Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edifício residencial e comercial na cidade de Joinville

SOUZA, Juliane Bernich de[1] ; OLIVEIRA, Victor Cordeiro de[2].
julianebernich@gmail.com; victorcoloradosc@gmail.com

Professora orientadora: FARIA,Michela Steluti.

Coordenação de curso de Engenharia Civil

Resumo

A patologia no ramo da Engenharia Civil estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções. Ele pode ser um indício de problemas estruturais graves, como também pode estar relacionado à estética. Este trabalho tem como objetivo apresentar patologias em um edifício residencial e comercial localizado na cidade de Joinville/SC, que teve sua construção interrompida por 5 anos, estando exposta às condições atmosféricas sem nenhuma intervenção de manutenção. Temas como fissuras, fungos, corrosão na armadura e concreto segregado, foram abordados nesse artigo, analisando suas causas, e os resultados obtidos no processo de recuperação.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas, recuperação de estrutura, concreto armado.

1. INTRODUÇÃO

A engenharia é um estudo milenar que vem aprimorando suas técnicas com o passar dos anos através dos materiais e técnicas utilizadas, a partir das experiências na prática construtiva de obras anteriores (SILVA, 2006).

A busca da engenharia no desenvolvimento de técnicas nos métodos construtivos de novos edifícios vem desde os primórdios com objetivo principal, atender a necessidade do construtor e do cliente, sendo assim a patologia (*Pathos* - Sofrimento, doença / *logia* - ciência, estudo) deixa de ser algo relacionado apenas com a medicina e se torna o estudo de doenças relacionados à construção civil (NAZÁRIO E ZANCAN, 2011).

Conforme Bolina, Tutikian, Helene (2019), “a patologia das construções é a ciência que procura, de forma sistêmica, estudar os defeitos incidentes nos materiais construtivos, componentes e elementos ou na edificação como um todo, buscando

---

[1] Graduação em Engenharia Civil - Centro Universitário Sociesc - UNISOCIESC

diagnosticar as origens e compreender os mecanismos de deflagração e de evolução do processo patológico, além das suas formas de manifestação".

Segundo Gonçalves (2019), as edificações tendem a sofrer diversas formas de patologias em suas estruturas devido ao mau uso, falta de manutenção, execução inadequada nas etapas de construção, mão de obra inadequada, materiais inadequados, além de falhas em projetos, que encaminham a ter sua vida útil reduzida significamente.

Souza e Ripper definem que mesmo estruturas bem projetadas, construídas e usadas corretamente podem apresentar sintomas patológicos, além disso, em algumas circunstâncias, existem estruturas que exigem maior capacidade de carga e é nesses casos que devem se tomar ações no trabalho de reforço de estrutura ou recuperação. O entendimento dos procedimentos e técnicas a serem empregados é fundamental para que a estrutura seja monitorada e assim sua capacidade portante original restaurada (recuperação) ou ampliada (reforço).

O objetivo geral deste artigo é estudar acerca das patologias existentes na estrutura de concreto armado em um edifício comercial e residencial localizado no centro da cidade de Joinville/SC, essa análise tem como propósito identificar as manifestações patológicas encontradas na edificação e descrever as medidas tomadas para solucioná-las, efetuando visitas a obra, e analisando a causa da origem dos problemas identificando se as medidas tomadas perante os problemas foram eficientes.

2. DESENVOLVIMENTO

Este tópico tem como objetivo abordar assuntos envolvendo patologia nas construções de concreto armado, tal assunto que dará embasamento para o artigo.

2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Nos dias atuais é notável o aumento dos estudos sobre a durabilidade das edificações. Tal interesse é devido à grande quantidade de danos que estão ocorrendo nas estruturas de concreto, principalmente através do efeito combinado da agressividade ambiental com os problemas de ordem estrutural que interagem nas mesmas, juntamente com o processo construtivo (ARANHA, 1994).

A partir do momento que a estrutura começa a perder a sua funcionalidade como consequência de algum tipo de deterioração, há a necessidade de realizar reparos ou reforços, conforme a gravidade da degradação, vale reforçar que a medida que os danos evoluem, os custos necessários para a recuperação aumentam significativamente (SITTER, 1986).

De acordo com HELENE, 2011 a "vida útil" da estrutura ao decorrer do tempo, está naturalmente sujeita aos desgastes, devido às ações de carga e sobrecarga, estatísticas, dinâmicas, vibrações, impactos, recalques diferenciados, entre outros. Assim, pode-se definir "vida-útil" como o tempo que a estrutura

conserva seus índices mínimos de resistência e funcionalidade, prolongar esse tempo é o maior desafio com quem trabalhar com construções de edificações.

As estruturas de concreto armado devem ser projetadas e construídas para que as condições ambientais e de utilização previstas no período do projeto, preservem segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante a vida útil prevista. Além disso, a durabilidade de uma estrutura está relacionada às condições de uso, inspeção e manutenção previstas no manual da edificação e na (NBR 5674:2014).

2.1.2 Erros na execução

Os aparecimentos dos erros, surge devido ao processo de produção, que é bastante prejudicado, por inúmeras vezes refletir as adversidades sociais e econômicas que resultam na baixa qualidade técnica dos trabalhos menos qualificados (SOUZA E RIPPER). Do mesmo modo que afeta também a falta de fiscalização adequada e uma fiscalização ineficiente no comando das equipes, levando a graves falhas em determinadas atividades como, escoramento, formas posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, entre outros (COUTO, 2007).

2.1.3 Utilização Indevida e Manutenção Ausente

A manutenção é como o conjunto de atividades a serem desempenhadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional de uma edificação e de suas partes constituintes de forma a atender as necessidades e segurança dos usuários (NBR 5674).

As manifestações patológicas são ocasionadas geralmente pela ausência de manutenção ou mesmo por manutenção inadequada, desconhecimento técnico, incompetência, falta de capricho, e em problemas econômicos. A falta de destinação de verbas para manutenção pode ser o maior fator responsável pelo aparecimento de problemas estruturais de maior gravidade, resultando em grandes gastos e, dependendo da situação, pode levar até mesmo a demolição da estrutura diz SOUZA E RIPPER (1998).

2.2.1 Inspeção e diagnóstico

Segundo Granato (2002), inspecionar as diferentes manifestações patológicas é um ponto fundamental para o correto diagnóstico, bem como para a adoção de tratamentos adequados, muitas vezes, as causas dos problemas não são facilmente encontradas ou estão associadas a outras patologias que podem levar a um diagnóstico errado ou impreciso. Os procedimentos envolvidos na inspeção de uma estrutura podem implicar trabalhos simples em alguns casos, bem como pode ser um trabalho de alta dificuldade para resolver, dependendo da extensão e

natureza do problema.

2.2 CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Deutsch (2011) diz que a patologia em edificações tem origens diferenciadas, causas como exógenos, endógenos , funcionais e naturais podem afetar na construção, ocasionando diversos problemas.

2.2.1 Causa Humanas

Nos estágios de concepção e execução é onde se inicia a maioria das manifestações patológicas, são erros que podem ocorrer durante a fase de projeto da edificação, durante o estudo preliminar, durante o projeto preliminar e até mesmo na composição do projeto de implantação e em sua maioria são causas relacionadas a erros humanos. (WEIMER,THOMAS E DRESCH, 2018).

Segundo Pina (2013), a concepção do projeto refere-se à fase em que o edifício é gerado, que é a base para todo o resto, nesta fase de projeto define se as propriedades esperadas dos produtos utilizados na construção, as condições de exposição ambiental esperadas, o comportamento em uso projetado para o edifício em construção e em particular a viabilidade da construção, porém erros que podem ocorrer nesta fase como: deficiências da proposta, falhas no projeto final de engenharia podem levar à escolha de elementos estruturais inadequados, tais como: definição incorreta dos efeitos ativos ou sua combinação mais desfavorável, escolha inadequada do modelo analítico, falta de cálculo estrutural ou avaliação da capacidade de suporte do solo.

Durante a fase de execução, o livro Patologia das Estruturas de Weimer,Thomas e Dresch (2018), expõem alguns exemplos de erros durante a fase de construção, como a falta de qualificação profissional da mão de obra, falta de controle sobre a qualidade da construção, falta de atenção às condições de trabalho e como consequência a demissão de trabalhadores, materiais e componentes, má qualidade e falta de responsabilidade técnica.

Em seu livro “ Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto” Souza e Ripper expõem uma tabela (em anexo) com opiniões de vários lugares do mundo sobre o percentual das causas das manifestações patológicas, pode se perceber que não existiu um consenso entre os pesquisadores, se a concepção ou a execução é responsável pelo maior porcentagem de causas.

2.2.2 Causa Naturais

Souza e Ripper definem causas naturais como aquelas causas que não estão interligadas ao próprio material e sua vulnerabilidade ao meio ambiente e aos esforços requeridos, sendo assim não causadas por erros humanos ou equipamentos.

2.2.3 Causas decorrentes de outras patologias

Segundo MARCELLI (2007), nas estruturas que já sofreram algum processo de corrosão como a carbonatação é produzido tensões de tração onde o concreto não resiste, assim ocorre um aumento de volume em até oito vezes na parte em que foi afetada, surgindo então pequenas fissuras nas armaduras situadas próximo à superfície do elemento.

Fusco (2008) relata que além do dano causado pela patologia ao que se refere à resistência mecânica da estrutura, ainda há o agravante de facilitar a penetração de outros agentes nocivos, que podem prejudicar ainda mais as armaduras e o concreto.

2.2.4 Alguns tipos de manifestações patológicas

A seguir serão abordados alguns tipos de manifestações patológicas que foram definidas ao longo de anos de estudo na construção civil por pesquisadores especialistas no assunto.

2.2.4.1 Corrosão das Armaduras

Segundo Granado (2002) a corrosão das armaduras é uma das principais manifestações patológicas, responsável por enormes danos na construção civil, um campo claramente interdisciplinar, onde a eletroquímica, química e a cinética desempenham papel importante e mesmo o concreto armado tendo vida útil ilimitada, é crescente o número de estruturas deterioradas prematuramente por oxidação destrutiva do aço, pelo meio que o envolve.

A seguir temos a tabela 1 e 2 com a definição regulamentada pela NBR 6118 de 2014 sobre a classe de agressividade do ambiente que essa armadura está exposta com o cobrimento nominal.

Tabela 1- Classe 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 Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha Industrial	Grande
IV	Muito Forte	Industrial Respingos de maré	Elevado

(Fonte: NBR 6118, 2014)

Tabela 2- Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

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

(Fonte: NBR 6118, 2014)

Segundo Souza (1998), a carbonatação é um fenômeno que acontece através de reações químicas que envolvem a inclusão de gás carbônico (CO_2), que estão presentes no clima, com os componentes envolvendo a hidratação do cimento, assim resultando em um composto chamado ácido carbônico (H_2CO_3), que ao reagir com o cimento forma carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e água, assim dando origem ao nome carbonatação. A alcalinidade, que é a medida total das substâncias presentes na água, e capazes de neutralizar os ácidos, é de suma importância para manter o aço do concreto armado protegido, com ele esse processo altera o Ph e pode desencadear facilmente a corrosão no concreto.

2.2.4.2 Concreto segregado ou mal vibrado

Segundo TRINDADE(2015) esta patologia caracteriza-se pela formação de vazios provenientes de vibração incorreta da mistura, processo que ocorre durante a concretagem e tem como objetivo a remoção do ar do corpo de concreto, com os vazios na estrutura, ocorre diminuição da resistência mecânica na área, gerando problemas na estrutura como um todo, também permitindo a entrada de outros agentes prejudiciais ao concreto e ao aço.

2.2.4.3 Fissuras

De acordo com CORSINI (2010) as fissuras são um tipo comum de patologia em edificações, são causadas pela tração do material, podem interferir na estética, durabilidade e nas propriedades estruturais da peça. Assim, segundo o mesmo autor, quanto maior a restrição ao movimento do material, mais frágil é o material e maior a magnitude da fissuração. Alguns peritos e normas, classificam as fissuras com diferentes nomes, conforme a sua espessura.

> "Em uma visão geral, simplificada, as origens das fissuras de uma edificação podem surgir na fase de projetos arquitetônico, estrutural, de fundação, de instalações , de execução da alvenaria, dos vários sistemas de acabamento e, inclusive, na fase de utilização, por mau uso da unidade". Paulo Grandiski, do IbapeSP (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo)".

A tabela 3 foi feita por Oliveira (2012), que revela a classificação das aberturas do concreto em relação com a espessura.

Tabela 3 : Classificação das aberturas

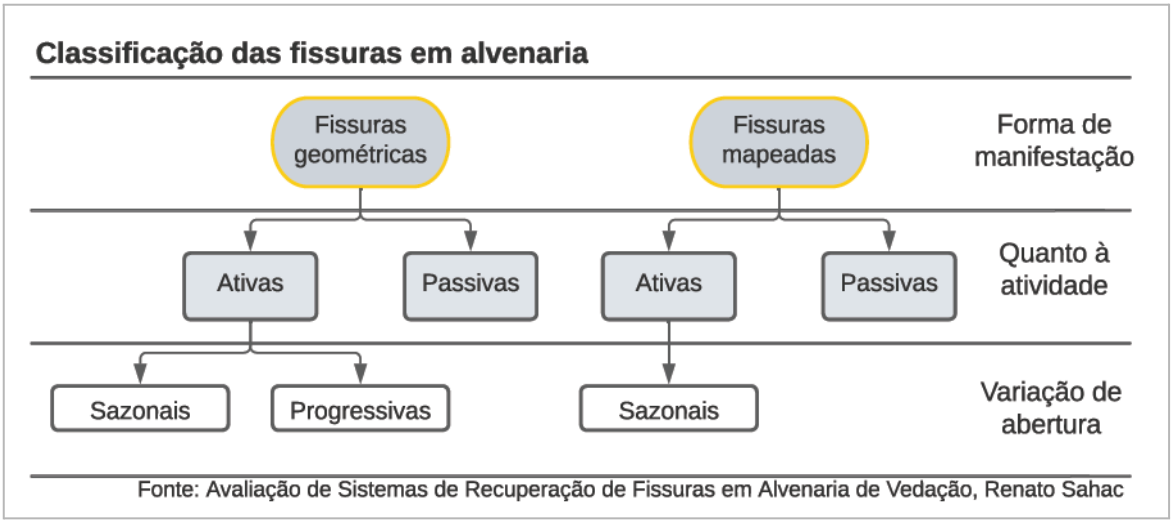
ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	1,5 a 5,0
Fenda	5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

(Fonte: Oliveira, 2012)

Segundo Corsini (2010), as fissuras geométricas podem ocorrer tanto nos

elementos da alvenaria, blocos e tijolos, quanto em suas juntas de assentamento, já as fissuras mapeadas têm forma de "mapa" e são aberturas superficiais. As fissuras podem ocorrer de forma ativa ou passiva, sendo que as ativas ainda podem ser subdivididas em sazonais ou progressivas. As fissuras ativas são aquelas que têm variações sensíveis de abertura e fechamento, sendo as sazonais devido às variações de temperaturas, estas não apresentam riscos reais à estrutura, já a progressiva vai aumentar de tamanho no decorrer do tempo sendo estas perigosas para a vida útil da edificação. A figura 1 demonstra em forma de fluxograma de classificação de fissuras em alvenaria.

Figura 1: Fluxograma de Classificação das fissuras em alvenaria



(Fonte: Sahade apud Corsini, 2010)

2.2.4.4 Umidade

Verçoza (1991) diz que a umidade não é apenas uma causa de patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra.

A infiltração de água é uma das patologias mais importantes e muito comum na construção civil, o que pode ser devido à falta de conhecimento e falta de especificações técnicas corretas para prevenção e tratamento, segundo Dal Pont & Pavan (2007).

Segundo Souza (2008) os defeitos mais comuns na construção são a infiltração de água ou a formação de manchas causadas pela umidade. Além da ocorrência frequente, esses defeitos podem ter consequências gravíssimas, como a destruição das características funcionais da edificação, causando desconforto aos usuários e, em casos extremos, à saúde dos moradores, danos aos objetos e pertences da edificação, bem como como vários uma perda econômica. A tabela 4 expõe a origem da umidade nas construções.

Tabela 4: Origem da umidade nas construções

ORIGEM	PRESENTE EM
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do Concreto Confecção de argamassas Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Coberturas (telhados) Paredes Lajes de Terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Terra, através do lençol freático
Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos	Paredes Telhados Pisos Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiro, cozinha e garagens

(Fonte: Fernandes, 2018)

Um tipo de patologia causada pela umidade é o mofo, que são lesões geralmente em paredes molhadas causadas por infiltração ou vazamento de água. Os mofos são fungos e plantas que causam danos aos materiais utilizados na construção, enquanto os mofos são fungos que se alimentam de materiais orgânicos decompostos, fazendo com que as superfícies das paredes fiquem opacas e com mau aspecto. (Fernandez, 2018).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordados os procedimentos da pesquisa, seguindo por algumas etapas, sendo elas o referencial teórico que é a base nos estudos de caso mais aprofundados sobre o tema, e os estudos realizados durante as vistorias técnicas com o acompanhamento dos responsáveis da obra, que serviram para colher as informações de desenvolvimento da metodologia aplicada neste trabalho.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O objetivo deste trabalho foi analisar as manifestações patológicas em

estruturas de concreto armado em um edifício residencial e comercial no centro da cidade de Joinville, para que posteriormente fosse possível avaliar o tipo de recuperação aplicado e sua eficácia acerca do problema.

A partir de várias visitas ao edifício analisando as manifestações patológicas existentes, para a verificação dos conceitos contidos no referencial teórico, e a estruturação deste artigo. Por se tratar de um estudo de caso, este trabalho tem viés bibliográfico e exploratório devido à utilização de referências retiradas de livros, artigos e normas técnicas.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

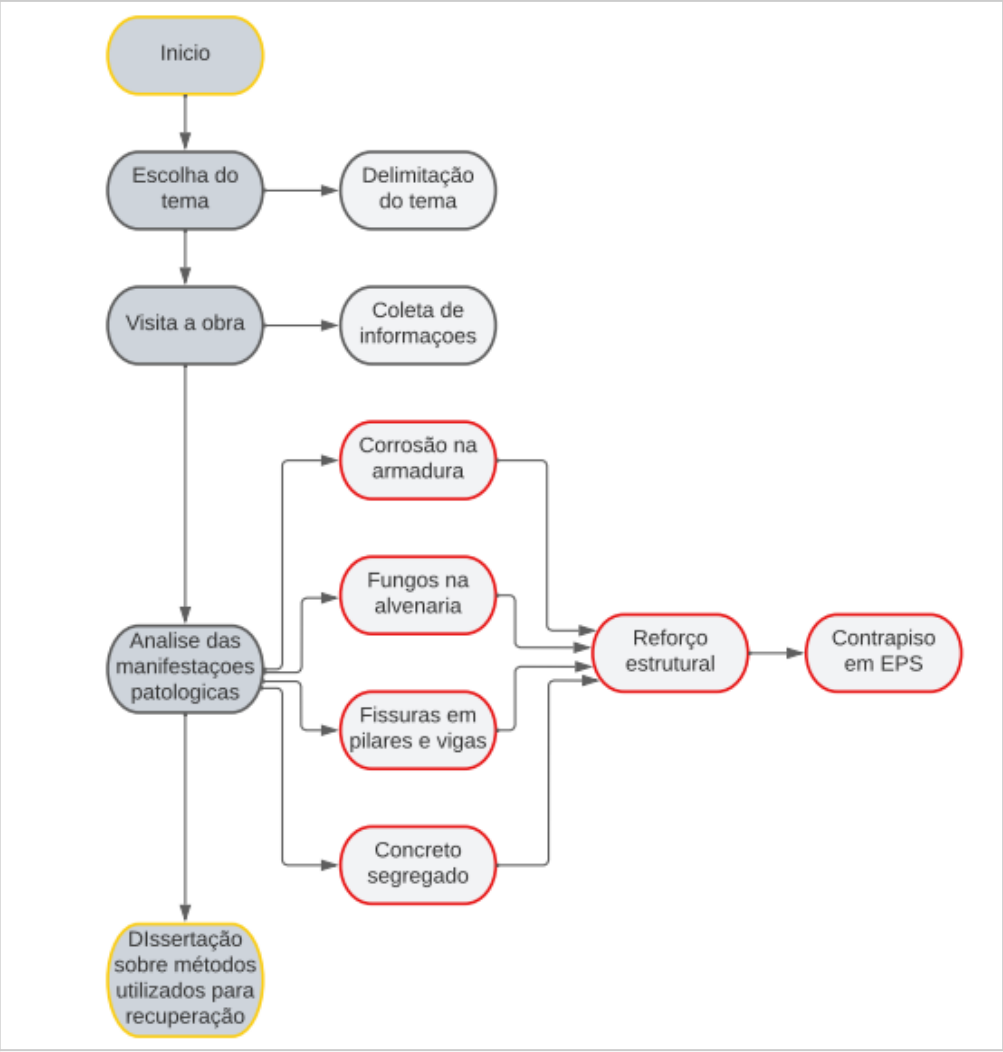
Este estudo foi elaborado em um edifício residencial e comercial localizado no centro da cidade de Joinville/SC. O empreendimento teve sua construção iniciada no ano de 2009 pela construtora X, que passou pelo processo de falência, interrompendo suas atividades no ano de 2013, deixando aproximadamente, 9 mil famílias lesadas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A obra analisada foi paralisada em 2013 com 50% construído, retomando 5 anos depois, no ano de 2018, após os moradores criarem uma assembleia que formalizou a criação de uma comissão de patrimônio, assim recebendo a posse para retomarem as obras. Atualmente o prédio está na reta final, com previsão de entrega para o segundo trimestre de 2022.

O empreendimento residencial e comercial possui uma torre, com 13 pavimentos, sendo o térreo divididos em garagem e salas comerciais, já o primeiro (1º) e segundo (2º) pavimentos destinados apenas para garagem, 3º pavimento de apartamentos e lazer e 09 pavimentos de apartamentos tipo, totalizando 14967,50 m² edificados.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

O fluxograma abaixo (Figura 2) tem como objetivo identificar as etapas que compõem a pesquisa.

Figura 2: Fluxograma com as etapas da pesquisa



(Fonte: Os Autores, 2022)

3.4 PROCEDIMENTO

Após visitas realizadas a obra, e avaliações em torno da edificação estudada, com acompanhamento do responsável técnico da obra em todas as visitas, foram analisados diversos problemas causados, em virtude da má execução dos processos da obra e também do período em que ela ficou parada e exposta ao clima. Entre todos as patologias encontradas no local, sendo elas o mau adensamento do concreto, posicionamento incorreto das armaduras, desaprumo das estruturas, fissuras, oxidação das armaduras, entre outras, escolhemos quatro manifestações patológicas para serem estudadas, sendo elas a corrosão nas

armaduras, fissuras em pilares e vigas, fungos na alvenaria e concreto segregado.

3.4.1 Corrosão na armadura: Carbonatação

Em visita realizada na obra, foi observada vários pontos com oxidação nas armaduras das vigas, pilares e nas escadas, seguidas em diversos pavimentos da edificação. Foi possível constatar que essas oxidações aconteceram pela corrosão da armadura ocasionadas pela carbonatação no concreto.

Como o edifício está localizado em um ambiente urbano, a cobertura mínima exigida pela NBR 6118, conforme ilustrado nas tabelas 1 e 2, é de 25 mm para lajes e 30 mm para pilares e vigas. Mas como observado na obra, não foi realizado o cobrimento adequado, pois havia lugares sem preenchimento apropriado das armaduras permitindo que a estrutura sofresse a carbonatação, conforme as figuras 3(a) e 3(b).

Figura 3: Corrosão da armadura em (a) pilar e (b) viga

(a) (b)

(Fonte: Os Autores, 2022)

Ao que tudo indica, a corrosão nas armaduras detectadas nos pilares devem-se primordialmente pelo tempo que ficou exposto ao tempo, permitindo que o processo da carbonatação acontecesse, mas também pelo mau posicionamento da armadura e pela segregação causada no concreto. Isso possivelmente foi ocasionado pelo mau adensamento no concreto no momento da concretagem da laje, e pela ausência ou uso insuficiente de vibradores, instrumento usado para garantir que o concreto não possua espaços vazios, bem como a ausência de

espaçadores que posicionam as armaduras, a partir do contato direto com as lajes de caixaria que cubram totalmente o concreto, o molde é completamente preenchido entre o interior da caixa e as barras de aço.

3.4.2 Fungos na alvenaria

Antes mesmo de entrar na edificação, no período em que ela permaneceu parada, já podia-se notar que haviam fungos na parte externa, apenas observando da rua para a construção, mas somente quando se pode analisar a parte interna do prédio que foi possível notar a gravidade da patologia.

Na primeira visita realizada em fevereiro de 2021, pode se avaliar que os andares superiores onde não haviam sido rebocados pela antiga construtora, houve o aparecimento de fungos nas paredes, onde então foi constatado, que devido ao longo período que a edificação ficou parada exposta ao clima, surgiram mofos na alvenaria tanto nas paredes internas da edificação, como também na fachada. Pode-se analisar esses fungos conforme figura 4.

Figura 4: Fungos na alvenaria

(Fonte: Os Autores, 2022)

Entende-se que o primeiro estágio do fungo é o bolor, ele é o caso mais simples de resolver e fácil de identificar, caracterizado por textura em alto relevo na cor cinza. O segundo estágio é o mofo, apresenta uma coloração mais escura, mais difícil de ser removida, e apresenta riscos à estrutura. Os fungos em geral além de comprometer a eficiência estrutural também podem oferecer riscos à saúde.

Os fungos podem causar esse tipo de patologia na alvenaria, pois ao se misturarem com os materiais utilizados na construção, liberam enzimas ácidas, que acabam danificando a edificação. A umidade e a pouca ventilação favorecem que esse processo ocorra .

3.4.3 Fissuras em pilares e vigas

Após as visitas em obra, foi observado que a maioria das fissuras encontradas na estrutura se encontravam em toda edificação mas com maior concentração na região da piscina, localizado no terceiro pavimento, principalmente nas vigas de sustentação localizada no segundo pavimento de garagem, muito possivelmente pela furação dos tubos para drenagem na piscina. as também nos pavimentos superiores como oitavo, nono e décimo pavimento, possivelmente pela cura inadequada das formas.

Fissuras, rachaduras ou trincas, classificadas de acordo com sua espessura, segundo a tabela 2, são causadas geralmente por tensões imprevistas em projeto. As fissuras são geralmente menos graves, em geral, elas aparecem na maior parte dos casos na superfície da peça estrutural. São estreitos e alongados, com aberturas inferiores a 0,5 mm. Às vezes, eles nem são visíveis a olho nu. Geralmente não envolvem problemas estruturais, mas podem evoluir para consequências mais graves.

As fissuras encontradas na edificação estudada possivelmente foram ocasionadas primordialmente por problema de adensamento do concreto, por erros na execução da concretagem, no momento do lançamento. Não há como saber o real motivo, para que aconteça esta falha executiva, uma vez que no pilar não existam grandes concentrações de armaduras, havendo somente os arranque.

Acredita se que as fissuras foram se agravando conforme outras patologias foram surgindo, como por exemplo, a segregação do concreto, que com o surgimento da ferrugem na oxidação do aço, houve uma expansão da armadura, de modo que o concreto sofresse fissuração e assim teve sua aderência reduzida.

Com auxílio de um fissurômetro que consiste em uma régua que mede a largura de fissuras pode se avaliar que as fissuras encontradas no prédio foram inferiores a 0,5mm ou seja não apresentam grandes riscos estruturais, mas mesmo assim precisavam ser tratadas para não ocasionar problemas futuros para o prédio. Pode-se analisar essas fissuras nas figuras 5 (a) e 5 (b).

Figura 5: Fissuras (a) verga (b) pilar.

(a) (b)

(Fonte: Os Autores, 2022)

3.4.4 Concreto segregado ou mal vibrado

Em visita realizada, foi informado que assim que foi assumida a obra pela nova gestão, os andares inferiores já haviam sido rebocados pela antiga construtora, entretanto os pavimento superiores não estavam com reboco, e neles foi possível verificar aços oxidados e exposto e a existências de vazios nas formas das lajes. Podemos analisar a segregação do reboco conforme figura 6.

Figura 6: Reboco Segregado

(Fonte: Os Autores, 2022)

Andando pelos andares era possível verificar que as tavelas das lajes estavam mal posicionadas e que o concreto poderia cair a qualquer momento. Foi então executado um teste de percussão, que nada mais é que o arrastar de um martelo pena nas lajes, para poder analisar se havia um som cavo, assim seria possível verificar a existência de vazios dentro das lajes, foi então, constatado tal som, então houve a necessidade de iniciar o processo de retirada de todo o reboco das lajes com uma lixadeira, como pode-se analisar na figura 7(a) e (b).

Figura 7: Retirada do reboco

(a) (b)

(Fonte: Os Autores, 2022)

Após a retirada do reboco nas lajes, foi possível verificar que as vigotas treliçadas das lajes haviam sofrido compressão e as ferragens foram ‘estranguladas’ pelas tavelas, na qual não tiverem envolvimento com o concreto e consequentemente oxidaram, foi possível observar também a existência de pontos com nichos nas vigotas, isso possivelmente aconteceu pela má execução da laje, já que as vigotas treliçadas foram posicionadas erradas, e possivelmente houve falha na vibração do concreto, como também pela infelicidade da escolha na colocação de tavelas ceramicas no meio das vigotas treliçadas, nos quais absorveram o concreto na hora da concretagem pelas seus furos laterais, que consequentemente, despencaram após sua cura, e deixando assim, nichos nas nervuras.

Esta patologia traz como consequência um enfraquecimento na estrutura e consequentemente uma redução da resistência mecânica como um todo, também permitindo a entrada de outros agentes prejudiciais ao concreto e ao aço, causando corrosão deste último e podendo causar novas patologias em toda a edificação.

4 RESULTADOS

Neste capítulo, serão relatados os procedimentos tomados mediante as patologias citadas neste artigo.

4.1 CORROSÃO NA ARMADURA: CARBONATAÇÃO

Mapeados os pilares que se encontram com corrosão na armadura, inicia-se o processo de reconstrução, nesse caso primeiro é feito uma análise do estado de conservação do aço, se ele estiver em bom estado é realizado o lixamento na peça para limpeza, caso não esteja em bom estado o aço é substituído.

No segundo passo é realizado um recorte na peça de aproximadamente 2,5cm, respeitando o comprimento limite e não ultrapassando 20% das dimensões do pilar, caso necessite exceder esse limite, dividiu-se em duas etapas para não comprometer o pilar a elevados esforços na seção transversal.

Por último é feita a caixaria do pilar, e aplicado uma argamassa de alta resistência usada para preencher espaços vazios de blocos, o principal objetivo dessa argamassa é de aumentar a capacidade portante, dando melhor resultado para o pilar.

4.2 FUNGOS NA ALVENARIA

A partir do momento que foi localizado as paredes em que haviam fungos, foi iniciado o processo de remoção desses fungos para não haver maiores complicações estruturais.

E então foi aplicado um produto indicado pelo engenheiro estrutural responsável pela obra, que possui nanotecnologia, aplica-se na alvenaria seca,

caso possua algum material na superfície é passado uma escova para derrubar, então deposita-se o produto com um pulverizador no sentido de baixo para cima, o tempo de cura do produto é de 7 dias. Por fim finaliza com lavação. Esse produto penetra na alvenaria matando os fungos na raiz.

4.3 FISSURAS EM PILARES E VIGAS

Para o tratamento das fissuras encontradas nos pilares e nas vigas, a solução encontrada foi a utilização da resina epóxi de baixa viscosidade, pois possui melhor penetração na superfície, boa aderência e alta resistência após sua cura. Antes de ser aplicado na estrutura, foram realizados diversos testes com o produto, para ter certeza da sua eficácia, conforme podemos ver na figura 8.

Figura 8: teste de viscosidade

(Fonte: Os Autores, 2022)

Como pode-se analisar na figura 9, o produto tem realmente boa viscosidade, e boa aderência. O processo realizado para a aplicação do produto na estrutura foi então abrir um furo na região do pilar ou viga, com uma broca de 6 mm de largura por 30 mm de profundidade, aspirar a sujeira que fica dentro do furo, injetado em uma seringa o produto epóxi, e depositado no furo, por ter alta viscosidade o produto se infiltra em todos os vazios.

Figura 9: Aplicação nas Fissuras

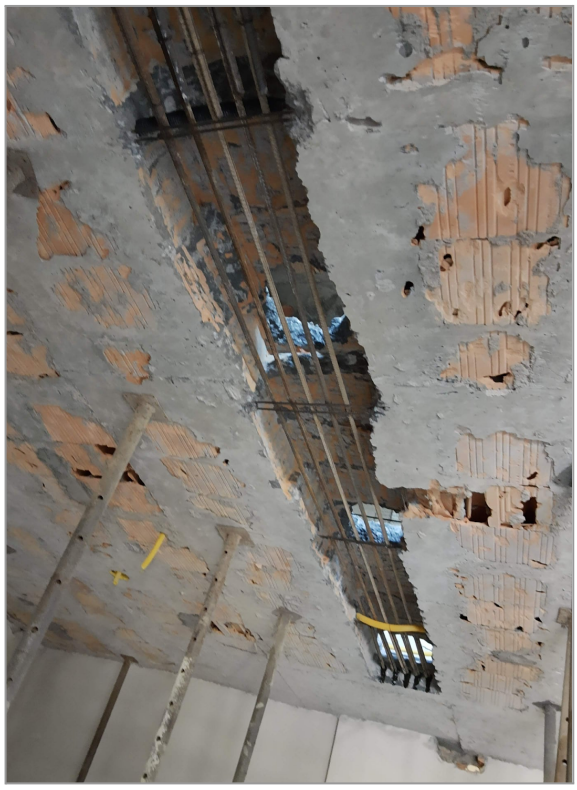
(Fonte: Os Autores, 2022)

4.4 CONCRETO SEGREGADO OU MAL VIBRADO

Após o processo de remoção do reboco, pode-se avaliar que precisaria de um reforço nas vigas, já que sua estrutura havia sido comprometida, foi então iniciado o processo de reforço estrutural de vigas, o qual foi realizado um projeto estrutural próprio para ele.

Nesse processo, consistia na abertura em uma extensão reta na laje, da largura de uma tavela ceramica aproximadamente, como podemos ver na figura 10, essa abertura ia de um capitel a outro, então fazia a junção dos arranques de aço que saia da viga e se juntava no capitel onde era coladas por um adesivo estrutural para ancoragem de concreto e aço, feita a caixaria e escoramento na parte inferior, e então concretada com argamassa pré-dosada ideal para reforço estrutural, de alta resistência mecânica à compressão.

Figura 10: Reforço Estrutural



(Fonte: Os Autores, 2022)

4.5 CONTRAPISO COM EPS

Por conta do reforço estrutural das vigas, foi necessário achar um meio alternativo para diminuir a carga estrutural do prédio, já que a estrutura ficou sobrecarregada. Foi então decidido a colocação do contrapiso com EPS em toda a obra.

O contrapiso com isopor tem peso específico a partir de 650 kg/m3 aproximadamente, sendo que a argamassa de contrapiso tradicional tem aproximadamente 2.300 kg/m3. O contrapiso com EPS permite com que o peso reduza significativamente, seu material tem bom desempenho em resistência mecânica e também proporciona isolamento acústico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram estudadas algumas patologias encontradas em um prédio localizado no centro da cidade de Joinville, conclui-se que grande parte das patologias encontradas, foram ocasionadas pelo tempo que ela ficou exposta é submetida aos fatores climáticos sem nenhum tipo de proteção, mas também grande maioria dos problemas patológicos tem origem relacionada a alguma falha na

realização das atividades no processo de construção.

Entende-se que algumas patologias foram decorrentes de outras, o que provavelmente foi fator que agravou a situação. O método utilizado de resolução não é o único possível, porém é encontrado em outras bibliografias por outros autores, e admite-se que ele é eficaz aos problemas encontrados na edificação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 (2014). **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.**

CORSINI. **Trinca ou Fissura?** . Reportagem - Revista Téchne, 2016 . Disponível para Downloads em: https://www.academia.edu/29245558/Trinca_ou_fissura_T%C3%A9chne. Acesso em 15 abr. 2022.

EIMER, B. F. W. ; THOMAS, M. T. ; DRESCH, F. D. **Patologia das Estruturas.** 2018. Porto Alegre. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595023970/pageid/1. Acesso em 01 abr. 2022.

FERNANDES, L. A. F. Patologias originadas pela umidade em edificações e seus tratamentos. Disponível em: https://rdu.unicesumar.edu.br/xmlui/handle/123456789/751. Acesso em 23 mai. 2022

GONÇALVES, E. A. B. G. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações.** 2015. 174 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf;. Acesso em:20 abr. 2022.

GRANADO, J. E. **Patologia das Construções**. 2002. Disponível em: http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf. Acesso em: 29 mar. 2022.

LICHTENSTEIN, N. B. L. **Patologia das Construções.** 1986. São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00006.pdf. Acesso em: 29 mar 2022.

MACHADO. B. M; VIEIRA. F. V. **Análise de Problemas e Não Conformidades no Pós-Obra da Construção Civil.** 2020. Palhoça. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Sul de Santa Catarina. Disponível em:
https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4596/7/Estudo%20de%20Caso-An%c3%a1lise%20de%20problemas%20e%20n%c3%a3o%20conformidade

s%20no%20p%c3%b3s-obra%20da%20constru%c3%a7%c3%a3o%20civil.pdf. Acesso em 01 abr. 2022.

GRANADO, J. E. **Patologia das Construções**. 2002. Disponível em: http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf. Acesso em: 29 mar. 2022.

SANTOS, S. D. **Análise de algumas técnicas de recuperação de estruturas de Ribeirão Arrudas.** 2015 89 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A9SG58/1/monografiasolangerevis_o_6.pdf. Acesso em 15 abr. 2022.

SILVA, D. H. S. **Recuperação de estruturas de concreto – Corrosão das Armaduras,** Estudo levantado no Centro Oeste de Minas Gerais. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 10, Outubro de 2018.
Disponivel em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recuperacao-de-estruturas. Acesso em: 20 abr.2022.

SOUZA, V. C. M. S. ; RIPPER, T. R. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p. 5a tiragem (2009). Disponivel em:
https://lucasmonteirosite.files.wordpress.com/2017/08/vicente-custc3b3dio-e-thomaz-ripper-patologia-recuperacao-e-reforco-de-estruturas-de-concreto.pdf. Acesso em: 15 abr. 2022.

TUTIKIAN, B. F. T. ; BOLINA, F. L. B. ; HELENE, P. R. L. H. **Patologia das Estruturas.** 2019. São Paulo. Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/patologia-de-estruturas-DEG.pdf. Acesso em: 01 abr. 2022.

ANEXO

Anexo 1: Tabela de análise percentual das causas de patologias em estruturas de concreto

	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
FONTE DE PESQUISA	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	⇐ 49 ⇒		
C.S.T.C. (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	⇐ 40 ⇒		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Penteado Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	⇐ 88 ⇒			12
E.N.R. (U.S.A.) (1968 - 1978)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	⇐ 40 ⇒		16
Jean Blévot (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Quadro 1.1 - Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto

(Fonte: Souza e Ripper, 1998)