamos fechar o reparo logo após a secagem do produto, para evitar exposição prolongada da barra. Quando aplicado em estruturas metálicas expostas, o primer poderá ser usado apenas como base anticorrosiva para pintura de acabamento.

CONSUMO APROXIMADO

- Mínimo 200 mL/m².

RENDIMENTO

- Lata de 900 mL 4,5 m²
- Galão de 3,6 litros 18 m²
- Balde de 18 litros 90 m²

ARMAZENAMENTO E EMBALAGEM

Estocar o produto em local coberto, fresco, seco e ventilado, fora do alcance de crianças, animais e longe de fontes de calor.

ATENÇÃO

Nas regiões que estão sendo feitos reparos estruturais caso exista oxidação nas barras de aço, limpar totalmente as barras e verificar se não houve perda de seção significativa, caso isso ocorra seguir as orientações do responsável técnico. Aplicar com tempo estável. O tempo de secagem varia de acordo com a temperatura ambiente. Recomenda-se cobrir objetos a fim de evitar danos com respingos. Lavar as ferramentas com tiner após o uso. Manutenção: esse produto, segundo a ABNT NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho, é considerado não manutenível. ADVERTÊNCIA Não aplicar o produto sobre alumínio e aço galvanizado.

MEIO AMBIENTE

Em caso de derramamento ou vazamento, contaminação de águas superficiais, mananciais ou solos, contatar a empresa nos seguintes telefones de emergência: 0800 707 7022 / 0800 707 1767 / 0800 172 020.

EPI

- Óculos de segurança
- Avental de PVC
- Luvas de PVC
- Máscara semifacial com filtro adequado para vapores orgânicos

PRIMEIROS SOCORROS

- Contato com os olhos: Lavar bem com água corrente por, pelo menos, 15 minutos. Manter as pálpebras levantadas para certificar-se que estão sendo lavadas. Procurar auxílio médico imediato.
- Contato com a pele: Lavar a pele com água corrente e sabão neutro durante, pelo menos, 15 minutos. Se o desconforto ou a irritação persistirem, procurar um médico.
-

VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO

Inalação: Remover a vítima para ambiente fresco e ventilado. Se necessário, procurar assistência médica.

• Ingestão: Não provocar vômito. Se sintomas gastrointestinais aparecerem, procurar um médico.

EMBALAGENS



Lata de 900 mL

Gtin	Classificação fiscal	Peso líquido	Peso bruto
7897321123395	38249941	1,25kg	1,43kg



Galão de 3,6 litros

Gtin	Classificação fiscal	Peso líquido	Peso bruto
7897321123388	38249941	5,00kg	5,34kg



Balde de 18 litros

Gtin	Classificação fiscal	Peso líquido	Peso bruto
7897321127386	38249941	25,00kg	25,13kg

Anexo 02 – Ficha Técnica do GRAUTE

VEDACIT
www.vedacit.com.br

VEDACIT GRAUTE

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

VEDACIT GRAUTE é um produto monocomponente à base de cimento e aditivos especiais, que quando misturado com a quantidade correta de água resulta em uma argamassa fluida para grauteamento com espessuras de até 60 mm. O produto apresenta alta resistência, é pronto para uso e de fácil aplicação.

PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS

Aparência	Cinza
Composição Básica	cimento e aditivos especiais
Válidade	6 meses

INSTRUÇÕES DE USO

a) Campos de aplicação

- Chumbamento e fixação de equipamentos de pequeno porte;
- Recuperação e reforço em estruturas de concreto prêmoldadas e moldadas in loco.

b) Preparo do substrato

A superfície deve estar limpa, íntegra, seca e sem impregnação de desmoldantes, agentes de cura ou qualquer outro material que prejudique a aderência do produto. Delimitar a área de reparo e remover o concreto deteriorado até atingir o concreto íntegro. Caso seja observada corrosão nas armaduras, estas devem ser limpas por processo mecânico e tratadas com primer anticorrosivo base zinco, como o VEDACIT PROTETOR ANTICORROSIVO À BASE DE ZINCO para metais. Umedecer a superfície previamente preparada com água evitando-se empoamentos, deixando-a na condição "saturada e seca". As fôrmas devem ser devidamente seladas pois devido à fluidez pode haver perda de material.

c) Preparo do produto

Adicionar de 2 a 3 litros de água por saco de 25 kg do VEDACIT GRAUTE, conforme fluidez necessária, lembrando que as resistências obtidas são inversamente proporcionais à quantidade de água adicionada. Executar a mistura, preferencialmente com misturador mecânico ou betoneira. Para volumes menores, executar a mistura com hélice helicoidal acoplada à furadeira de baixa rotação. Colocar no misturador a quantidade especificada de água e com o misturador acionado adicionar aos poucos o VEDACIT GRAUTE. Misturar por cerca de 3 a 5 minutos até obter um material homogêneo.

d) Aplicação

Com a superfície na condição saturada e seca, executar o lançamento do VEDACIT GRAUTE de forma contínua sempre por uma das extremidades da estrutura. Para espessuras maiores do que 60 mm, adicionar até 30% de brita 0 ou brita 1 em massa. O agregado deve estar limpo, seco e isento de materiais pulverulentos e a relação água-materiais secos deve ser mantida (máximo 3 litros de água por saco de 25 kg). Finalizada a aplicação, promover cura úmida ou química com agente de cura química, como VEDACIT PRO AGENTE DE CURA REV,

VEDACIT GRAUTE

por, no mínimo, 3 dias.

CONSUMO APROXIMADO

- 2.000 kg/m³.

RENDIMENTO

- Saco de 25 kg: 12,50 L

ARMAZENAMENTO E EMBALAGEM

Estocar o produto em local seco e arejado, obedecendo aos mesmos procedimentos de estocagem do cimento.

ATENÇÃO

As condições de aplicação e temperatura ambiente podem influenciar no tempo de cura e resistência do material. Manutenção: esse produto, conforme ABNT NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho, é considerado manutenível. ADVERTÊNCIA No caso de fracionamento do conjunto, utilizar o produto com a correta proporção líquido:pó. A não utilização da proporção correta dos componentes pode acarretar perda de desempenho.

MEIO AMBIENTE

Contatar o órgão ambiental local, no caso de vazamento ou contaminação de águas superficiais, mananciais ou solos. Descartar os resíduos em instalação autorizada, de acordo com a legislação ambiental vigente. Evitar que o produto atinja bueiros e cursos de água.

EPI

- Óculos de segurança
- Avental de PVC
- Máscara semifacial com filtro adequado para pó
- Luvas de borracha

PRIMEIROS SOCORROS

- Contato com os olhos: Lavar bem com água corrente por, pelo menos, 15 minutos. Manter as pálpebras levantadas para certificar-se que estão sendo lavadas. Procurar auxílio médico imediato.
- Contato com a pele: Lavar com bastante água corrente e sabão neutro durante, pelo menos, 15 minutos. Procurar auxílio médico.
- Inalação: Remover para ambiente fresco e ventilado. Se necessário, procurar assistência médica.
- Ingestão: Não provocar vômito. Se sintomas gastrointestinais aparecerem, procurar um médico.

EMBALAGENS

VEDACITwww.vedacit.com.br

VEDACIT GRAUTE

**Saco de 25 kg**

Dimensões: 33.0 X 30.0 X 30.0 X 0 cm

Gtin	Classificação fiscal	Peso líquido	Peso bruto
7897321124002	32149000	25,00kg	25,25kg