

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

GUALBERTO SILVA PINTO DE CARVALHO

**UM ESTUDO DE CASO: PATOLOGIA EM PRÉDIO RESIDENCIAL
LOCALIZADO NA REGIÃO LITORÂNEA DE SÃO LUÍS/MA**

São Luís - MA

2024

GUALBERTO SILVA PINTO DE CARVALHO

**UM ESTUDO DE CASO: PATOLOGIA EM PRÉDIO RESIDENCIAL
LOCALIZADO NA REGIÃO LITORÂNEA DE SÃO LUÍS/MA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito básico para
conclusão do curso de Engenharia Civil
Bacharelado da Universidade Estadual do
Maranhão.

Orientador: Prof. Me. Clodoaldo Cesar
Malheiros Ferreira

São Luís - MA

2024

Carvalho, Gualberto Silva Pinto de

Um estudo de caso: patologia em prédio residencial localizado na região litorânea de São Luís/MA / Gualberto Silva Pinto de Carvalho. – São Luis, MA, 2024.

50 f

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Prof. Me. Clodoaldo Cesar Malheiros Ferreira

1.Patologia. 2.Estrutura de concreto. 3.Terapia patológica. I.Título.

CDU: 69.059

GUALBERTO SILVA PINTO DE CARVALHO

UM ESTUDO DE CASO: PATOLOGIA EM PRÉDIO RESIDENCIAL
LOCALIZADO NA REGIÃO LITORÂNEA DE SÃO LUÍS/MA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão com requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 12 / 08 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Clodoaldo César Malheiros Ferreira (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Eduardo Aurelio Barros Aguiar (1º examinador)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Rodrigo de Azevedo Neves (2º examinador)
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que contribuíram com não apenas este trabalho, como também meu caminho até ele.

Inclusos nestes estão Alzenilde, Genézio, Gaudêncio, Camila, Gustavo, Doris entre outros que se fizeram presentes durante toda ou parte da graduação.

Agradeço também aos engenheiros Marcus Vinícius e Adelino Valente, por me convidarem e permitirem fazer parte do levantamento que culminou neste trabalho.

Ao meu orientador Clodoaldo por acreditar na entrega deste TCC.

RESUMO

Na construção civil sempre houve casos de patologias, a partir do surgimento das estruturas de concreto não foi diferente. Seja por fatores ambientais, temporais ou pela falta de manutenção, manifestações patológicas acabam por se tornarem frequentes. Em relação ao ambiente, é feita a classificação do mesmo em relação ao grau de agressividade que ele tem sobre as estruturas. Dessa forma se tornou necessária a criação de tecnologias que visem evitar ou revitalizar tais patologias, nesse sentido surgiram as terapias patológicas. Para tal surgimento se fez, e ainda se faz, necessário o estudo a respeito das manifestações que surgem nas construções e em suas estruturas, visando aprimorar o conhecimento a respeito deles. Logo, ao se tratar de estruturas em áreas litorâneas, esse estudo deve ser feito também, assim como deve ser realizada manutenção periódica. E, levando em conta todos os pontos, percebe-se a importância de seguir os parâmetros das normas vigentes, já estabelecidos através de estudos predecessores a este.

Palavras-chave: Patologia, estrutura de concreto, terapia patológica.

ABSTRACT

In civil construction, there have always been cases of pathologies, and with the advent of concrete structures, it was no different. Whether due to environmental factors, time, or lack of maintenance, pathological manifestations become frequent. Regarding the environment, it is classified according to the degree of aggressiveness it has on structures. This has necessitated the creation of technologies aimed at preventing or revitalizing such pathologies, giving rise to pathological therapies. For this development, the study of the manifestations that appear in constructions and their structures has been and continues to be necessary, with the aim of improving knowledge about them. Therefore, when dealing with structures in coastal areas, this study must also be conducted, and periodic maintenance must be carried out. Considering all points, the importance of adhering to the parameters of current standards, established through studies preceding this one, becomes evident.

Keywords: Pathology, concrete structure, pathological therapy

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
1.1 Enquadramento	5
1.2 Justificativa.....	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo Geral.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos	7
1.4 Estrutura do Trabalho	7
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	8
2.1 O Concreto.....	8
2.2 Patologia das Estruturas	8
2.3 Patologias em Estruturas de Concreto.....	9
2.3.1 Fissuras	9
2.3.2 Corrosão das Armaduras	9
2.3.3 Deslocamentos	9
2.3.4 Carbonatação	9
2.4 Tratamento das Patologias.....	10
2.4.1 Tratamentos patológicos	10
2.4.1.1 Lavagem ou limpeza	10
2.4.1.2 Apicoamento	11
2.4.1.3 Corte	12
2.4.2 Tratamento de fissuras	13
2.4.3 Tratamento de deslocamento	15
2.4.4 Tratamento de corrosão de armadura	15

2.4.5 Tratamento de carbonatação	17
2.5 NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto.....	17
2.5.1 Principais aspectos da NBR 6118:2014.....	17
2.5.2 Grau de agressividade do ambiente	18
3. Metodologia	20
3.1 Caracterização da área de estudo.....	20
3.1.1 Condomínio Edifício João Muniz II.....	20
3.2 CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA.....	22
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
4. RESULTADOS E ANÁLISE.....	24
4.1 LEVANTAMENTO BLOCO 01	25
4.2 LEVANTAMENTO BLOCO 02	29
4.3 LEVANTAMENTO BLOCO 03	34
4.4 RESUMO PATOLÓGICO DO LEVANTAMENTO.....	39
5. CONCLUSÃO	40
6. LISTA DE FIGURAS.....	43
7. LISTA DE TABELAS	44
8. REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A engenharia civil desempenha um papel crucial no desenvolvimento e na manutenção das infraestruturas que sustentam a sociedade moderna. Entre os materiais mais utilizados nas construções civis, o concreto se destaca devido às suas propriedades de resistência e durabilidade. No entanto, mesmo com todas as vantagens oferecidas pelo concreto, as estruturas construídas com este material não estão isentas de problemas. As patologias em estruturas de concreto representam um desafio significativo, afetando a segurança, a funcionalidade e a vidaútil das construções.

Desde os primórdios da civilização, a busca por materiais que possam resistir às intempéries e ao desgaste do tempo sempre foi uma prioridade. Com a criação do concreto moderno na França em 1849 por Joseph Monier, iniciou-se uma nova era na construção civil, permitindo a criação de estruturas mais resistentes e duradouras (HELENE, 1992). Apesar dos avanços tecnológicos e do desenvolvimento de novas técnicas de construção, as patologias em estruturas de concreto continuam sendo uma preocupação constante para engenheiros e construtores.

Este trabalho tem como objetivo estudar as principais patologias que afetam as estruturas de concreto, suas causas, manifestações e os métodos de tratamento mais eficazes através de um estudo de caso para ilustrar a aplicação prática dos conceitos teóricos apresentados, fornecendo uma análise de uma estrutura de concreto que apresentou problemas patológicos. Este estudo de caso permitirá compreender melhor os desafios enfrentados na manutenção e reparo de estruturas de concreto, bem como as soluções adotadas para garantir sua integridade.

Neste contexto, serão exploradas as patologias mais comuns encontradas em estruturas de concreto, como fissuras, corrosão das armaduras e deslocamentos. Serão apresentadas as técnicas de reparo e os materiais mais utilizados para o tratamento dessas patologias, bem como a importância de seguir as normas técnicas vigentes, como a NBR 6118, para assegurar a qualidade e a segurança das intervenções (BASTOS, 2007; SILVA e GONÇALVES, 2010). Ao final, espera-se que este estudo contribua para a melhoria das práticas de manutenção e reparo das estruturas de concreto, promovendo a longevidade das construções.

1.2 Justificativa

Com o desenvolvimento da construção civil, são cada vez mais numerosos os casos patológicos. Entretanto, através do estudo a respeito dessas patologias se torna possível não apenas compreender a causa, para que se possa prevenir, como também entender as soluções a serem aplicadas. Dessa forma, estudar patologias em estruturas de concreto é crucial por diversos motivos, incluindo segurança, durabilidade, economia, melhoria dos padrões técnicos e inovação tecnológica.

A integridade estrutural das construções é vital para garantir a segurança dos usuários. Patologias como fissuras, deslocamentos e corrosão das armaduras podem comprometer a estabilidade das edificações, reduzindo a vida útil delas. Estudos dessas patologias permitem o surgimento de tratamentos patológicos que permitem prolongar a durabilidade das construções, assegurando que elas cumpram suas funções ao longo do tempo.

Além disso, a prevenção e o tratamento precoce de patologias, que ocorre por meio da manutenção preventiva, evitam custos elevados com reparos emergenciais e reconstruções. Dessa forma, a manutenção preventiva é mais econômica e eficiente do que intervenções corretivas de grande escala. Os estudos sobre patologias fornecem dados importantes que contribuem para a revisão e a melhoria das normas técnicas, como a NBR 6118. Esses conhecimentos permitem a elaboração de normas que se adequam às necessidades reais das construções, de forma a promover tanto a qualidade, quanto a segurança das edificações.

A pesquisa sobre patologias também impulsiona o desenvolvimento de novos materiais, técnicas de construção e métodos de reparo. Permitindo assim que sejam oferecidas soluções mais eficientes e duráveis para as especificidades das estruturas de concreto, próprias para o ambiente em que se encontram.

De modo a resumir, a verificação, análise e o tratamento das patologias em estruturas de concreto se fazem fundamentais para garantir não apenas a segurança, a durabilidade e a economia das construções, como também a melhoria dos padrões técnicos e a inovação tecnológica no campo da construção civil.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo das patologias aparentes no Condomínio Edifício João Muniz II, ressaltando possíveis soluções para elas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar levantamento de dados sobre as patologias aparentes na estrutura dos pilotes do edifício;
- Analisar as patologias e comparar com a literatura;
- Identificar patologias na estrutura;
- Propor soluções para as patologias apresentadas com base em diagnóstico de campo e conceitos da literatura;

1.4 Estrutura do Trabalho

A composição deste trabalho se faz por meio de cinco capítulos, que iniciam do conhecimento geral e logo após do conhecimento específico para este estudo, assim como sua aplicação no mesmo. O primeiro capítulo é composto pela introdução, demonstrando os objetivos e a justificativa deste estudo.

O segundo capítulo apresenta o levantamento bibliográfico usado para este estudo, visando a apresentação e compreensão dos conceitos que aparecerão posteriormente sobre o concreto, suas patologias e seus tratamentos patológicos específicos. No terceiro capítulo é realizada a descrição tanto do objeto de pesquisa quanto do processo metodológico utilizado para ele.

No capítulo quatro é realizada a análise de patologias específicas e abordado suas recomendações terapêuticas, além de apontado um quantitativo dessas patologias, identificadas por grau. No último capítulo são feitos os comparativos dos dados levantados, assim como considerações a respeito das patologias identificadas.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

Desde os primórdios da civilização humana, busca-se a criação e a realização de estruturas resistentes às intempéries naturais e duradouras. Com esse intuito, os humanos sempre buscaram e continuam a buscar materiais que possam assumir tais características quando utilizados nessas estruturas. Nesta busca, surge o concreto.

2.1 O Concreto

O concreto, na forma como é conhecido atualmente, foi criado na França em 1849 por Monier. As edificações, obras de arte, rodovias, cais e demais construções civis em concreto armado ou protendido têm resistido às mais variadas sobrecargas e ações do meio ambiente (HELENE, 1992). O concreto é um material composto por uma mistura de cimento, agregados (areia e brita), água e, eventualmente, aditivos químicos. A combinação desses elementos resulta em uma massa que, após endurecer, adquire grande resistência e durabilidade.

O desenvolvimento do concreto armado, que envolve a inserção de armaduras metálicas no interior do concreto, permitiu a criação de estruturas mais esbeltas e com maior capacidade de suportar cargas. Já o concreto protendido, que utiliza cabos de aço tracionados, proporciona ainda mais resistência e é amplamente utilizado em obras de grande porte, como pontes e viadutos.

2.2 Patologia das Estruturas

Após a finalização das construções, durante seu uso, podem aparecer patologias, que são entendidas como os defeitos construtivos que possuem causas diversas. Neste sentido, a patologia das estruturas se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (SOUZA e RIPPER, 1998).

Este campo de estudo surgiu na engenharia civil no século XIX, buscando soluções para os problemas observados nas construções. Graças a esses estudos realizados, atualmente já é possível tanto se precaver de determinadas patologias quanto tratá-las de forma mais efetiva. A identificação precoce e o tratamento adequado das patologias são fundamentais para garantir a segurança, funcionalidade e durabilidade das construções.

Entre as causas comuns de patologias em estruturas estão: erros de projeto, falhas

de execução, uso de materiais inadequados, falta de manutenção e condições ambientais agressivas. O estudo das patologias inclui a análise de fissuras, deslocamentos, corrosão das armaduras, entre outros defeitos.

2.3 Patologias em Estruturas de Concreto

As estruturas de concreto estão sujeitas a diversas patologias que podem comprometer sua integridade ao longo do tempo. Algumas das patologias mais comuns incluem:

2.3.1 Fissuras

Podem ser causadas por retração do concreto, sobrecargas, assentamentos diferenciais, entre outros fatores. As fissuras podem permitir a entrada de agentes agressivos, como água e cloretos, que aceleram a corrosão das armaduras (SILVA e GONÇALVES, 2010).

Apesar do costume popular de utilizar as palavras fissura, trinca e rachadura para o mesmo fim, estas se diferem em relação a espessura. É considerada fissura até 0,5 mm de espessura, sendo normalmente superficiais. A trinca varia de tamanho entre 0,5 mm e 1,5 mm, e indica um rompimento no material. Já a rachadura tem sua abertura variando entre 1,5 mm e 5,0 mm, o que compromete a segurança da estrutura.

2.3.2 Corrosão das Armaduras

Ocorre principalmente devido à penetração de cloretos ou à carbonatação do concreto, que reduzem a alcalinidade dele e expõem as armaduras à corrosão. A corrosão causa a perda de seção das armaduras e a consequente redução da capacidade resistente da estrutura (ANDRADE e JIRAS, 2005).

2.3.3 Deslocamentos

Ocorrem quando partes do concreto se destacam da estrutura principal, podendo expor as armaduras e facilitar a corrosão. São frequentemente associados a problemas de aderência entre o concreto e as armaduras ou a expansões internas do concreto (BASTOS, 2007).

2.3.4 Carbonatação

Segundo Pauletti (2007), a carbonatação é um fenômeno no qual o pH de materiais cimentícios é reduzido através da reação físico-química entre os compostos

hidratados do cimento e o gás carbônico da atmosfera. Com isso, a reação principal de carbonatação no concreto ocorre entre o gás carbônico e o hidróxido de cálcio.

2.4 Tratamento das Patologias

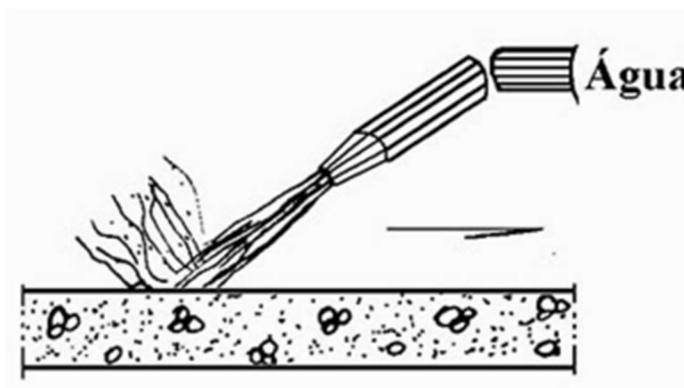
2.4.1. Tratamentos patológicos

2.4.1.1 Lavagem ou limpeza

O tratamento das patologias em estruturas de concreto é fundamental para garantir a durabilidade e a segurança das edificações. Em todos os tratamentos é necessária a realização

da lavagem ou limpeza do local afetado. Esta lavagem pode ser feita pela aplicação de soluções ácidas, de soluções alcalinas ou com jatos de água, como demonstrado na figura abaixo.

Figura 01 – Limpeza por aplicação de jato d'água



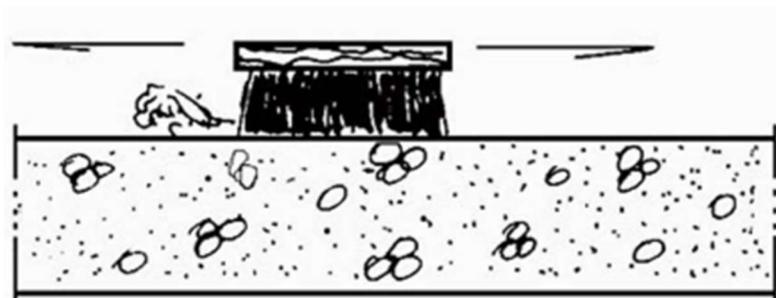
Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

A lavagem pela aplicação de jatos de água sob pressão controlada é largamente utilizada como técnica de limpeza e preparação do substrato para a futura recepção do material de reparação. Normalmente, os jatos são de água fria e muitas vezes são utilizados simultaneamente com os jatos de areia; no entanto, em determinadas situações - superfícies muito gordurosas ou com manchas de forte impregnação química - recorre-se a jatos de água quente, normalmente adicionando-se removedores biodegradáveis (SOUZA e RIPPER, 1998).

Já as limpezas são feitas através da utilização de jatos de vapor, ar comprimido, areia ou limalha de aço, queima por maçarico e escovação manual. A escovação manual,

por exemplo, é aplicada exclusivamente em pequenas superfícies e, em alguns casos, pequenas extensões de barras de aço com evidência de corrosão ou que necessitem de limpeza para melhoria de suas capacidades de aderência.

Figura 02 – Limpeza com escova de aço

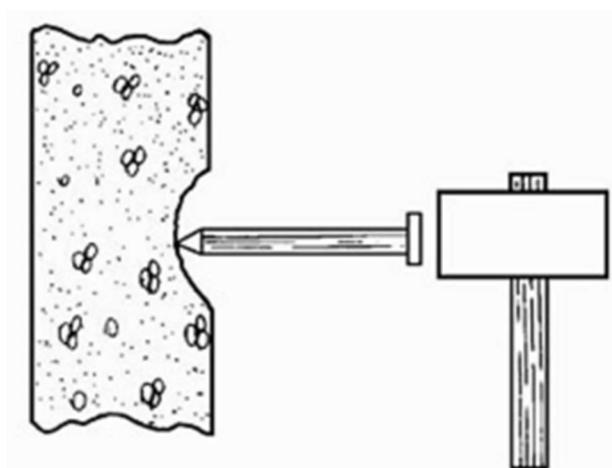


Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

2.4.1.2 Apicoamento

A ação de retirar a camada mais externa do concreto das peças estruturais, para a realização da complementação por camada adicional de concreto, argamassa ou revestimento, aumentando a espessura do cobrimento é definido como apicoamento. O apicoamento pode ser manual ou mecânico, a depender da profundidade de concreto a ser removido e do grau de rugosidade e homogeneidade que se queira conferir à superfície tratada. Utilizado geralmente com espessuras de até 10 mm.

Figura 03 – Apicoamento manual

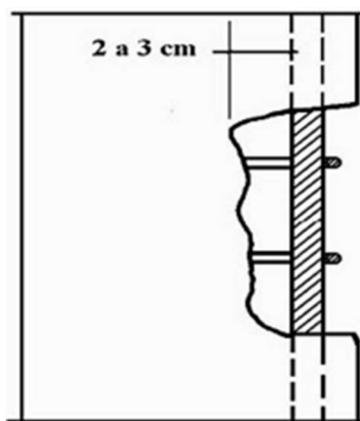


Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

2.4.1.3 Corte

Remoções de concreto que não sejam superficiais, como é o caso do apicoamento, mas que também não se classifiquem como demolição foram convencionadas a serem chamadas de corte. Sendo assim, o corte pode ser definido como sendo a remoção profunda do concreto desagregado (SOUZA e RIPPER, 1998). Utilizado quando há corrosão do aço das armaduras ou quando a mesma pode vir a ocorrer, por exemplo quando há segregação do concreto, visando garantir a remoção integral do concreto afetado e espaço hábil para a imersão das barras em meio alcalino. Sendo assim, os cortes adentram ao menos 2 cm após as armaduras.

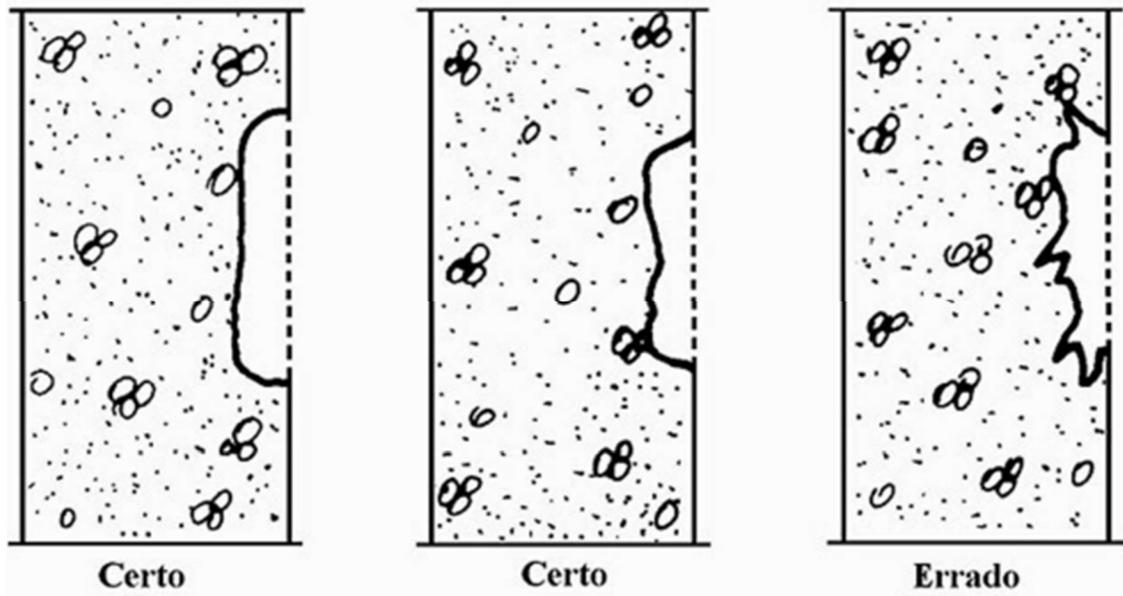
Figura 04 – Profundidade de remoção de corte de concreto



Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

Deve-se ainda ser analisado a extensão longitudinal a ser removida, em geral o corte deverá parar quando não mais houver sinais de patológicos na armadura. Contudo deve-se ter bastante atenção durante o processo, pois caso alguma oxidação passe despercebida pode ocorrer o comprometimento do serviço realizado e caso seja cortado mais do que o devido pode ocasionar ferimentos indevidos ao elemento estrutural.

Figura 05 – Aspecto final da cavidade na intervenção de corte de concreto



Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

2.4.2 Tratamento de fissuras

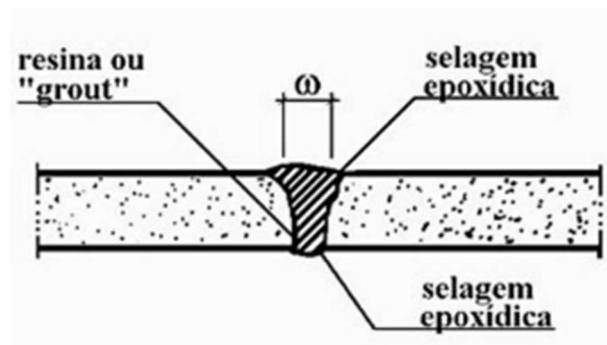
O tratamento de fissuras ocorre por meio da injeção de resina a base de epóxi ou poliuretânica, utilizada para preencher e selar fissuras, prevenindo a entrada de agentes agressivos, além de solidificar e restaurar a continuidade estrutural do concreto (HELENE, 1992). Podendo ser utilizada também a técnica de selagem, onde há a aplicação de materiais flexíveis, como mastiques ou selantes à base de silicone, na superfície das fissuras para impedir a penetração de água e substâncias nocivas (SILVA e GONÇALVES, 2010), tal método é utilizado majoritariamente em fissuras superficiais e não estruturais.

Figura 06 – Injeção de fissura



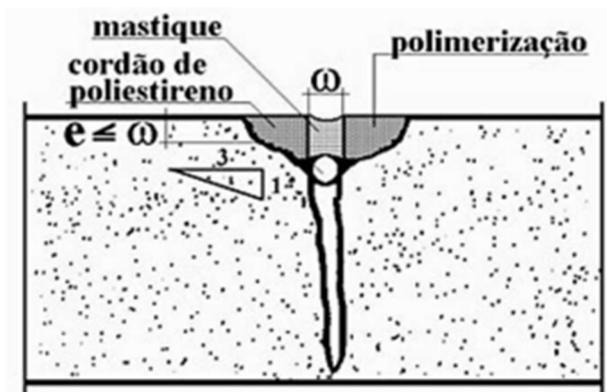
Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

Figura 07 – Selagem de fendas com abertura entre 10 mm e 30 mm



Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

Figura 08 – Vedação de fendas de grande abertura com mastique



Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

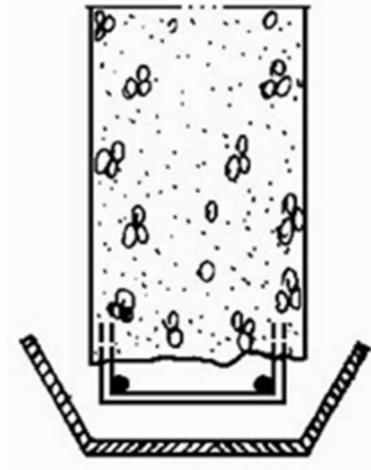
2.4.3 Tratamento de deslocamento

Os deslocamentos são tratados através da remoção do concreto solto até encontrar concreto íntegro (BASTOS, 2007), essa retirada é realizada por meio do apicoamento ou escarificação do concreto, para então esta área afetada ser reconstituída por meio da aplicação de argamassas ou concretos especiais, reintegrando assim a estrutura outrora danificada. As argamassas utilizadas devem ter alta aderência, baixa retração e resistência à penetração dos agentes agressivos do meio. De forma similar, os concretos especiais, sejam projetados ou de alta performance, possuem características similares ou aditivos que o permitam ter um aumento no seu desempenho estrutural.

2.4.4 Tratamento de corrosão de armadura

Para o tratamento da corrosão das armaduras é feito por etapas, onde se inicia pela remoção do concreto deteriorado, sendo retirada as áreas de concreto degradadas até expor as armaduras (BASTOS, 2007), visando dessa forma eliminar todo o concreto comprometido e criar uma superfície adequada para a reparação. Após a primeira etapa concluída deve ser feita a limpeza e aplicação de inibidores de corrosão ou revestimentos protetores, como é o caso do graute, nas armaduras expostas (ANDRADE e JIRAS, 2005) para que haja uma camada protetiva a mais. Posteriormente são reconstituídas as áreas removidas com concreto de alta qualidade e com adequada proteção à armadura (MEHTA e MONTEIRO, 2014), seguindo os critérios correspondentes da região, estabelecidos pela NBR 6118, também é recomendada a utilização de aditivos no concreto, visando fortalecer a proteção oferecida pelo mesmo a armadura, sendo utilizados, a exemplo dos tipos de aditivo, há os superplastificantes, incorporadores de ar e inibidores de corrosão.

Figura 09 – Fôrma com dispositivo de pressão em viga



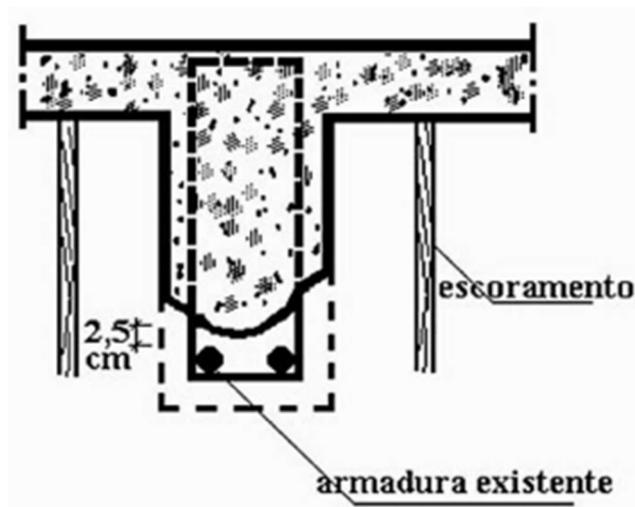
Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

Figura 10 – Reforço por acréscimo de barras de armadura



Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

Figura 11 – Preparação do fundo de viga



Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

2.4.5 Tratamento de carbonatação

No caso de estruturas em processo de carbonatação, é fundamental a aplicação da técnica e realcalinização do concreto para restabelecer a alcalinidade do mesmo, através da elevação do seu pH. O processo de realcalinização tem como vantagem, seja como método preventivo ou de reabilitação, de não necessitar a remoção do concreto carbonatado. (ARAUJO, 2009)

2.5 NBR 6118:2023 Projeto de estruturas de concreto

A NBR 6118:2023 visa estabelecer os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais.

2.5.1 Principais aspectos da NBR 6118:2023

A norma define os critérios de projeto para garantir a segurança estrutural, incluindo a análise de cargas, combinações de ações e estados limites. Ela especifica os fatores de segurança e os coeficientes de ponderação que devem ser aplicados às ações (cargas) e resistências dos materiais. Estabelece, também, procedimentos detalhados para o dimensionamento de elementos estruturais, como vigas, lajes, pilares e fundações. Isso inclui a verificação da resistência à flexão, cisalhamento, torção e compressão.

Um dos aspectos fundamentais da norma é a garantia da durabilidade das estruturas de concreto. Abordando a proteção das armaduras contra corrosão,

especificando requisitos para cobrimento de concreto, tipo de cimento, relação água/cimento, entre outros fatores que influenciam a vida útil das estruturas.

A norma também trata dos aspectos relacionados à execução das obras, incluindo a preparação do concreto, cura, controle de qualidade dos materiais e procedimentos de execução. Isso garante que a construção seja realizada de acordo com as especificações do projeto e com os padrões de qualidade necessários.

De forma similar é detalhado as diferentes ações que devem ser consideradas no projeto, como cargas permanentes, cargas variáveis, ações acidentais e ações ambientais. Ela também define as combinações dessas ações para os diferentes estados limites (último e de serviço).

Lembrando sempre da importância do controle e inspeção durante a execução das estruturas. Isso inclui ensaios de materiais, inspeção das armaduras e concretagem, bem como a verificação das dimensões e posicionamento dos elementos estruturais.

2.5.2 Grau de agressividade do ambiente

A norma ABNT NBR 6118:2023 estabelece diretrizes para o projeto de estruturas de concreto considerando o grau de agressividade do ambiente ao qual a estrutura estará exposta. O grau de agressividade ambiental (GAA) é um fator crucial na determinação dos requisitos de durabilidade das estruturas de concreto. A norma classifica o grau de agressividade em quatro categorias principais, de acordo com a tabela apresentada por ela:

Figura 12 – Tabela de classes de agressividade ambiental

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

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

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

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

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

O grau de agressividade fraca, classificado como GAA I, refere-se a ambientes rurais ou suburbanos com baixa poluição e umidade moderada, que possuem um risco considerado insignificante a estrutura. Ambientes urbanos com poluição moderada se enquadram no grau de agressividade moderada, de classificação GAA II.

Regiões onde o ambiente se enquadra como industrial, sendo assim possuem exposição frequente a agentes agressivos, ou que se encontram próximas ao mar e/ou expostas a atmosferas salinas são classificadas como GAA III, com uma consideração de agressividade forte.

Para o maior grau de agressividade, o GAA IV, são definidos como áreas onde há grande exposição a agentes nocivos a estrutura, como regiões com indústrias pesadas, onde há substâncias quimicamente fortes, e regiões com respingos de maré, a exemplo de regiões costeiras no litoral. Da mesma forma, estruturas que possuem contato direto com a água do mar ou águas contaminadas com agentes químicos se enquadram nesta classe.

A norma define requisitos específicos para cada grau de agressividade, incluindo a qualidade do concreto, pautando tanto a relação água/cimento quanto a classe do concreto a ser utilizado para a estrutura. Essa correspondência é tabelada da seguinte forma:

Figura 13 – Tabela de correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

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

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

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

Fonte: NBR 6118:2023

De modo similar, a mesma correspondência ocorre em relação ao cobrimento das armaduras, onde são definidas as espessuras mínimas de concreto entre a superfície externa da estrutura e as armaduras, que variam de acordo com o GAA, visando proteger

contra corrosão.

Figura 14 – Tabela de correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

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

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

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118:2023

3. Metodologia

3.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de São Luís é a capital do estado do Maranhão, é situada na ilha de Upaon- Açu, por este motivo, possui um litoral extenso. É a principal cidade da Região Metropolitana Grande São Luís e possui aproximadamente 1,1 milhão de habitantes (Estimativa do IBGE, 2020). A área de unidade territorial é de uma área de 582,974 km² (IBGE, 2019) e está localizada no nordeste brasileiro.

Levando em consideração tanto a proximidade com o litoral, quanto a idade do edifício, o Condomínio Edifício João Muniz II foi escolhido como objeto de estudo, pois a possibilidade de manifestações patológicas por estes fatores.

3.1.1 Condomínio Edifício João Muniz II

O Condomínio Edifício João Muniz II se localiza na avenida litorânea, em frente ao mar. O edifício é composto de três blocos, cada um com pilotis e dois pavimentos residenciais.

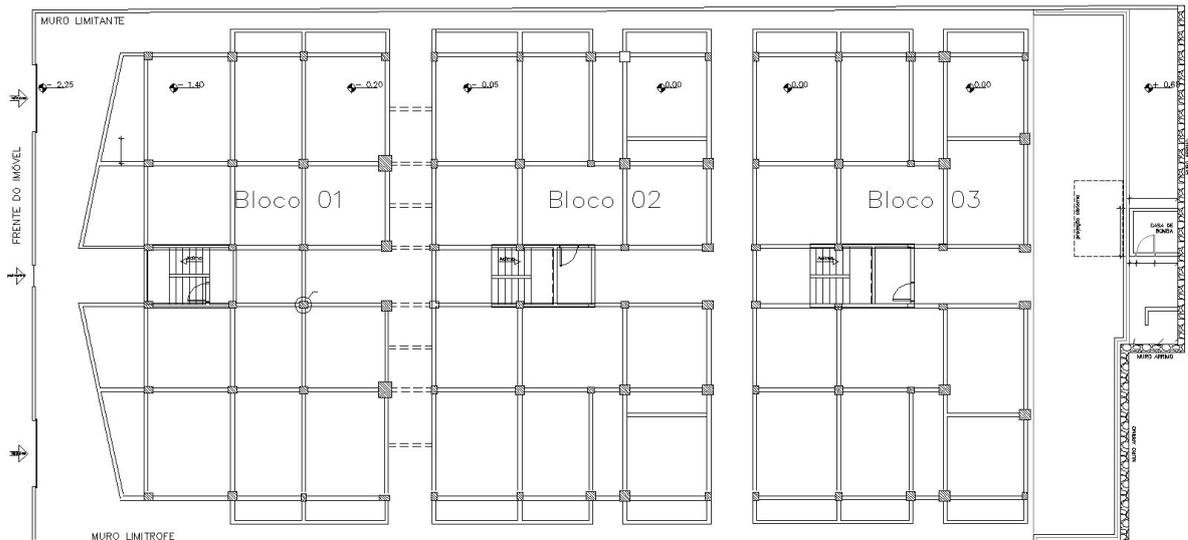
Figura 15 – Localização do condomínio



Fonte: Imagem retirada do Google Earth pelo autor, 2024

A disposição dos blocos ocorre da seguinte forma:

Figura 16 – Planta baixa dos pilotis



Fonte: Autor, 2024

3.2 CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA

Para este trabalho, a abordagem utilizada foi a pesquisa qualiquantitativa, na qual a qualitativa não precisa de métodos e procedimentos estatísticos. O gerado das coletas irá ser todo o ambiente térreo do prédio e quem faz a pesquisa é o instrumento-chave. Enquanto a quantitativa se refere à utilização de meios estatísticos, buscando analisar por meio de numerosas informações buscadas. (SILVA; MENEZES, 2005).

A pesquisa é aplicada, na qual sua natureza tem o intuito de fomentar uma compreensão prática voltada para a resolução da problemática. (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Conforme os procedimentos apresentados, a pesquisa é classificada como documental, bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica corresponde a utilização e análise de referências e parâmetros que estão disponíveis mediante pesquisas anteriores sobre a temática abordada, fazendo a utilização de livros, artigos, revistas entre outros. A pesquisa documental é referente aos documentos gerais do trabalho como fotos, jornais, anexos em geral e outros. Assim, o pesquisador irá realizar a verificação e análise dos anexos e documentos. O estudo de caso é uma análise investigativa de um caso dentro do contexto escolhido, gerando uma compreensão do tema definido.

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo de caso deste trabalho foi realizado no Condomínio Edifício João Muniz II, cidade de São Luís - MA. Foram realizadas vistorias in loco, consultas de materiais sobre patologias das edificações, registros fotográficos do objeto de estudo, com o objetivo de embasar teoricamente para compreensão de todos o caso e fenômeno que acontece e coletar dados necessários para a pesquisa.

Considerando as informações até aqui, para atender aos objetivos propostos, organizou-se o estudo por meio cinco etapas sequenciais.

Primeiramente foi realizada visita in loco para a compreensão da situação em que se encontrava o pavimento alvo da análise. Durante a própria visita inicial, já foi dado início ao levantamento fotográfico das regiões que demonstravam ter patologias. Tanto a vistoria quanto o levantamento fotográfico ocorreram mais de uma vez, para melhor compreensão da situação encontrada.

Com material levantado através das etapas anteriores, foi dado início a análise comparativa com a literatura, para tal foram feitas algumas definições, a respeito da identificação do grau de comprometimento estrutural que cada patologia representava, em função da corrosão nas armaduras e a desagregação dos concretos existentes na data que ocorrerá o levantamento. Ressalta-se que apesar da existência de métodos classificatórios na literatura, para este estudo foi utilizado um método próprio.

Tabela 01 - Classificação patológica adotada no estudo

Classificação	Grau de comprometimento
X1	$\leq 30\%$
X2	$30\% \leq 60\%$
X3	$\geq 60\%$

Fonte: Autor, 2024

As classificações foram definidas em três categorias, cada uma representando um determinado percentual em relação ao comprometimento estrutural, sendo estas categorias X1, X2 e X3.

Para determinação dos percentuais comprometidos, como a definição foi feita por inspeção visual, foram feitas as seguintes relações:

Tabela 02 - Relação entre classificação e patologia

Classificação	Grau de comprometimento
X1	Fissuras / Trincas
X2	Trincas / Trincas com deslocamento isolado
X3	Rachaduras / Deslocamento com exposição de armadura / Corrosão de armadura

Fonte: Autor, 2024

As vigas foram identificadas como sendo do nível 1, sendo assim, sua numeração inicia-se pelo 1, a exemplo de 101 em diante. Seus vãos foram denominados como seções, e separados em ordem alfabética. Cada patologia identificada foi determinada como pertencente a determinada viga em determinada seção, a exemplo de “viga 101a” que referência a seção específica, neste caso “a”, da viga citada.

Para apresentação neste trabalho, foram selecionadas as vigas que se sobressaíam dentro do grau definido para a patologia existente, sendo assim, nem todas as patologias encontradas serão demonstradas neste trabalho, mas não terão seu número ignorado.

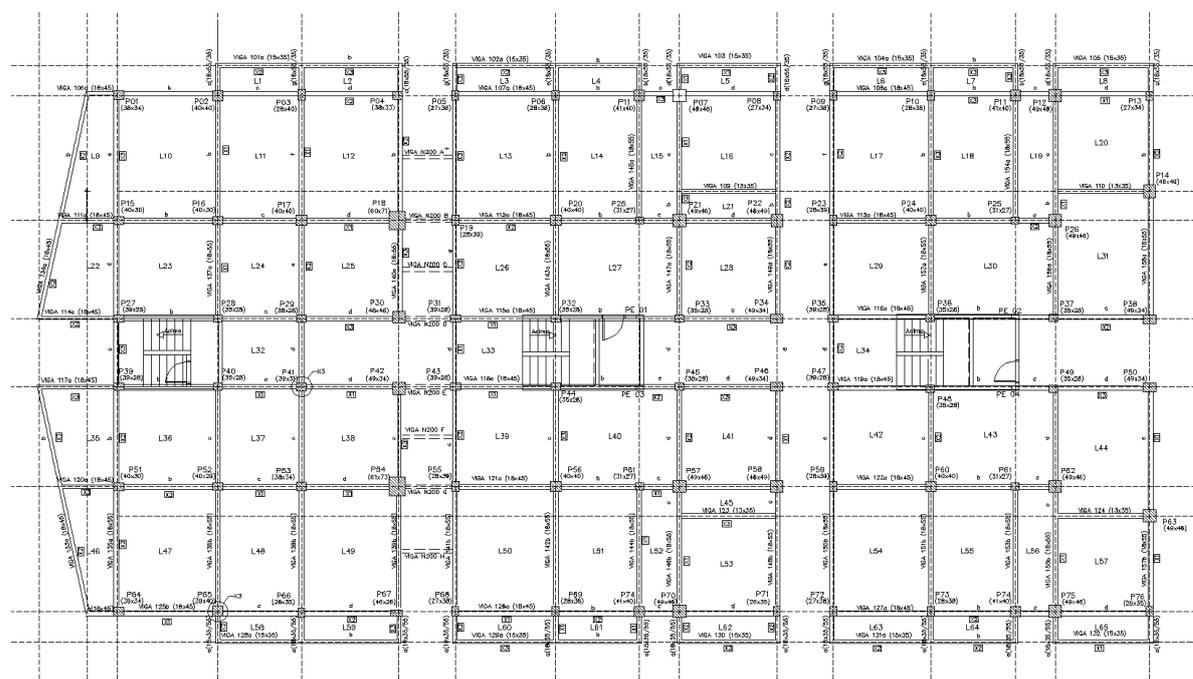
Em seguida será feita a sugestão em relação ao tratamento a ser utilizado para as patologias, levando em consideração a classificação do grau que elas possuem e suas especificidades, caso haja.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

As visitas de vistoria foram feitas no Condomínio Edifício João Muniz II. Para tal, foram levados os materiais a serem utilizados, sendo estes prancheta, com papel e caneta, para identificação de elementos da estrutura com ocorrências patológicas e trena para levantamento de medidas da estrutura.

Inicialmente foi realizado um levantamento geral do pavimento a ser analisado. Detectou-se vários problemas patológicos nas vigas de apoio do piso do primeiro pavimento, imediatamente e de forma conclusiva, chegou-se a um diagnóstico, em que já existia perda parcial das estabilidades em grande parte desses elementos estruturais, devido a existência de armaduras expostas já apresentando avançado processo de corrosão, assim como foi observado desagregação generalizada do concreto existente em vários setores.

Figura 17 – Planta Baixa Pavimento Garagem/Pilotis



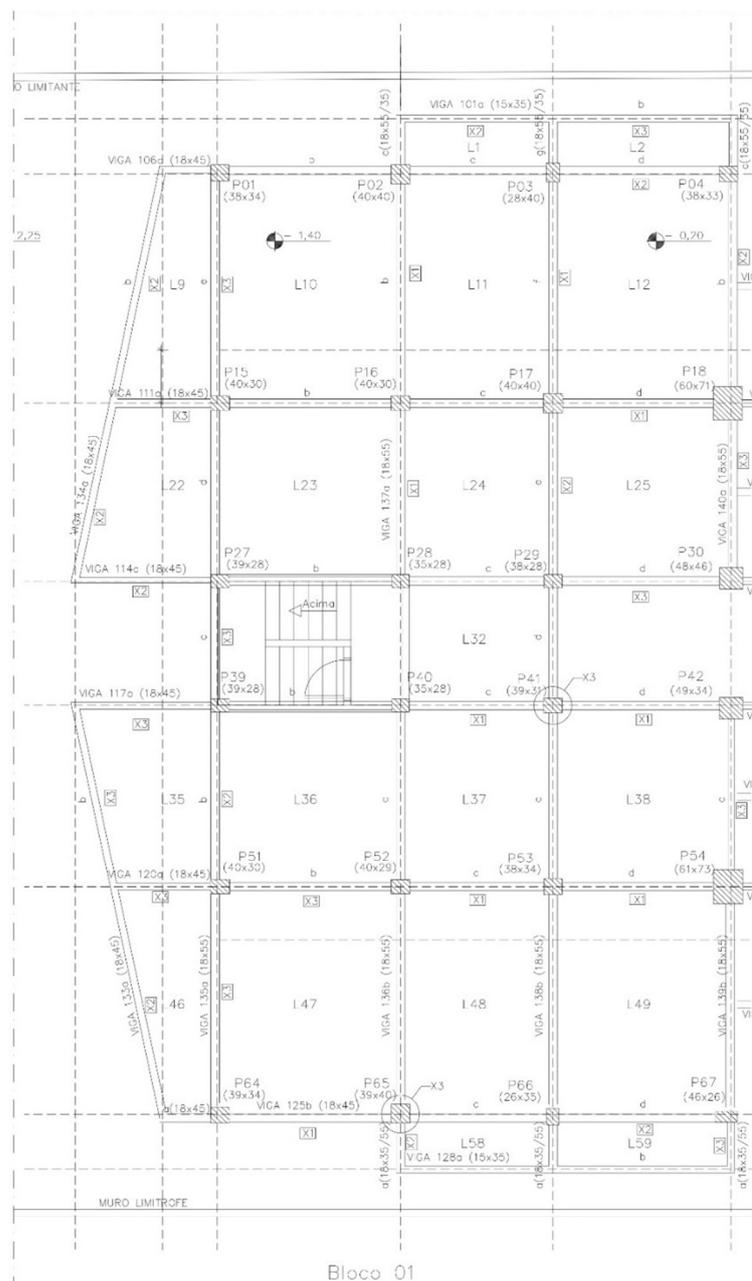
Fonte: Autor, 2024

A partir deste ponto, o levantamento foi dividido de acordo com os blocos do condomínio, seguindo a ordem bloco 01, bloco 02 e bloco 03, respectivamente.

4.1 LEVANTAMENTO BLOCO 01

De início, já foi possível se deparar com fissuras, nas vigas que compunham a estruturado bloco. Elas foram identificadas desde as que apresentavam fissuras mais leves ou que possuíam menor indício patológico, até as que estavam com armadura exposta.

Figura 18 – Planta baixa levantamento bloco 01.



Fonte: Autor, 2024

Na viga 120 foi identificado indício de fissura, por tal foi classificada prontamente na tipologia X1, tanto na seção **c** quanto na **d**. Tais indícios representam o início de uma manifestação patológica podendo, caso não seja realizada manutenção adequada, ocorrer o agravamento da fissura.

Figura 19 – Fissura na viga 120c e 120d.



Fonte: Autor, 2024

Para ela é recomendado a realização de uma limpeza geral, visando retirar qualquer resíduo que possa estar na fissura, para então ser feito o selamento da fissura utilizando mastique.

Já na viga 114 foram encontrados níveis patológicos diferentes em suas seções. Na seção **a** foi identificado indício patológico de nível X2 e na seção **d** de nível X3. Tal divergência poder ser dada pela distância entre as seções.

Figura 20 – Fissura na viga 114a e 114d.





Fonte: Autor, 2024

Nestes casos, como medida resolutiva pode ser injetado resina epoxídica na mesma. O caso mais alarmante observado a partir do levantamento foi o da viga 140, na seção a, classificada como X3, ela se encontrava com a armadura exposta em processo de corrosão e apresentando desagregação do concreto ao redor da armadura. Apresentando também uma fissura que iniciava na seção a e continuava na seção b, classificada como X2, da mesma para então findar, indicando uma continuidade no aumento do vão exposto inicialmente.

Figura 21 – Armadura exposta da viga 140a e fissura na viga 140b.





Fonte: Autor, 2024

Para a realização da terapia patológica na seção a da viga, se faz necessário além da limpeza delas, a escarificação e lixamento da armadura, para que então esteja apta a receber as demãos de graute ou pintura antioxidante, respeitando o grau de agressividade que o ambiente onde se encontra possui em conformidade com a Norma NBR 6118/2023. Enquanto, para a seção b, deve ser a injeção de resina a base de epóxi na fissura.

A partir do levantamento foi possível extrair a seguinte tabela de dados a respeito dos níveis patológicos encontrados nas vigas do Bloco 01:

Tabela 03: Patologias Bloco 01

Nº TOTAL BLOCO	Nº POR PATOLOGIA	VIGA	NÍVEL PATOLOGIA	BLOCO
1	1a	111 d	X1	01
2	2a	117 c	X1	01
3	3a	117 d	X1	01
4	4a	120 c	X1	01
5	5a	120 d	X1	01
6	6a	125 b	X1	01
7	7a	137 a	X1	01
8	8a	137 b	X1	01
9	9a	138 f	X1	01
10	1b	101 a	X2	01
11	2b	106 d	X2	01
12	3b	114 a	X2	01
13	4b	125 d	X2	01
14	5b	133 a	X2	01
15	6b	134 a	X2	01

16	7b	134 b	X2	01
17	8b	135 b	X2	01
18	9b	136 a	X2	01
19	10b	138 e	X2	01
20	11b	140 b	X2	01
21	1c	101 b	X3	01
22	2c	111 a	X3	01
23	3c	114 d	X3	01
24	4c	117 a	X3	01
25	5c	120 a	X3	01
26	6c	120 b	X3	01
27	7c	133 b	X3	01
28	8c	135 a	X3	01
29	9c	135 e	X3	01
30	10c	139 a	X3	01
31	11c	139 c	X3	01
32	12c	140 a	X3	01

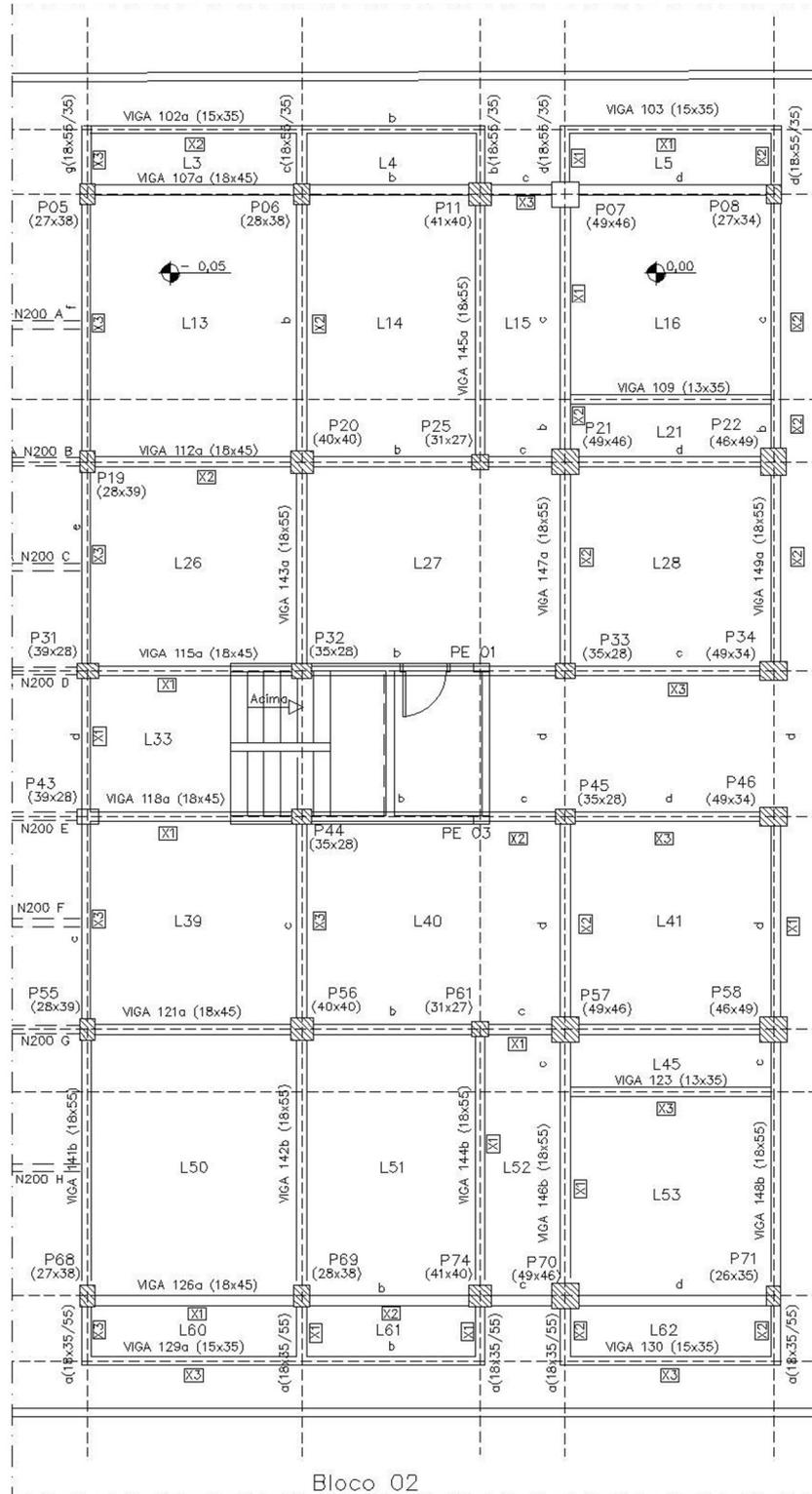
Fonte: Autor, 2024

A partir desta tabela é possível destacar que a maior quantidade de nível patológico encontrado foi o X3, seguido pelos X2 e X1. Da mesma forma, pela quantidade de manifestações patológicas encontradas, é possível determinar que o bloco em já estava com a comprometimento parcial da estabilidade, podendo este cenário piorar em caso da não realização de ações preventivas como as citadas anteriormente.

4.2 LEVANTAMENTO BLOCO 02

De modo semelhante ao levantamento realizado no bloco 01, já foi possível se deparar com fissuras, nas vigas que compunham a estrutura do bloco. Elas foram identificadas desde as que apresentavam fissuras mais leves ou que possuíam menor indício patológico, até as que estavam com armadura exposta.

Figura 22 – Planta baixa levantamento bloco 02.



Fonte: Autor, 2024

Na viga 120 foi identificado indício de fissura, por tal foi classificada prontamente natipologia X1, tanto na seção **c** quanto na **d**. Tais indícios representam o início de uma

manifestação patológica podendo, caso não seja realizada manutenção adequada, ocorrer o agravamento da fissura.

Figura 23 – Fissura na viga 112a.



Fonte: Autor, 2024

Para ela é recomendado a realização de uma limpeza geral, visando retirar qualquer resíduo que possa estar na fissura, para então ser feito o fechamento da fissura utilizando a injeção de resina a base de epóxi ou a própria técnica de selamento de fissuras.

Já na viga 114 foram encontrados níveis patológicos diferentes em suas seções. Na seção **a** foi identificado indício patológico de nível X2 e na seção **d** de nível X3. Tal divergência poder ser dada pela distância entre as seções.

Figura 24 – Fissura na viga 118a, 118c e 118d.





Fonte: Autor, 2024

Nestes casos, como medida resolutive pode ser injetado resina epoxídica na mesma.

O caso mais distinto observado a partir do levantamento foi o da viga 123, de seção única, classificada como X3, ela se encontrava com a armadura parcialmente exposta, a ferragem estava coberta por tinta, demonstrando que já havia sido realizado um trabalho paliativo a fim de mitigar aumento no dano causado a armadura. Apresentando de forma abrangente a desagregação do concreto em relação ao ferro da estrutura.

Figura 25 – Armadura parcialmente exposta da viga 123.



Fonte: Autor, 2024.

Para a realização da terapia patológica nestas seções da viga, se faz necessário além da limpeza delas, a escarificação e lixamento da armadura, para que então esteja apta a receber as demãos de graute ou pintura antioxidante, em conformidade com a Norma NBR 6118/2023, e respeitando o grau de agressividade que o ambiente onde se encontra possui. Logo após, é realizado o fechamento com concreto.

A partir do levantamento foi possível extrair a seguinte tabela de dados a respeito dos níveis patológicos encontrados nas vigas do Bloco 02:

Tabela 04 – Patologias Bloco 02

Nº TOTAL BLOCO	Nº POR PATOLOGIA	VIGA	NÍVEL PATOLOGIA	BLOCO
1	1a	103	X1	02
2	2a	115 a	X1	02
3	3a	118 a	X1	02
4	4a	121 c	X1	02
5	5a	126 a	X1	02
6	6a	141 a	X1	02
7	7a	141 d	X1	02
8	8a	142 a	X1	02
9	9a	144 a	X1	02
10	10a	144 b	X1	02
11	11a	146 b	X1	02
12	12a	147 c	X1	02
13	13a	147 d	X1	02
14	14a	148 d	X1	02
15	1b	102 a	X2	02
16	2b	112 a	X2	02
17	3b	118 c	X2	02
18	4b	126 b	X2	02
19	5b	143 b	X2	02
20	6b	146 a	X2	02
21	7b	146 d	X2	02
22	8b	147 a	X2	02
23	9b	147 b	X2	02
24	10b	148 a	X2	02
25	11b	149 a	X2	02
26	12b	149 b	X2	02

27	13b	149 c	X2	02
28	14b	149 d	X2	02
29	1c	115 c	X3	02
30	2c	118 d	X3	02
31	3c	123	X3	02
32	4c	129 a	X3	02
33	5c	130	X3	02
34	6c	141 c	X3	02
35	7c	141 e	X3	02
36	8c	141 g	X3	02
37	9c	142 c	X3	02

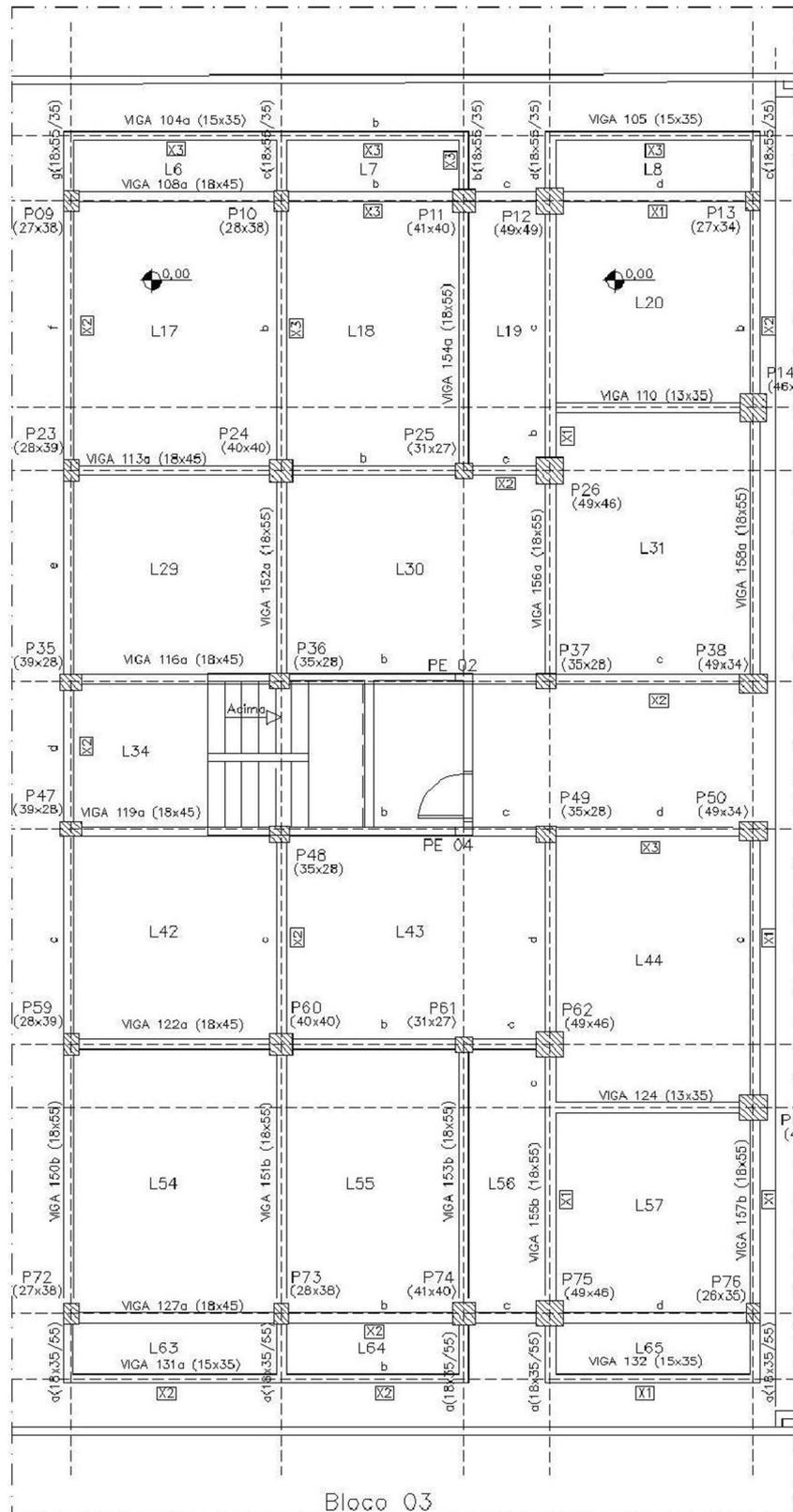
Fonte: Autor, 2024

A partir desta tabela é possível destacar que a maior quantidade de nível patológico encontrado foi o X3, seguido pelos X2 e X1. Da mesma forma, pela quantidade de manifestações patológicas encontradas, é possível determinar que o bloco em já estava com a comprometimento parcial da estabilidade, podendo este cenário piorar em caso da não realização de ações preventivas como as citadas anteriormente.

4.3 LEVANTAMENTO BLOCO 03

No bloco 03, assim como nos anteriores, foram verificadas manifestações patológicas sumariamente nas vigas do pavimento levantado, conforme a figura 15 demonstra.

Figura 26 – Planta baixa levantamento bloco 03.



Fonte: Autor, 2024

Nas vigas da lateral esquerda, que apoiam as varandas, foram verificadas fissuras extensas, demonstrando que o concreto nestes pontos já está em processo de desagregação da armadura do elemento estrutural. Tais manifestações foram observadas na viga 104 e 105, classificadas como X3.

Figura 27 – Fissura na viga 104a e 104b.



Fonte: Autor, 2024

Para resolução desta manifestação, recomenda-se a retirada do concreto já em processo de desagregação através de apicoamento ou escarificação, seja manual ou mecânico, para que então possa ser verificado o estado em que a armadura se encontra. Assim, caso seja necessário, a armadura deve ser coberta com resina epoxidica ou argamassa aditivada e então coberta com concreto novamente, possivelmente aditivado para maior resistência as intempéries.

Na região central do bloco, foram observadas manifestação de classificação X2, nas vigas 113, 116 e na viga 151, todas sendo na seção c, e na viga 150, seção d. Contudo, também foram encontradas manifestações patológicas de grau X3, a exemplo da viga 119, seção d.

Figura 28 – Fissura na viga 116c.



Fonte: Autor, 2024

Em casos similares ao da viga 116c, a selagem da fissura pode ser adotada como procedimento terapêutico, por meio da utilização do graute e produto a base de epóxi.

Na viga 152, seção b, foi observado a ferragem já exposta e com indícios de oxidação, sendo assim classificada prontamente como X3. Da mesma forma, o revestimento estava cedendo e desagregando da viga. Apesar de não estar com toda a armadura exposta, é possível inferir que outras regiões próximas a área exposta já podem estar em processo de corrosão.

Figura 29 – Armadura exposta da viga 152b.



Fonte: Autor, 2024.

Nestas condições, se faz necessária a limpeza da região afetada pela desagregação, para que ocorra então a escarificação, seguida do cobrimento da armadura por graute e o fechamento da área afetada com concreto, respeitando e reforçando o recobrimento recomendado pela NBR6118/2023 para áreas de região litorânea.

A partir do levantamento foi possível extrair a seguinte tabela de dados a respeito dos níveis patológicos encontrados nas vigas do Bloco 03:

Tabela 05 - Patologias Bloco 03

Nº TOTAL BLOCO	Nº POR PATOLOGIA	VIGA	NÍVEL PATOLOGIA	BLOCO
1	1ª	108 d	X1	03
2	2ª	132	X1	03
3	3ª	155 b	X1	03
4	4ª	156 b	X1	03
5	5ª	157 b	X1	03
6	6ª	157 c	X1	03
7	1b	113 c	X2	03
8	2b	116 c	X2	03
9	3b	127 b	X2	03
10	4b	131 a	X2	03
11	5b	131 b	X2	03
12	6b	150 d	X2	03
13	7b	150 f	X2	03
14	8b	151 c	X2	03
15	9b	158 b	X2	03
16	1c	104 a	X3	03
17	2c	104 b	X3	03
18	3c	105	X3	03
19	4c	107 c	X3	03
20	5c	108 b	X3	03
21	6c	119 a	X3	03
22	7c	152 b	X3	03
23	8c	154 b	X3	03

Fonte: Autor, 2024

A partir desta tabela é possível destacar que a maior quantidade de nível patológico encontrado foi o X2, seguido pelos X3 e X1. Da mesma forma, pela quantidade de manifestações patológicas encontradas, é possível determinar que o bloco em já estava com a comprometimento parcial da estabilidade, podendo este cenário piorar em caso da não realização de ações preventivas como as citadas anteriormente.

4.4 RESUMO PATOLÓGICO DO LEVANTAMENTO

Após o levantamento de todo o pavimento, foi possível extrair dados o suficiente a serem analisados, como a quantidade total de patologias encontradas.

Tabela 06 – Total de patologias levantadas

BLOCO	PATOLOGIA	Nº UNITÁRIO	Nº TOTAL
01	X1	9	32
	X2	11	
	X3	12	
02	X1	14	37
	X2	14	
	X3	9	
03	X1	6	23
	X2	9	
	X3	8	
		TOTAL GERAL	92

Fonte: Autor, 2024

5. CONCLUSÃO

Por meio dos dados levantados, é possível fazer alguns comparativos, e de forma similar, algumas considerações entre os blocos e suas ocorrências.

Seguindo os dados que estão na tabela 06, percebe-se que o bloco 01, apesar de não possuir maior quantidade de manifestações patológicas, no geral, que os outros blocos, apresenta mais pontos observados de grau X3, superando a quantidade encontrada nos blocos 02 e 03.

Utilizando-se desta informação e sabendo que, da mesma forma, o bloco 01 possui maior proximidade com o mar, é possível inferir que o motivo por trás da diferença entre a quantidade de manifestações patológicas de grau 03 encontradas se deve por meio da maior exposição aos fatores ambientais do litoral. Servindo como uma espécie de barramento para a salinidade marítima, entre outros possíveis fatores, em função dos outros blocos. Apesar de não bloquear por completo, auxilia na mitigação da exposição deles a tais fatores ambientais.

Outro dado que demonstra a influência da maior proximidade do bloco 01 em relação aos outros é a quantidade de manifestações patológicas do bloco 03, que está mais distante. Possuindo a menor quantidade, em todos os graus observados.

Ainda por meio do levantamento e através da utilização das marcações das vigas determinadas, é perceptível que as vigas que apresentam manifestações patológicas estão majoritariamente localizadas nas extremidades laterais dos blocos.

Tal fato reforça suposição de que o bloco 01, junto ao bloco 02, está funcionando como um bloqueio, ao menos para a região central do bloco 03, já que ele se encontra em um nível levemente superior aos outros dois. Enquanto o bloco 02, por estar em nível similar ao bloco 01 recebe uma parcela menor desta proteção, afetando não a quantidade de manifestações patológicas em si, mas sim o grau delas.

O bloco 02 apresenta a maior quantidade de manifestações patológicas entre os três. De forma similar à como ocorre no bloco 01, as ocorrências observadas estão espalhadas por toda a estrutura, não limitando-se majoritariamente às extremidades, como ocorre no bloco 03. Entretanto elas apresentam manifestações de grau X1 e X2 em mais de 75% dos casos.

Após tais verificações é visto que o bloco 01 apresenta uma taxa de 37,5% de

manifestações de grau X3, enquanto o bloco 02 apresenta a maior quantidade de pontos levantados totalizando 37 ocorrências e o bloco 03 apresenta o menor número total e menores quantidades individuais.

Assim como repassado anteriormente, as formas de terapias patológicas a serem utilizadas são semelhantes em cada grau entre as vigas que apresentam as patologias ou indícios patológicos. Para as patologias classificadas como grau X1, que apresentam fissuras menores, é realizado a injeção de resina epoxídica ou utilizada a técnica de selagem. Contudo, para maior segurança em relação ao reparo, se faz necessário realizar ensaios que confirmem o grau de carbonatação da armadura, por conta da agressividade do ambiente em que se encontra, garantindo que tais fissuras não retornem a aparecer em decorrência disto.

Aquelas classificadas como grau X2 variam entre fissuras maiores e indícios de deslocamento do concreto, sendo assim, devem ser utilizados como terapias patológicas tanto a injeção de resina para as fissuras, quanto a retirada das áreas com indícios de deslocamento por meio do apicoamento, para posteriormente as mesmas serem reconstituídas com argamassas/ou concreto.

Para o grau X3, por apresentarem um alto índice de comprometimento estrutural, e estarem em processo de deslocamento ou com a armadura do elemento estrutural aparente, é recomendado não apenas os tratamentos para deslocamento citados anteriormente, como também tratamentos para barrar e refrear a corrosão de suas armaduras. A exemplo da remoção do concreto deteriorado, o tratamento das armaduras e a reposição do concreto. Em certos casos, como na viga 140, localizada no bloco 01, é recomendado também reforçar a armadura dela, por apresentar um processo de corrosão avançado.

De forma válida é necessário lembrar que todas essas medidas devem respeitar o grau de agressividade do ambiente, classificado como GAA IV, por estar em uma região onde podem ocorrer respingos de maré, sendo assim, tanto o recobrimento quanto a qualidade do concreto a ser utilizado devem respeitar seus valores mínimos, sendo respectivamente 55 mm e cimento C40 com fator água/cimento de 0,45, por se tratar de uma estrutura de concreto armado.

Portanto, considerando todos os pontos elencados, é possível inferir que se tratando de estruturas de concreto e considerando as áreas onde tais estruturas se localizam,

deve-se sempre prestar atenção na sua manutenção. Caso o prédio analisado tivesse monitoramento e manutenção regular, não haveria casos tão avançados de patologias, evitando o possível comprometimento da estabilidade global da estrutura, além de diluir os custos que há de se ter para a recuperação estrutural dele. Da mesma forma, deve-se ressaltar que, todo o processo de projeto e execução de estruturas de concreto devem seguir os padrões mínimos estabelecidos pelas normas vigentes, como a NBR 6118/2023, para que possuam maior garantia acerca da qualidade dos mesmos.

6. LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Limpeza por aplicação de jato d'água

Figura 02 – Limpeza com escova de aço

Figura 03 – Apicoamento manual

Figura 04 – Profundidade de remoção de corte de concreto

Figura 05 – Aspecto final da cavidade na intervenção de corte de concreto

Figura 06 – Injeção de fissura

Figura 07 – Selagem de fendas com abertura entre 10 mm e 30 mm

Figura 08 – Vedação de fendas de grande abertura com mastique

Figura 09 – Fôrma com dispositivo de pressão em viga

Figura 10 – Reforço por acréscimo de barras de armadura

Figura 11 – Preparação do fundo de viga

Figura 12 – Tabela de classes de agressividade ambiental

Figura 13 – Tabela de correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Figura 14 – Tabela de correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Figura 15 – Localização do condomínio

Figura 16 – Planta baixa dos pilotis

Figura 17 – Planta Baixa Pavimento Garagem/Pilotis

Figura 18 – Planta baixa levantamento bloco 01

Figura 19 – Fissura na viga 120c e 120d

Figura 20 – Fissura na viga 114a e 114d

Figura 21 – Armadura exposta da viga 140a e fissura na viga 140b

Figura 22 – Planta baixa levantamento bloco 02

Figura 23 – Fissura na viga 112a

Figura 24 – Fissura na viga 118a, 118c e 118d

Figura 25 – Armadura parcialmente exposta da viga 123

Figura 26 – Planta baixa levantamento bloco 03

Figura 27 – Fissura na viga 104a e 104b

Figura 28 – Fissura na viga 116c

Figura 29 – Armadura exposta da viga 152b

7. LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação patológica adotada no

estudo Tabela 02 - Relação entre classificação e

patologia Tabela 03 - Patologias Bloco 01

Tabela 04 - Patologias Bloco 02

Tabela 05 - Patologias Bloco 03

Tabela 06 - Total de patologias levantadas

8. REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.; JIRAS, P. Corrosão em Estruturas de Concreto Armado. Madrid: CYTED,2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

BASTOS, F. C. Patologias em Estruturas de Concreto: Diagnóstico e Tratamento. São Paulo:Ibracon, 2007.

HELENE, P. R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. Tesede Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1992.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3.ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 4. ed. São Paulo: Pini, 1997.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed.rev. atual. - Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p

SILVA, A. A. R.; GONÇALVES, J. P. Ensaio de Patologia em Estruturas de Concreto Armado. Recife: EDUFRPE, 2010.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia e Reabilitação de Estruturas de Concreto. São Paulo:Pini, 1998.

ARAÚJO, Fernanda Wanderley Corrêa de. Estudo da repassivação da armadura em concretos carbonatados através da técnica de realcalinização química. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.