



INSTITUTO BRASILEIRO DE MEDICINA DE REABILITAÇÃO

DANILO PATRICIO

LEONARDO DALTRO CHAGAS

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E O PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E
COMERCIAIS**

Rio de Janeiro

2023

**DANILO PATRICIO
LEONARDO DALTRO CHAGAS**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E O PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E
COMERCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de graduação em
Engenharia Civil do Instituto Brasileiro de
Medicina e Reabilitação como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. M.Sc. Michael Leone Madureira de Souza

Rio de Janeiro

2023

**DANILO PATRICIO
LEONARDO DALTRO CHAGAS**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E O PROGRAMA DE MANUTENÇÃO
NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E
COMERCIAIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Área 2 e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil, do Instituto Brasileiro de Medicina e Reabilitação.

_____, _____ de _____ 20_____
Local dia mês ano

Prof. M.Sc. Michael Leone Madureira de Souza
IBMR – Orientador

Prof.
IBMR –

Prof.
IBMR –

RESUMO

As manifestações patológicas em estruturas de concreto armado em edifícios residenciais e comerciais são bastantes recorrentes devido as inúmeras falhas que podem ocorrer tanto nas etapas de projeto, durante a obra, pela utilização errada de materiais quanto pela mão de obra desqualificada e geralmente na má utilização da edificação pelos usuários. A falta de um plano de manutenção preventivo eficaz contribui com a negligência do estado das estruturas de concreto armado das edificações. Este trabalho apresenta as principais causas e origens das manifestações patológicas mais comuns encontradas no dia a dia, bem como a importância da rotina de checagem, acompanhamento e manutenção periódica nas estruturas de concreto armado, mostrando a importância dessas ações relacionadas com o aumento da vida útil das estruturas. Além disso, o trabalho produzirá um checklist que ajudará os mais leigos poderem acompanhar e inspecionar tais patologias antes de contratar um profissional habilitado para um estudo mais aprofundado com posterior manutenção, se necessário.

Palavras-chave: Patologias. Manifestações patológicas. Concreto armado. Manutenção preventiva. Inspeção em estruturas. Vida útil das estruturas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	OBJETIVO GERAL.....	7
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	7
1.3	METODOLOGIA	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO	9
3	VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....	11
3.1	DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS.....	12
3.2	DESEMPENHO DAS ESTRUTURAS	13
4	PATOLOGIAS E SUAS GENERALIDADES	16
4.1	CONCEITO DE PATOLOGIA.....	16
4.2	ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	17
4.2.1	Patologias originadas na etapa de projeto	18
4.2.2	Patologias originadas na etapa de execução	19
4.2.3	Patologias originadas na etapa de uso	21
4.3	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	23
4.3.1	Infiltração	23
4.3.2	Fissuras, trincas e rachaduras	27
4.3.3	Eflorescência.....	29
4.3.4	Corrosão da armadura.....	30
4.4	MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	31
4.4.1	Manutenção preventiva	31
4.4.2	Manutenção preditiva	32
4.4.3	Manutenção corretiva.....	33
5	METODOLOGIA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS.....	35
5.1	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	35
5.1.1	Classificação das famílias dos elementos e fatores de ponderação do dano.....	36
5.1.2	Fator de intensidade do dano	38
5.1.3	Grau do dano	41

5.1.4	Grau de deterioração de um elemento estrutural	42
5.2	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	43
6	ESTUDO DE CASO.....	46
7	CONCLUSÃO	51
8	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O concreto armado é largamente empregado na construção de estruturas. Trata da utilização de barras de aço juntamente com o concreto. No Brasil, a NBR 6118 (2014), define os critérios gerais que regem o projeto das estruturas de concreto, fixando requisitos básicos exigíveis. As estruturas de concreto devem atender aos requisitos mínimos de qualidade, quais sejam: capacidade de resistência, desempenho em serviço e durabilidade. Sendo assim, a resistência a rupturas, a conservação das condições de utilização para toda vida útil e a capacidade de suportar as influências externas previstas e possíveis são fatores que conferem a um projeto de engenharia padrões legais de qualidade. Todavia, os elementos de concreto armado podem manifestar patologias que afetam a estabilidade da estrutura, por meio de fatores que têm seu início na fase inicial da elaboração projeto, na execução dele ou na utilização da estrutura.

Patologia é um termo de origem grega que significa “estudo das doenças”. Na Construção Civil o termo patologia está associado às “doenças” ocorridas nas edificações, tais como rachaduras, infiltrações e outras. Em relação ao concreto armado, as patologias mais comuns ocorrem em decorrência de ataques químicos e ambientais às estruturas. Costumam se originar a partir de falhas na fase de projeto, na fase de execução, em decorrência de mão de obra desqualificada ou emprego equivocado dos materiais, e por falta de manutenção preventiva. A patologia mais comum em concreto armado é a corrosão, porém outras recorrentes são: fissuras, trincas, erosão, deslocamento e eflorescência. (LUDOVICO, 2016).

Brandão (1999) afirma que durante anos, o concreto foi considerado um material extremamente durável. E que atualmente a deterioração precoce das estruturas estão ligadas diretamente a uma somatória de fatores, dos quais citam-se: inadequação dos materiais, má utilização da edificação, agressividade do meio ambiente, ineficiência e falta de manutenção.

De acordo com a NBR 6118 (2014), a estrutura de concreto deve manter, estabilidade e aptidão em serviço, durante o período correspondente à sua vida útil, porém é difícil determinar a vida útil da estrutura de concreto. Desta forma, para afirmar que o concreto é durável, faz-se necessário definir o desempenho mínimo requerido e desejado para o material, num intervalo de tempo que pretendem-se atingir inserido no ambiente que localizará a edificação.

O problema do não conhecimento exato da vida útil da estrutura de concreto durante o período de operação da edificação, é que qualquer intervenção na estrutura de concreto é sempre

custosa, tanto do lado financeiro, como operacional, e que com o passar do tempo só tende a aumentar gradativamente.

Nesta linha, Carraro e Dias (2014) destacam a necessidade da substituição da usual manutenção corretiva por uma manutenção preventiva. Para se evitar o cenário de custo elevado e intervenções desnecessárias além do acompanhamento da evolução das patologias nas estruturas de concreto armado das edificações, faz-se necessário um planejamento que vise combater não apenas o alto custo da atividade de manutenção, como também a diminuição da vida útil e conseqüentemente aumente o desempenho da edificação.

Sendo assim, esse trabalho busca apresentar aspectos sobre a brevidade na identificação das patologias em concreto armado e a importância da implantação de uma rotina de inspeção e manutenção nas estruturas de concreto armado, como sendo uma parte vital da edificação.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é abordar aspectos teóricos, técnicos e operacionais das principais patologias nas estruturas de concreto armado em edifícios residenciais e comerciais.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Mostrar a importância da manutenção preventiva nas estruturas de concreto armado e ajudar proprietários de imóveis, síndicos e quem tiver interesse a identificar e analisar o grau do dano das manifestações patológicas que surgem nas estruturas de concreto.

1.3 METODOLOGIA

Este trabalho realiza um estudo teórico das patologias mais comuns em edificações residenciais e comerciais de concreto armado. Nesse contexto procura-se elaborar um manual para explicitar e analisar as manifestações patológicas, realizando um plano de identificação destas patologias.

A metodologia envolve uma criação dos autores, um check-list de inspeção em estruturas de concreto armado, onde nele são citadas as principais manifestações patológicas neste tipo de estrutura.

Para análise e avaliação patológicas das edificações, foi utilizado o estudo de Castro (1994) onde ela analisa alguns critérios de deterioração das estruturas, propõe metodologias para manutenção estrutural de acordo com cada tipo de patologia e sua evolução, mostrando a eficiência da manutenção periódica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO

Silva, Fabrício (2006) desenvolveu uma pesquisa onde verificou as manifestações patológicas encontradas nas fachadas de sessenta e três edifícios residenciais e/ou comerciais da cidade de Ijuí no Rio Grande do Sul. O autor constatou em 2006 que dentre as sessenta e três edificações, cinquenta e quatro apresentavam patologias e todas elas foram identificadas e agrupadas com o intuito de verificar quais eram as mais frequentes e a maioria eram relacionadas a fachada do prédio, como deterioração do rejuntamento, umidade, infiltração, entre outros.

Andrade (1997) realizou um estudo no estado de Pernambuco, onde levantou as principais manifestações patológicas e as formas de recuperação empregadas nas estruturas. As obras usadas para o estudo eram do período de 1978 a 1996 e a partir deste estudo o autor concluiu que os pilares foram os elementos que apresentaram maior índice de degradação, seguido das vigas e lajes, devido principalmente a corrosão da armadura e das fissuras das movimentações de origem estrutural.

Aranha (1994) apresentou os resultados de um levantamento de 348 casos patológicos em estruturas de concreto armado entre os períodos de 1976 a 1993, na Amazônia. Para cada tipo de degradação foram identificadas as prováveis causas e origens e verificou-se que a corrosão de armaduras é o dano mais comum. As estruturas recordistas, que possuem mais manifestações patológicas, são as de um grupo de obras pertencentes ao poder público. Nas etapas de projeto e execução constatou quase 70% dos processos de deterioração, e a grande maioria das intervenções foram realizadas em obras com idade inferior a 10 anos. Até os 20 primeiros anos de obra foram gastos mais de 70% do total do dinheiro aplicado na recuperação das estruturas de concreto na Amazônia.

Em relação as vistorias e manutenções das patologias, Klein et al. (1991) foi o precursor da metodologia aperfeiçoada na Universidade de Brasília que teve como objetivo criar e implementar um processo de vistorias sistematizadas em estruturas de concreto com o intuito de priorizar ações de reparos de estruturas na cidade de Porto Alegre. A metodologia classifica as estruturas em função da variedade e gravidade dos problemas apresentados, através da definição de um grau de risco. (KLEIN et al., 1991, apud CASTRO, 1994, p. 33)

Castro (1994) desenvolveu uma metodologia sistêmica chamada de GDE/UnB, adotando por base as observações realizadas no estudo de Klein (1991). A metodologia de Castro, tem como objetivo adaptar as avaliações específicas de pontes e viadutos para qualquer estrutura de concreto convencional. Esta metodologia criada para manutenção de estruturas de concreto, tem o objetivo de quantificar o grau de deterioração dos elementos estruturais, são realizadas inspeções periódicas para verificar o desempenho dos elementos estruturais nos mais diferentes aspectos. A estrutura da edificação é dividida em famílias de elementos estruturais e para cada elemento de uma família é elaborada uma matriz onde são listadas as possíveis manifestações de danos com o respectivo fator de ponderação do dano. Este fator quantifica a importância de um determinado dano sobre as condições gerais de estética, funcionalidade e segurança do elemento. (KLEIN et al., 1991)

Lima, et al. (2019) analisou as manifestações patológicas do concreto em viadutos urbanos localizadas no eixo rodoviário norte de Brasília, e este estudo utiliza a metodologia GDE/UnB, criada por Castro (1994) que qualifica e quantifica a degradação de danos estruturais. Foi realizada a caracterização do estado das estruturas com a finalidade de verificar se existe a necessidade de uma intervenção, a fim de ampliar a vida útil da estrutura.

Moreira (2007) também utilizou o método GDE/UnB para análise de uma estrutura. A estrutura em específico é a do Palácio da Justiça, uma arquitetura de Oscar Niemeyer fazendo parte dos monumentos arquitetônicos de Brasília. O resultado da avaliação estrutural, utilizando o método de Castro (1994) mostrou que a edificação se encontrava em estado de deterioração crítica, não compatível com uma edificação pertencente a um patrimônio cultural da humanidade, e com isso foi realizada uma análise estrutural do palácio e foi proposto uma estratégia para implantação de um programa de manutenção, com o objetivo de restabelecer os níveis de desempenho desta estrutura.

3 VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

O conceito de vida útil na construção civil, define-se da seguinte forma: “Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos [...]” (NBR 15575, 2013, p.34). De acordo com a ISO 13823 (2008, p.3), vida útil é definida também “como o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo”.

Segundo Demoliner e Possan (2013), a vida útil está ligada diretamente a durabilidade, se a edificação tiver seus produtos duráveis consequentemente terá uma vida útil longa.

No passado as normas brasileiras deixavam subentendido que 50 anos era o prazo de vida útil especificada em projeto (HELENE, 1992). A NBR 15575 (2013), especifica que a vida útil de projeto da estrutura de concreto é no mínimo 50 anos, como mostrado abaixo na Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplos de Vida Útil de Projeto aplicando os conceitos da NBR 15575.

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos.	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Estruturas auxiliares	Muro divisórios, estrutura de escadas externas.	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachada-cortina.	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpo.	≥ 20	≥ 25	≥ 30

Fonte: Adaptado de NBR 15575 (2013, p.55)

De acordo com Vieira (2016) em 1953 foi fundado o Conselho Internacional de Construção, que tinha como objetivo a troca de informações entre os países, divulgando

pesquisas e sistemas construtivos criados. Em 1984 com a ISO 6241 – Avaliação de desempenho em edifícios, foi tornar possível mensurar o desempenho das edificações.

Antigamente a subjetividade da vida útil da estrutura de concreto durante a fase de projeto, dificultava na definição do período de intervenção para manutenção da estrutura. Atualmente existe uma referência de vida útil de projeto da estrutura, o que possibilita avaliar se o período da manutenção está compatível com o projetado. Porém, pode-se constatar que os problemas estruturais em edificações costumam aparecer precocemente, bem antes de seus 50 anos de vida.

Para que a estrutura de concreto armado atinja uma idade de vida útil elevada, próximos dos 50 anos, conforme previsto na norma ABNT 15575 (2013), depende não apenas da mão de obra de execução e da manutenção ao longo dos anos, mas também da qualidade dos materiais que foram usados, acarretando diretamente na durabilidade deles.

3.1 DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS

Na norma brasileira regulamentadora diz que a “Durabilidade é a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso [...]” (NBR 15575, 2013, p.32).

A durabilidade não é apenas uma propriedade do material, mas sim a função relacionada a ele, no qual a durabilidade está exposta e submetidas a condição de utilização, as suas características e/ou componentes, durante a vida útil da edificação (POSSAN; DEMOLINER, 2013).

A edificação estará exposta durante a sua vida útil, a diversas ações, tais como: ação de intempéries (sol, chuva, vento); agentes externos do entorno da edificação (poluição atmosférica, sonora); e ações do próprio usuário (utilização, limpeza e reforma).

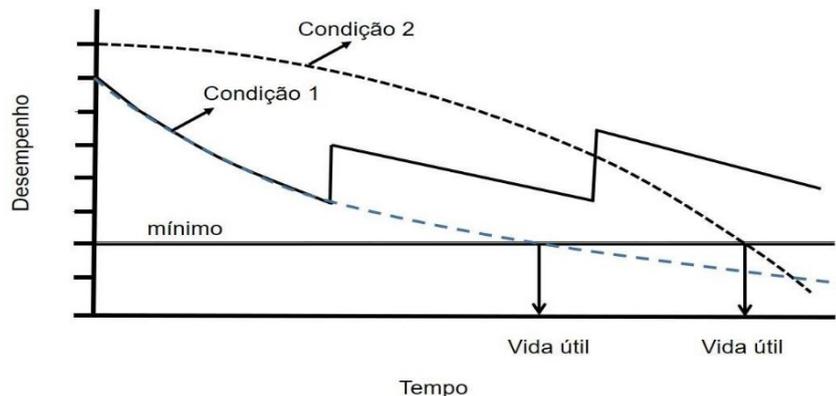
O resultado da interação entre o ambiente e o material, incluindo os aspectos de microclima, influencia diretamente as propriedades do material que o compõe e afeta a durabilidade e conseqüentemente a sua vida útil, conforme demonstrado na

Figura 1 (SATTLER; PEREIRA, 2006).

A

Figura 1 abaixo demonstra a durabilidade de um mesmo tipo de material inserida em ambientes diferenciados, como por exemplo uma estrutura de concreto armado. Observa-se que, a estrutura exposta na condição 1 (área litorânea), está num ambiente mais agressivo do que a condição 2 (área não litorânea), pois o material da condição 1, teve o encurtamento da sua vida útil ao longo do tempo por conta de ações da natureza, que fazem com que a corrosão na estrutura ocorra de forma mais rápida e foi necessário um plano de manutenção precocemente.

Figura 1 - Função de desempenho versus tempo descrevendo a durabilidade de uma estrutura de concreto armado em áreas litorâneas e não litorâneas. Condição 1 – Linha contínua preta e Condição 2 – Linha tracejada preta.



Fonte: Sattler; Pereira (2006, p.24).

A determinação da vida útil da edificação, não depende apenas durabilidade dos seus componentes e/ou materiais que o compõe, mas também do ambiente no qual estão inseridos, já que os elementos se deterioram em períodos distintos e em diferentes formas, ou seja, possuem durabilidades variáveis.

E a elaboração de históricos de manutenções de componentes com durabilidade variável auxilia na previsão das futuras manutenções e conseqüentemente no desenvolvimento do planejamento, estimando a longevidade do componente ao longo da sua vida útil.

3.2 DESEMPENHO DAS ESTRUTURAS

Desempenho de acordo com a NBR 15575 (2013, p. 30) é o “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas [...]” e só poderá ser considerado satisfatório se atender as exigências do usuário daquela edificação, o que o torna um critério um tanto subjetivo por depender também da região e do clima no qual estão inseridas e da particularidade de cada usuário no atendimento a expectativa gerada (BORGES, 2008).

Numa edificação, o desempenho pode ser entendido como as condições mínimas de habitabilidade (como conforto térmico, higiene, entre outros) necessárias para a utilização dos indivíduos durante determinado período de tempo (DEMOLIER E POSSAN, 2013).

Segundo Souza (2015), o desempenho pode variar de um produto para outro, pois as edificações são compostas de diversos materiais que estão sujeitos a diversos fenômenos durante a sua vida útil, denominados condições de exposições, causadas por ações de:

- Fenômenos naturais (variações de temperatura, umidade do ar, ação de intempéries, ações externas da edificação etc.);
- Cuidados no uso (manutenção);
- Concepção (exigências do usuário, acomodação da estrutura, ação de carga permanente).

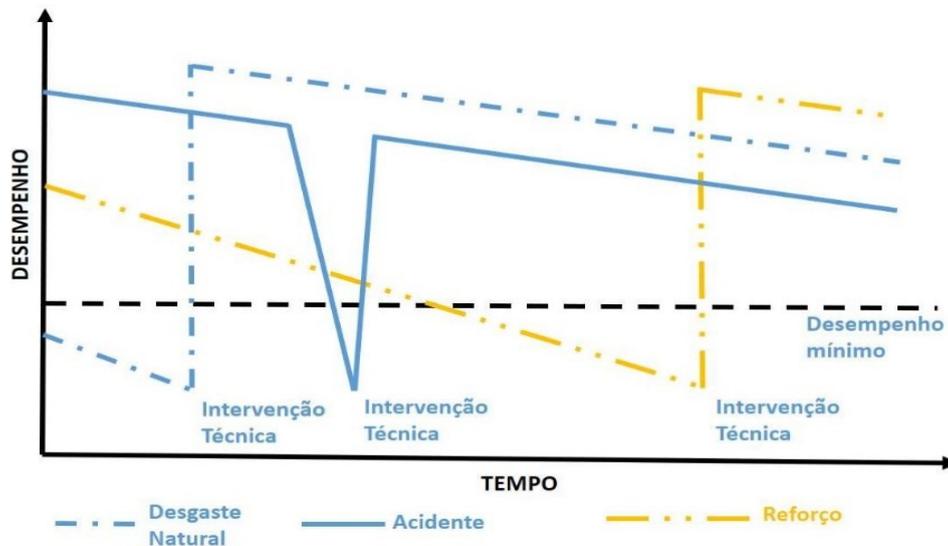
E para a análise do desempenho desses produtos na edificação deve-se considerar também a finalidade a qual foi projetada, e o atendimento aos usuários, independente do material utilizado na fase de concepção (SATTLER; PEREIRA, 2006).

Para atingir a finalidade de se verificar o desempenho dos materiais, de acordo com a NBR 15575 (2013) é realizada uma investigação sistemática baseada em métodos consistentes, capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do sistema nas condições de uso definidas.

No entanto, ao longo do tempo, independente das interferências técnicas que ocorram, os materiais se deterioram, sendo necessário a manutenção destes componentes, conforme a

Figura 2. Porém a constatação de edificação com desempenho abaixo do mínimo requisitado, não significa necessariamente o comprometimento total da estrutura, mas sim, a indicação de intervenções técnicas reparadoras e/ou restauradoras imediatas, que podem ser mais custosas dependendo do tempo de recuperação e o aumento da perda do desempenho (PEREIRA, 2011).

Figura 2 – Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos. Desgaste natural – gráfico com linha tracejada e ponto simples azul, acidente – linha contínua azul e Reforço – linha tracejada e ponto duplo amarela.



Fonte: RIPPER; SOUZA (1998, p.18).

Na figura 2 é demonstrado através de um gráfico, três diferentes histórias de desempenhos estruturais. No primeiro caso (desgaste natural) é ilustrado o fenômeno natural de desgaste da estrutura e quando acontece a intervenção, a estrutura se recupera. No segundo caso (acidente) em um determinado tempo acontece um acidente que necessita de intervenção corretiva para que volte ao desempenho mínimo. E no terceiro caso (reforço) se trata de uma

estrutura com erros de projeto e/ou execução e que necessita de um reforço para que atenda os limites mínimos de desempenho.

4 PATOLOGIAS E SUAS GENERALIDADES

4.1 CONCEITO DE PATOLOGIA

O conceito de patologia na construção civil pode e de certa forma deve ser relacionado com a medicina, onde estado patológico, significa estado doente, de anormalidade, falta ou ausência do estado de saúde. Desta forma, a patologia em obras estuda as anomalias e problemas que comprometem ou podem vir a comprometer a vida útil da estrutura como um todo.

Para Helene (1992), a patologia pode ser entendida como sendo parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

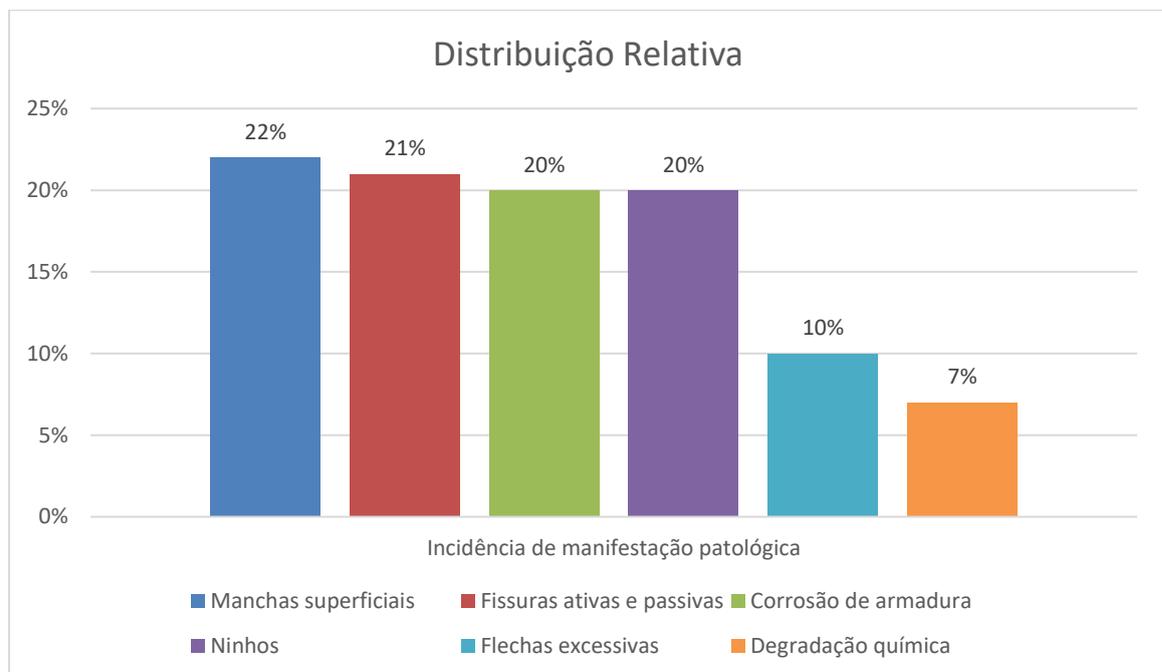
Os sintomas patológicos são as manifestações da estrutura que indicam que algo não está de acordo com o previsto. Essas manifestações e anomalias podem ser descritas, analisadas e classificadas, gerando desta forma um diagnóstico prévio.

Os problemas patológicos, salvo raras exceções, apresentam manifestação externa característica, a partir do qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar suas prováveis consequências. Esses sintomas, também denominados de lesões, danos, defeitos ou manifestações patológicas, podem ser descritas e classificadas, orientando um primeiro diagnóstico, a partir de minuciosas e experientes observações visuais (HELENE, 1992. p. 19).

Os sintomas mais comuns, que têm maior índice de incidência nas estruturas de concreto, são as fissuras, fluorescências, flechas excessivas, manchas no concreto, corrosões de armaduras e os ninhos de concretagem (HELENE, 1992), conforme apresentado

Figura 3 a seguir.

Figura 3 - Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto aparente.



Fonte: Adaptado de Helene (1992, p. 19).

4.2 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Segundo Helene (1992), o processo de construção pode ser dividido em cinco grandes etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução e uso, e a última etapa, mais longa, que envolve a operação e manutenção. As quatro primeiras etapas são relativamente curtas se comparadas com a última etapa, a de uso, que se estende por longos períodos.

Helene (1992) diz ainda que as patologias só se manifestam após o início da execução e que normalmente ocorrem com maior incidência na etapa de uso da edificação. Todavia, um diagnóstico adequado do problema deve indicar em qual etapa do processo construtivo teve origem o fenômeno patológico. Cabe ressaltar ainda, que identificando a origem do problema,

é possível identificar, para fins legais quem cometeu a falha, seja ele o projetista, na fase de projeto; o fabricante, quando a origem está na qualidade do material;

As manifestações patológicas que tiveram origem nas etapas de planejamento e projeto têm grandes recorrências e são relativamente mais graves e preocupantes que as falhas de qualidade dos materiais ou de má execução (HELENE, 1992).

De acordo com norma de Inspeção Predial IBAPE (2012) as origens das patologias podem ser classificadas em endógena, exógena, natural e funcional. As patologias ou anomalias endógenas são originadas da própria edificação, provenientes de falhas ou irregularidades nas etapas de projeto e/ou execução, que podem ser em função de falta de observância nas normas técnicas vigentes, da mão de obra desqualificada ou ainda pelo uso de materiais inadequados. Já as patologias de origem exógena e natural são originadas por fatores externos a edificação, danos causados por terceiros e por fenômenos da natureza respectivamente.

Já para patologias de origem funcional são originadas devido à degradação dos sistemas construtivos em função do envelhecimento natural e fim da vida útil da estrutura. Essa degradação pode ter como causas a exposição da estrutura ao meio agressivo em que ela está inserida, a ação humana, ou ainda a manutenção inadequada (IBAPE, 2012).

4.2.1 Patologias originadas na etapa de projeto

A etapa de elaboração de projeto requer muito cuidado e atenção, pois são várias as falhas e erros possíveis de ocorrer nesta fase. As falhas em um projeto podem iniciar já no estudo preliminar da estrutura, ou na elaboração do anteprojeto ou ainda durante a elaboração do projeto executivo final, que é encaminhado para execução na obra.

Para Souza e Ripper (1998), os principais responsáveis pelo encarecimento do processo de construção, ou pelos transtornos no momento de utilização da obra, são as falhas e erros originados de um estudo preliminar deficiente, ou de um anteprojeto equivocado. Já as falhas e erros cometidos durante a realização do projeto final de engenharia são responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e podem ser por:

- Incompatibilidade de projetos;
- Especificações de materiais inadequados;

- Detalhamento errado ou insuficiente;
- Detalhes construtivos inexequíveis;
- Falta de padronização das representações;
- Erros de dimensionamento.

Algumas medidas que podem ser tomadas no tocante aos projetos podem significar diminuição de custos de intervenções posteriores a obras, podendo-se citar como exemplo de medidas preventivas, a especificação do aumento do cobrimento da armadura, a redução da relação água/cimento, a especificação de tratamentos protetores superficiais, a escolha de detalhes construtivos adequados, a especificação do cimento, e aditivos e adições com características especiais e adequadas à obra (HELENE, 1992).

4.2.2 Patologias originadas na etapa de execução

No processo de construção de uma obra é indicado que a etapa de execução inicie apenas após o término da primeira etapa, a de concepção de projeto, onde todos os estudos e projetos que são inerentes à obra já estão concluídos. Entretanto, embora seja a sequência lógica e ideal isso raramente ocorre, pois é muito comum, até mesmo em obras maiores e mais complexas, que sejam feitas adaptações ou modificações no projeto durante a execução da obra, com a desculpa de serem necessárias certas simplificações construtivas, que na maioria dos casos contribuem para a ocorrência de falhas.

Para Cánovas (1988), quando a etapa de concepção de projeto é executada corretamente, nos seus mais minuciosos detalhes, é pouco provável que ocorra má interpretação do projeto por parte da execução da obra. Todavia, se surgirem dúvidas devem ser sanadas pelo responsável técnico, a fim de evitar que ocorra um problema de maior dimensão e difícil solução. Porém, ainda que o projeto seja elaborado de maneira adequada, podem ocorrer problemas no processo de execução que passam despercebidos aos olhos dos responsáveis e podem vir a ocasionar problemas patológicos na estrutura.

Além dos fatos já mencionados, no decorrer do processo de execução podem surgir falhas das mais diversas origens, como as provenientes de mão de obra desqualificada, falta de

controle de qualidade pelo responsável técnico, fiscalização deficiente ou ainda de materiais de má qualidade (CÁNOVAS, 1988).

Algumas das falhas mais grosseiras ocasionadas na etapa de execução são relacionadas ao concreto no momento da execução das peças. Tais falhas são conhecidas como “bicheiras”, “brocas” ou ninhos de concretagem (Figura 4) e são ocasionadas geralmente pela má vibração do concreto ou ainda pelo uso de um traço do concreto inadequado. Esses ninhos de concretagem se não reparados com a técnica e material adequados podem dar início a uma patologia que certamente irá atingir a armadura da estrutura comprometendo o seu desempenho.

Figura 4 - Ninhos de concretagem.



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Outro fator importante na análise do surgimento de manifestações patológicas nas estruturas está ligado à indústria de materiais e componentes. Embora seus produtos devessem ser desenvolvidos para suprir as necessidades das construções, existe grande dificuldade de interação entre o que as indústrias oferecem e o que as construções necessitam. Assim, os sistemas construtivos e a própria qualidade do produto final, ficam bastante comprometidos e dependentes do grau de evolução técnica alcançado pela indústria de materiais e componentes (SOUZA; RIPPER, 1998).

4.2.3 Patologias originadas na etapa de uso

Por mais que as etapas de concepção de projeto e execução da obra tenham sido finalizadas com sucesso, ou seja, sem nenhuma falha aparente, a estrutura ainda poderá apresentar manifestações patológicas se não for utilizada corretamente, ou ainda se os usuários não seguirem as recomendações de manutenção adequada.

Helene (1992) traz o conceito de manutenção preventiva, como sendo toda medida tomada com antecedência e previsão, durante o período de uso da estrutura. A realização de manutenção preventiva pode ser associada com a diminuição dos custos, podendo ser até cinco vezes menores em relação aos custos gerados para uma correção de problemas oriundos da falta de uma intervenção preventiva tomada com antecedência à manifestação explícita de patologia. Ao mesmo tempo está associada a um custo vinte e cinco vezes maior àquele que teria acarretado uma decisão de projeto para obtenção do mesmo grau de proteção e durabilidade da estrutura. A lei de Sitter (1984) apresentada na Figura 5 a seguir descreve esta relação, onde os custos de correção crescem segundo uma progressão geométrica, ou seja, quanto maior o tempo para realizar uma manutenção, maior o custo desta manutenção.

Figura 5 - Lei de Sitter



Fonte: Andrade, T.; Costa e Silva, A. J. (2008).

Os problemas patológicos oriundos de uma manutenção inadequada, ou ainda pela falta total dela, têm sua origem na falta de conhecimento técnico, falta de qualificação profissional ou ainda em problemas econômicos. A falta de recursos ou de alocação de verbas para a manutenção preventiva pode vir a ocasionar problemas estruturais de maiores proporções, implicando em gastos significativos ou ainda, em último caso, na própria demolição da estrutura (SOUZA; RIPPER, 1998).

Souza e Ripper (1998) trazem ainda alguns exemplos típicos de casos em que a manutenção preventiva e periódica pode evitar problemas patológicos na estrutura, tais como limpeza e a impermeabilização das lajes de coberturas, marquises e piscinas elevadas, que se não forem devidamente executadas, possibilitarão infiltração prolongada pela água de chuva e o entupimento de tubulações, fatores que além de implicarem a deterioração da estrutura, podem levá-la a ruína.

Na Figura 6 e

Figura 7 são ilustradas algumas das consequências da falta de manutenção e cuidados com a impermeabilização e tubulações de uma edificação que podem acarretar manifestações patológicas.

Figura 6 - Falhas de Impermeabilização



Fonte: Costa (2015).

Na figura 6 é mostrada uma falha de impermeabilização em uma estrutura de concreto, onde ocorreu uma infiltração causando manchas e possivelmente outras patologias irão surgir se esta falha não for tratada.

Figura 7 -Piscina em balanço com infiltrações.



Fonte: Habitissimo (2011).

Na figura 7 mostra uma infiltração severa por conta de uma piscina com vazamento de água, que a água atravessa a laje para o pavimento inferior.

4.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

4.3.1 Infiltração

As infiltrações são os danos mais comuns nas construções e podem ser encontradas nas mais variadas edificações. A umidade atravessa da parte exterior para a parte interna da edificação por meios das trincas, pois os materiais têm alta capacidade de absorção da umidade do ar, ou ainda por falhas de execução. A predominância desse tipo de infiltração é devida a água proveniente de precipitações, que se acompanhada de vento pode intensificar a infiltração (RIGHI, 2009). Os problemas de umidade quando surgem nas edificações, sempre trazem um grande desconforto e degradam a construção rapidamente.

Sabe-se que a água é um dos principais causadores de patologias nas estruturas, e na infiltração ela é a causadora principal, podendo existir diversos tipos de infiltração devido a presença de umidade e as principais são:

- Infiltração por intempéries;
- Infiltração por condensação;
- Infiltração por absorção capilar da água;
- Infiltração por pressão negativa.

4.3.1.1 Infiltração por intempéries

A infiltração por umidade na maioria das vezes se dá através das chuvas, encontrando diretamente alguma parede, telhado, janelas, lajes, entre outros, penetrando através de frestas e brechas nas estruturas e acumulando gradualmente no seu interior, formando uma infiltração.

Figura 8 - Parede com infiltração

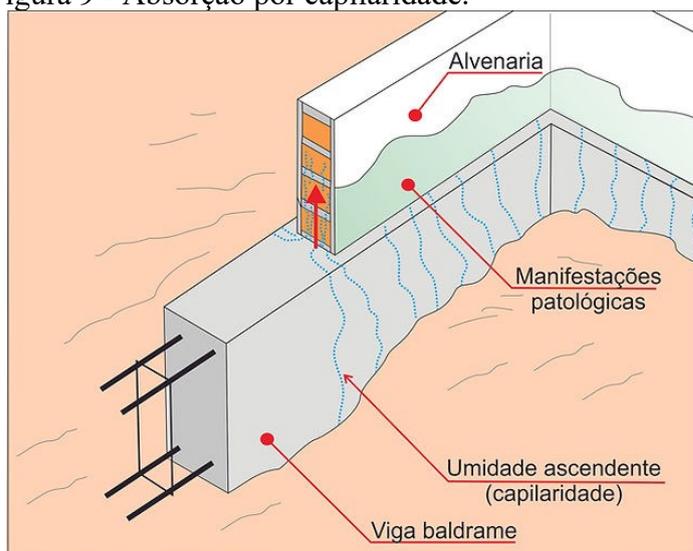


Fonte: Freepik (2023).

4.3.1.2 Absorção capilar da água

A capilaridade é quando o líquido sobe através de capilares, que são pequenas passagens, que na construção civil chamam-se de poros. Este tipo de infiltração ocorre quando o solo está muito úmido e essa umidade é capaz de permear o concreto, neste caso.

Figura 9 - Absorção por capilaridade.



Fonte: JM Engenharia e Diagnóstico (2020).

4.3.1.3 Infiltração por condensação

Este tipo de patologia é bem comum nos banheiros que possuem chuveiro, já que a condensação neste caso ocorre quando o vapor de água entra em contato com uma parede fria e se condensa, ou seja, vira água. Esta infiltração é bem danosa para a estrutura, porque o vapor penetra nos poros dos materiais, trazendo diversos tipos de problemas caso o local não tenha sido preparado para isso.

Figura 10 - Infiltração por condensação no banheiro.



Fonte: CR Corretora (2014).

4.3.1.4 Infiltração por pressão negativa

Esta patologia normalmente acontece em prédios ou casas que possuem um subsolo, já que a infiltração por pressão negativa vem do lado ao contrário a superfície impermeabilizada, ou seja, vem de fora para dentro. Mesmo com a impermeabilização feita pela parte interna, essa infiltração possui origem externa.

Figura 11 - Infiltração por pressão negativa.



Fonte: Marques (2021).

4.3.2 Fissuras, trincas e rachaduras

Segundo Oliveira (2012), as fissuras, trincas e rachaduras são patologias geralmente encontradas em vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, normalmente causadas por tensões dos materiais. Se na estrutura for solicitado um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, e conforme sua espessura será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha. A fissura “é uma abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm” (VITÓRIO, 2003, p. 25).

A NBR 15575 (2013) define fissura de um componente estrutural como sendo o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal do componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras apresentam-se geralmente como estreitas e alongadas aberturas na superfície de um material. Usualmente são de gravidade menor e superficial.

As fissuras são aberturas finas e compridas, normalmente com abertura de até 0,5mm e de pouca profundidade. Elas se apresentam em diversas direções e podem surgir por diferentes causas, como a rigidez das juntas e pontos de fragilidade na estrutura, afetando normalmente apenas a pintura e a massa corrida.

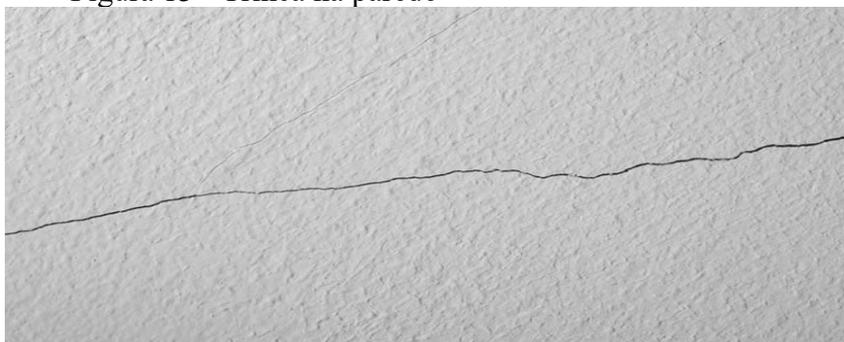
Figura 12 - Fissura em concreto



Fonte: Takudome (2008).

As trincas são mais profundas e acentuadas que as fissuras, podendo indicar algo mais grave, já que de acordo com a NBR 9575 (2003), as trincas são aberturas ocasionadas por ruptura de um material ou componente com abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1,0 mm devem ter atenção, porque afetam os elementos estruturais. São consideradas trincas quando o elemento onde a patologia se encontra está dividido em dois.

Figura 13 - Trinca na parede



Fonte: Cozza (2022).

Já na rachadura, a gravidade do problema é acentuada, porque ela é mais profunda que as trincas e afeta a alvenaria e a estrutura de concreto armado, comprometendo a segurança da edificação, podendo apresentar aberturas de 1,0mm a 5,0mm.

Figura 14 - Rachadura em parede de concreto



Fonte: Araki (2022).

4.3.2.1 Fissuras por flechas excessivas

A norma NBR 6118 (2003) estabelece limites de valores para deformações na estrutura, de modo que estas não sejam excessivas. Esses limites são diferentes de acordo com o parâmetro de análise de aceitabilidade sensorial, efeitos em elementos não estruturais e efeitos em elementos estruturais. A aceitabilidade sensorial diz respeito à ocorrência de vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável por quem utiliza a estrutura. Os efeitos em elementos não estruturais estão relacionados ao mal funcionamento destes em decorrência de deformações excessivas, como por exemplo, fissuração da alvenaria.

O concreto armado pode fissurar enquanto resiste aos esforços normais da estrutura. Contudo, a deformação excessiva certamente provocará um quadro maior de fissuração, agravando todos os sintomas relacionados a ela. Entretanto, as deformações iniciais tendem a ser maiores quanto mais acelerado for o ritmo de execução da obra: períodos menores de escoramento, início antecipado das alvenarias e elevação da estrutura geram esforços muitas vezes excessivos para o concreto armado de poucos dias.

4.3.2.2 Fissuras por movimentação térmica

Segundo Dal Molin (1988), o concreto pode sofrer variações de temperatura sobre influências externas, como a variação por condições ambientais ou incêndios, ou devido a influências internas, como a elevação de temperatura que ocorre durante a hidratação do cimento. Essas variações de temperatura imprimem uma contração nas peças estruturais, logo um esforço de tração age sobre o concreto, se esse esforço de tração for maior, em algum momento, que a resistência do concreto, pode surgir fissuras. As fissuras oriundas de movimentações térmicas são mais difíceis de reparo e geram mais custos, pois as movimentações térmicas seguem um ciclo natural e com variações, logo os reparos podem ser ineficazes e as fissuras podem tornar a aparecerem frequentemente.

4.3.3 Eflorescência

A eflorescência é uma patologia resultante da lixiviação do concreto, percebido por meio da mudança de cor da área afetada, a qual fica esbranquiçada, devido à precipitação de crostas brancas de sais. Os sais que constituem a eflorescência resultam da degradação do concreto e do contato da estrutura com a água. (WEIMER; THOMAS; Dresch, 2018, P. 49).

Após a cura o concreto, parte dos sais, permanece inerte, sem reagir, com a entrada de água externa pelos capilares, ou mesmo a água que foi adicionada a mais na mistura original, estes sais são solubilizados pela água. A água por sua vez ao chegar à superfície, evapora e reage com o dióxido de carbono, abandonando os sais em formato sólido, conforme

Figura 15.

Figura 15 - Eflorescência em alvenaria



Fonte: Neves (2019).

Com isso, é visto que esta patologia causa problemas estéticos, manchas, descascamentos das pinturas, entre outros. E se esta manifestação patológica estiver entre o tijolo e o reboco, pode acarretar o descolamento do reboco. É visto que os casos mais severos desta manifestação patológica podem inclusive colocar a integridade estrutural em risco.

4.3.4 Corrosão da armadura

Armaduras de aço são amplamente utilizadas como complemento em estruturas de concreto armado, pois ele tem como função principal absorver as cargas que geram esforço de tração nas barras, ou colaborando na absorção dos esforços aplicados no concreto quando o mesmo, cujo papel é absorver as cargas de compressão, não resiste as altas cargas aplicadas. A corrosão é um processo de deterioração do material por meio de reações químicas e eletroquímicas de oxidação, ou seja, a armadura reage com os gases presentes na atmosfera. A corrosão do aço é a sua transformação em ferrugem, que é um material fraco e escamado. (WEIMER; THOMAS; Dresch, 2018, P. 45).

Esse processo acontece de forma lenta, porque o oxigênio presente na atmosfera entra em contato com o aço e através de reações químicas formam óxidos que protegem o aço, fazendo com que o processo de deterioração seja lento, neste processo não há presença de água.

Já na corrosão eletroquímica o processo de corrosão é mais rápido, por causa da presença de água, que faz com que ocorra uma oxidação e reação por redução, onde ocorre transferência de elétrons e os elétrons sendo transferidos para outra área específica do material,

reduz a seção do material onde ocorreu a transferência, tornando o material menos denso. A maioria dos casos de corrosão do aço em estruturas feitas em concreto armado, se dá pela presença de água, que chegam no interior da estrutura através das trincas e fissuras.

Figura 16 - Armadura com corrosão



Fonte: Engsette (2021).

4.4 MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

4.4.1 Manutenção preventiva

A manutenção planejada, conhecida como manutenção preventiva, baseia-se na análise de falhas operacionais anteriores ou avaliações regulares. O objetivo principal é minimizar ou eliminar falhas e quedas de desempenho aderindo a um plano premeditado. Este plano é normalmente derivado de manuais técnicos e envolve intervalos de tempo específicos. Paradas periódicas são implementadas na manutenção preventiva para facilitar a substituição de componentes desgastados por novos, garantindo a funcionalidade ideal do equipamento por um período pré-determinado.

O conceito de manutenção preventiva, conforme definido pela NBR 5674:2012, abrange serviços planejados e agendados com antecedência. Isso prioriza as necessidades dos usuários, estimativas sobre a vida útil prevista de sistemas, elementos ou componentes dentro de edifícios

ocupados, bem como considerações de gravidade, urgência e avaliações periódicas para monitorar sua degradação.

Para garantir a preservação e funcionalidade de um edifício, é imperativo aderir a procedimentos de manutenção regulares e planejados. Esses procedimentos servem para evitar imprevistos e deterioração, além de fornecer uma estimativa precisa das despesas recorrentes. Conseqüentemente, é crucial estabelecer um programa metódico de manutenção do edifício que não apenas substitua os sistemas deteriorados, mas também estenda a vida útil geral da estrutura por meio de serviços periódicos e esforços abrangentes de preservação.

Para atingir este objetivo, é vital nomear uma pessoa competente que seja capaz de supervisionar e implementar as medidas necessárias. A implementação de manutenções preventivas programadas envolve a realização de inspeções e avaliações que, apesar de sua aparente simplicidade, podem efetivamente prevenir empreendimentos de renovação dispendiosos (RODRIGUES, 2009)

4.4.2 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é uma mentalidade ou abordagem que aproveita o estado operacional em tempo real de equipamentos e sistemas para maximizar a eficiência geral. O objetivo dessa estratégia de manutenção é prevenir proativamente as falhas do equipamento ou do sistema, monitorando de perto vários parâmetros. Quando o nível de degradação de uma variável monitorada se aproxima ou supera o limite predeterminado, são implementadas medidas de intervenção apropriadas. Normalmente, esse tipo de monitoramento permite um planejamento avançado dos serviços necessários, além de facilitar a tomada de decisões informadas e opções alternativas. Ele serve como um método para melhorar o desempenho da empresa, minimizando os prazos e despesas de manutenção e antecipando possíveis falhas antes do tempo

Em relação às considerações econômicas envolvidas nessa forma de manutenção, Assis (2010) afirma que a manutenção preditiva valoriza muito a minimização do número de intervenções necessárias. Ele consegue isso agendando tarefas de manutenção somente quando elas são realmente necessárias, reduzindo assim o custo geral de manutenção. Essa abordagem torna-se viável por meio do monitoramento regular das condições e desempenho do sistema,

utilizando programas e equipamentos especializados. Ao fazer isso, o processo otimiza o intervalo de manutenção e minimiza os períodos de inatividade não planejados.

Segundo Rodrigues (2009), existe uma distinção entre manutenção preventiva e preditiva. A manutenção preventiva é realizada regularmente, seguindo um cronograma pré-determinado e adaptado às características específicas de cada componente. Por outro lado, a manutenção preditiva é de natureza mais proativa e dinâmica, pois envolve uma atuação baseada no monitoramento constante do estado dos componentes, minimizando perdas.

Viana (2002) define manutenção preditiva como parte da manutenção preventiva, afirmando que a primeira tarefa de manutenção consiste em uma série de tarefas de manutenção preventiva que visam coletivamente acompanhar equipamentos específicos por meio de monitoramento, medição e até mesmo por meio de estatísticas de controle. A intenção de prever a proximidade da ocorrência da falha. Para implementar a manutenção preditiva em edifícios, os objetivos e resultados esperados de cada sistema predial instalado devem ser esclarecidos para garantir a qualidade da instalação, operação e desempenho.

4.4.3 Manutenção corretiva

É a reparação, restauração ou substituição de componentes que é feito após algum sinistro ou acidente para restaurar o sistema ao seu estado original antes da quebra e tem função de devolver ao sistema o desempenho projetado inicialmente.

A manutenção corretiva, além de ser a mais cara de todas, é a que mais se perde tempo e impacta uma maior parte da edificação, em comparação com as demais manutenções.

Para a Norma de desempenho (15575, 2013, p.245), manutenção corretiva é:

“Caracterizada por serviços que demandam ação ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários”.

Em países desenvolvidos os custos com manutenções corretivas e reparos emergenciais em estruturas de concreto, equivalem aos mesmo gastos de novas construções como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Gastos em países desenvolvidos com manutenção.

País	Ano	Gastos com construções novas	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais com construção
França	2004	85,6 Bilhões de Euros (52%)	79,6 Bilhões de Euros (48%)	165,2 Bilhões de Euros (100%)
Alemanha	2004	99,7 Bilhões de Euros (50%)	99,0 Bilhões de Euros (50%)	198,7 Bilhões de Euros (100%)
Itália	2002	58,6 Bilhões de Euros (43%)	76,8 Bilhões de Euros (57%)	135,4 Bilhões de Euros (100%)
Reino Unido	2004	60,7 Bilhões de Euros (50%)	61,2 Bilhões de Euros (50%)	121,9 Bilhões de Euros (100%)

Fonte: Adaptado de MEDEIROS; ANDRADE; HELENE (2011, p.3)

5 METODOLOGIA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS.

O método para manutenção de estrutura de concreto armado apresentada nesse trabalho, tem por base a proposta desenvolvida por Castro (1994) em seu trabalho de mestrado pela Universidade de Brasília, no ano de 1994. A proposta busca estabelecer um grau de dano para as patologias. Seu desenvolvimento partiu da metodologia de Klein et al. (1991), normalmente aplicada em obras de arte especiais, mas com algumas alterações, a fim de que se adequem a análises das edificações convencionais. Essas adequações, se basearam no modelo desenvolvido por Tuutti (1992), o qual faz um estudo do processo de corrosão de armaduras.

5.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia elaborada por Castro (1994) é apresentada no fluxograma da Figura 17 e mostra os procedimentos a serem seguidos para o desenvolvimento das inspeções estruturais e avaliação dos resultados. As inspeções estruturais são feitas com base em um check-list que deve ser preenchido, onde constam informações sobre a estrutura e matrizes que reúnem os dados necessários ao desenvolvimento do fluxograma.

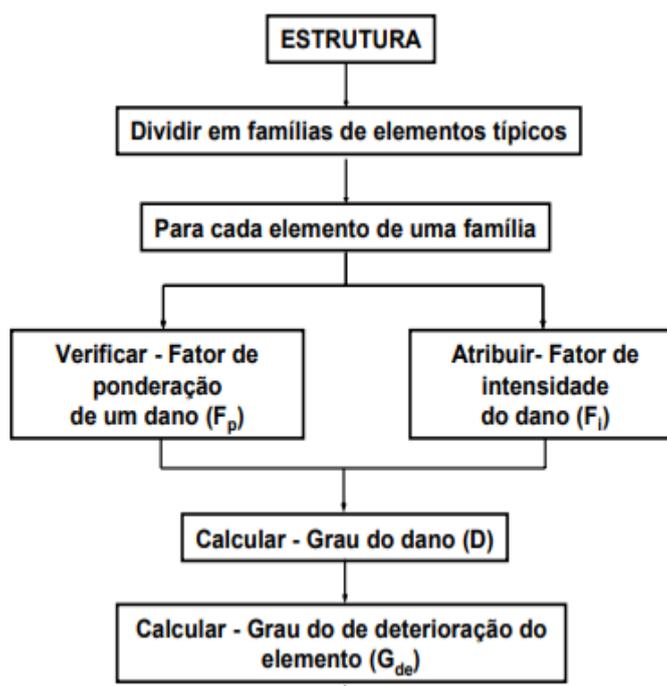
A estrutura de uma edificação é dividida em "famílias" de elementos estruturais típicos. Para cada elemento de uma família é elaborada uma matriz onde são listadas as possíveis manifestações de danos, específicas daquela família, com o respectivo "fator de ponderação do dano". Este fator, previamente estabelecido na matriz, visa quantificar a importância relativa de um determinado dano no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança do elemento. (CASTRO, 1994, p.54)

Ainda de acordo com Castro (1994), uma pontuação que classifica o nível de gravidade, denominada de "fator de intensidade do dano", deve ser designada a uma patologia de acordo com os critérios pré-estabelecidos constantes no check-list.

Os fatores de ponderação dos danos são comuns para uma família de elementos, enquanto os fatores de intensidade vão depender da situação física específica e da gravidade dos danos em cada um dos elementos. (CASTRO, 1994, p. 55)

Após analisar as patologias em campo, determina-se finalmente, através de uma formulação matemática, o “grau do dano” e na sequência o "grau de deterioração da estrutura".

Figura 17 - Fluxograma da metodologia para o cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura (Gde).



Fonte: Castro (1994).

5.1.1 Classificação das famílias dos elementos e fatores de ponderação do dano

Com informações obtidas nas inspeções, são montadas matrizes de desempenho, nas quais os elementos são divididos em famílias (pilares, vigas, lajes, cortinas, entre outros). Dentro de cada família, são listadas as manifestações patológicas mais comuns e mais relevantes. Estas são associadas a um fator de ponderação de dano, que quantifica a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança dos elementos de uma família. Para sua definição são estabelecidos os problemas

mais relevantes, passíveis de serem detectados, quanto aos aspectos de durabilidade e segurança estrutural atribuídos da forma apresentada na Tabela 3 e Tabela 4 no presente trabalho.

Tabela 3 - Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp).

Pilar		Vigas	
DANOS	Fp	DANOS	Fp
Desvio de geometria	8	Segregação	4
Recalque	10	Lixiviação	5
Infiltração na base	6	Esfoliação	8
Segregação	6	Desagregação	7
Lixiviação	5	Cobrimento deficiente	6
Esfoliação	8	Manchas de corrosão	7
Desagregação	7	Flechas	10
Sinais de esmagamento	10	Fissuras	10
Cobrimento deficiente	6	Carbonatação	7
Manchas de corrosão	7	Infiltração	6
Fissuras	10	Presença de cloretos	10
Carbonatação	7	Manchas	5
Presença de cloretos	10		
Cortinas		Lajes	
Sinais de esmagamento	10	Segregação	5
Desvio de geometria	6	Lixiviação	3
Infiltração	6	Esfoliação	8
Segregação	5	Desagregação	7
Lixiviação	5	Cobrimento deficiente	6
Esfoliação	8	Manchas de corrosão	7
Desagregação	7	Flechas	10
Deslocamento por empuxo	10	Fissuras	10
Cobrimento deficiente	6	Carbonatação	7
Manchas de corrosão	7	Infiltração	6
Fissuras	10	Presença de cloretos	10
Carbonatação	7	Manchas	5
Presença de cloretos	10		
Manchas	5		

Fonte: Adaptado de Castro (1994).

Tabela 4 - Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp).

Reservatório superior e inferior		Escadas/Rampas	
Impermeabilização danificada	8	Segregação	4
Vazamento	10	Lixiviação	5
Segregação	5	Esfoliação	8
Lixiviação	7	Desagregação	7
Esfoliação	10	Cobrimento deficiente	6
Desagregação	7	Manchas de corrosão	7
Cobrimento deficiente	7	Flechas	10
Manchas de corrosão	9	Fissuras	10
Fissuras	10	Carbonatação	7
Carbonatação	7	Infiltração	6
Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10
Blocos		Juntas de dilatação	
Recalque	10	Infiltração	10
Infiltração na base	6	Fissura vizinha à junta	10
Segregação	6	Junta obstruída	8
Eflorescência	5		
Esfoliação	8		
Desagregação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Manchas de corrosão	7		
Fissuras	10		
Carbonatação	7		
Presença de cloretos	10		

Fonte: Adaptado de Castro (1994).

5.1.2 Fator de intensidade do dano

Na matriz de cada elemento, é atribuído ao dano um fator de intensidade, que o classifica de acordo com a gravidade e a manifestação do dano sobre o elemento. Esse fator é dado a partir da uma pontuação de 0 a 4 pontos, como segue:

sem lesões	$F_i = 0$
lesões leves	$F_i = 1$
lesões toleráveis	$F_i = 2$
lesões graves	$F_i = 3$
estado crítico	$F_i = 4$

Entretanto, uma pontuação desse tipo pode resultar muito subjetiva caso não seja acompanhada por uma classificação mais detalhada, onde se identifique o nível de gravidade das lesões e sua evolução, segundo as características específicas, conforme recomendado pelo RILEM Committee 104 - Damage classification of concrete structures (RILEM, 1991).

Tabela 5 - Classificações dos danos e fatores de intensidade (Fi)

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano - Tipos de manifestação
Segregação	1 - Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 - Significante em relação às dimensões da peça; 3 - Profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 - Perda relevante da seção da peça.
Eflorescência	1 - Início de manifestação; 2 - Manchas de pequenas dimensões; 3 - Manchas acentuadas, em grandes extensões.
Esfoliação	2 - Pequenas escamações do concreto; 3 - Lascamento, de grandes proporções, com exposição da armadura; 4 - Lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Desagregação	2 - Início de manifestação; 3 - Manifestações leves; 4 - Por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto;
Cobrimento	1 - Menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 - Menor do que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 - Deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
Manchas decorrosão/ corrosão da armadura	2 - Manifestações leves; 3 - Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 - Corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
Flechas	1 - Não perceptíveis a olho nu; 2 - Perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma; 3 - Superiores em até 40% às previstas na norma; 4 - Excessivas.

Fonte: Adaptado de Castro (1994)

Tabela 6 - Classificações dos danos e fatores de intensidade (Fi)

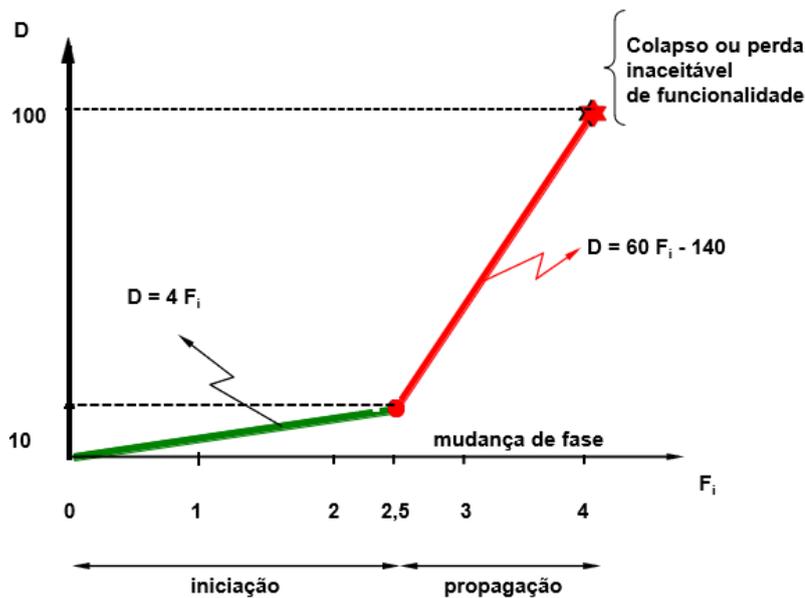
Fissuras	1 - Aberturas menores do que as máximas previstas em norma; 2 - Estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3 - Aberturas excessivas; estabilizadas; 4 - Aberturas excessivas; não estabilizadas.
Carbonatação	1 - Localizada, com algumas regiões com pH <9, sem atingir a armadura; 2 - Localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 - Localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 - Generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Infiltração	1 - Pequenas manchas; 2 - Grandes manchas; 3 - Generalizada. 4 - Indícios de umidade.
Presença de cloretos	2 - Em elementos no interior sem umidade; 3 - Em elementos no exterior sem umidade; 4 - Em ambientes úmidos.
Manchas	2 - Manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 3 - Manchas escuras em todo o elemento estrutural
Sinais de esmagamento	3 - Desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas; 4 - Fissuras de cisalhamento bi diagonais, com intenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Desvio de geometria	2 - Pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ (h = altura) 3 - Pilares e cortinas com excentricidade $\geq h/100$
Infiltração na base	3 - Indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 - Vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.
Junta de dilatação obstruída	2 - Perda de elasticidade do material da junta; 3 - Presença de material não compressível na junta.
Fissuras vizinhas as juntas de dilatação	2 - Lajes com início de fissuras adjacentes às juntas; 3 - Grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas; 4 - Idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.
Deslocamento por empuxo	3 - Manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 4 - Manchas escuras em todo o elemento estrutural
Recalque	2 - Indícios, pelas características de trincas na alvenaria; 3 - Recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 - Recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.

Fonte: Adaptado de Castro (1994)

5.1.3 Grau do dano

O grau do dano (D) depende diretamente do fator de ponderação (Fp) e do fator de intensidade (Fi). Para se chegar a uma formulação geral sobre o grau do dano, analisa-se graficamente, conforme representado na Figura 18, os dados de uma patologia, dentro de um fator de ponderação mais desfavorável, Fp=10.

Figura 18 - Formulação proposta para cálculo de grau de um dano com ponderação mais desfavorável possível.



Fonte: Castro (1994)

A iniciação e a propagação do dano são dadas mediante ao fator de intensidade, em uma escala de 0 a 4. A mudança de fase, representada na Figura 18, é indicada sob um valor intermediário (2,5) entre uma lesão tolerável (2,0) e uma lesão grave (3,0). Com isso, chega-se às seguintes expressões para determinação do grau do dano (D):

$$D = 0,4F_i \cdot F_p, \quad \text{para } F_i \leq 2,5$$

$$D = (6F_i - 14)F_p, \quad \text{para } F_i > 2,5$$

O estado mais crítico para o grau do dano é D=100, que corresponde a um Fi=4. Para D<10, não são necessárias intervenções imediatas no elemento, porém, para graus de danos

próximos ao valor 10, intervenções passam a ser necessárias e imprescindíveis, pois a propagação do dano se dá de forma mais rápida e aguda.

5.1.4 Grau de deterioração de um elemento estrutural

O último passo é a definição do grau de deterioração do elemento estrutural (Gde). É levando em consideração, além do valor atribuído para o grau do dano, o número de danos (m) detectados no elemento. As seguintes expressões determinam o grau de deterioração:

$$Gde = Dmax, \quad \text{para } m \leq 2$$

$$Gde = Dmax + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D(i)}{m-1}, \quad \text{para } m > 2$$

As expressões acima indicam que para a quantificação do dano de um elemento, deve ser levado em consideração o dano de maior grau, caso o número de danos encontrados na inspeção do elemento seja maior que dois, deve-se somar ao grau de dano máximo, a média aritmética dos demais danos.

A partir do cálculo do Gde, é possível se estabelecer medidas a serem adotadas em relação aos danos do elemento estrutural analisado. A Tabela 7 apresenta uma escala que relaciona essas medidas e o grau de deterioração encontrado.

Tabela 7 - Classificação dos níveis de deterioração do elemento.

Nível de deterioração	Gde	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 – 15	Estado aceitável
Médio	15 – 50	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	50 – 80	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	> 80	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Adaptado de Castro (1994)

5.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Através do que foi estudado anteriormente e da metodologia de Castro (1994), foi criado pelos autores deste trabalho o check-list de inspeção em estruturas de concreto armado (Figura 19 e Figura 20) com o intuito de facilitar a inspeção da estrutura, identificando as manifestações patológicas, classificando os danos da edificação de acordo com seus fatores de intensidade (F_i), conforme Tabela 5 e Tabela 6 e é possível elaborar conclusões a partir das determinações dos graus de deterioração dos elementos.

E para aplicar esta metodologia e o check-list em um caso real, no capítulo 6 temos um estudo de caso onde foi feita toda a memória de cálculo e com fotos de uma estrutura real onde foi utilizado o check-list para concluir sobre o grau do dano.

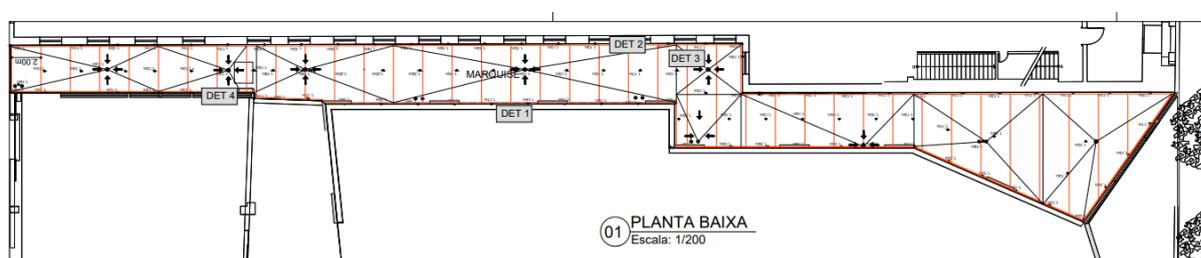
Figura 20 - Checklist de inspeção em estruturas de concreto armado (Verso)

CHECKLIST DE INSPEÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO	REV01 PAG 1/1
CONCEITOS	
<p>a) Segregação(nichos ou ninhos): deficiência de concretagem, exposição de agregados, devido a dosagem inadequada, diâmetro máximo característico do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e adensamento inadequados e taxas excessivas de armaduras.</p> <p>b) Eflorescência: aparecimento de manchas brancas na superfície, proveniente das águas que penetram no concreto, carregando a cal liberada na hidratação do cimento que é extremamente solúvel em águas, principalmente puras e brandas. Ocorrem freqüentemente nas fissuras em lajes, podendo, com o tempo formar estalactites.</p> <p>c) Desagregação: fenômeno característico de ataque químico no concreto com perda da capacidade aglomerante da pasta, causando a separação dos agregados.</p> <p>d) Esfoliação: ocorrência de lascas que se destacam do concreto por vários motivos, como por exemplo: proveniente de choques, por corrosão da armadura, por pressão ou expansão no interior do concreto, etc.</p> <p>e) Carbonatação: o dióxido de carbono, CO₂, presente no ar penetra através da rede de poros do concreto e reage com os constituintes alcalinos da pasta de cimento, principalmente com o hidróxido de cálcio. A carbonatação da cal reduz o pH da fase aquosa do concreto e provoca a despassivação das armaduras. Pode ser detectada por meio de um ensaio simples, através da utilização da fenolftaleína com indicador. A parte do concreto fica incolor (pH < 8,5) e a parte não carbonatada permanece vermelho-carmim.</p> <p>f) Fissuração inaceitável: NB-1/78 - NBR 6118 - 1978 - considera-se que a fissuração é nociva quando a abertura das fissuras na superfície do concreto ultrapassa os seguintes valores: 1) 0,1 mm para peças não protegidas, em meio agressivo; 2) 0,2 mm para peças não protegidas, em meio não agressivo; 3) 0,3 mm para peças protegidas</p> <p>g) Flechas excessivas: NB-1/78 - NBR 6118 - 1978, considera que: 1) as flechas medidas a partir do plano que contém os apoios, quando atuarem todas as ações, não ultrapassarão 1/300 do vão teórico, exceto no caso de balanços para os quais não ultrapassarão 1/500 do seu comprimento teórico; 2) o deslocamento causado pelas cargas acidentais não será superior a 1/500 do vão teórico e 1/250 do comprimento teórico dos balanços.</p> <p>h) Deficiências de cobrimento NB-1/78 - NBR 6118 - 1978, considera que qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem e estribos, deve ter cobrimento de concreto pelo menos igual ao seu diâmetro, mas não menor que: 1) para concreto revestido com argamassa de espessura mínima de.....1 cm ; - em lajes no interior de edifícios.....0,5 cm - em paredes no interior de edifícios.....1,0 cm - em lajes e paredes ao ar livre.....1,5 cm - em vigas, pilares e arcos no interior de edifícios.....1,5 cm - em vigas, pilares e arcos ao ar livre.....2,0 cm 2) para concreto aparente: - no interior de edifícios.....2,0 cm - ao ar livre.....2,5 cm 3) para concreto em contato com o solo.....3,0 cm 4) para concreto em meio fortemente agressivo.....4,0 cm</p> <p>i) Manchas de corrosão: manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas na superfície do elemento estrutural devido à lixiviação do óxidos de corrosão formado sobre as armaduras.</p> <p>j) Presença de cloretos: devido ao emprego de aditivos a base de cloretos na execução do concreto, principalmente em concretos pré-moldados ou a penetração de cloretos provenientes do meio ambiente (como por exemplo regiões marítimas), ou contaminação. Como consequência podemos ter: fissuras generalizadas sobre a armadura e manchas escurecidas devido a retenção de umidade, criando fungos no concreto.</p> <p>k) Manchas: devido ao aparecimento de fungos, mofos e etc., por exemplo manchas negras nas fachadas.</p> <p>l) Infiltração: danos na impermeabilização, deficiência no escoamento de águas pluviais, vazamento em tubulações.</p> <p>Obs. A umidade que poderá ser encontrada em alguns elementos, não foi considerada como um dano específico para evitar uma superposição de manifestações de danos, pois está sendo considerada na carbonatação, presença de cloretos e infiltração.</p>	

6 ESTUDO DE CASO

A vistoria ocorreu na sede da Light Serviços de Eletricidade S.A., situada na Av. Marechal Floriano, 168 – Centro – Rio de Janeiro. A edificação é composta por 3 pavimentos e é tombada pelo patrimônio histórico. Em anexo ao prédio há uma laje de acesso a outras áreas que foi o estudo de caso deste trabalho.

Figura 21 - Planta baixa da laje vistoriada.



Fonte: Autor, 2023

Figura 22 - Foto do prédio anexo.



Fonte: Autor, 2023.

A laje, está impermeabilizada com manta asfáltica e diversas camadas de proteção mecânica (contrapiso), como consequência deste acúmulo de camadas, a laje ficou ainda mais sobrecarregada, aumentando o número de fissuras e consequentemente seus vazamentos, diminuindo desta forma sua segurança.

Figura 23 - Laje com Fissuras, marcas de infiltração e eflorescência e manchas de corrosão



Fonte: Autor, 2023.

Para a inspeção, foi utilizado o check-list de Inspeções, apresentado como modelo na página 51. Após isso, foram utilizadas as fórmulas para definir o dano (D) e o grau de deterioração (Gde) para este elemento. A partir do cálculo do Gde conseguimos determinar o nível de deterioração da peça e o nível de criticidade da manutenção na estrutura.

Tabela 8 - Determinação do grau do dano.

Item	Manifestações Patológicas em Lajes	Fp	Fi
1	Segregação	5	
2	Lixiviação	3	3
3	Esfoliação	8	
4	Desagregação	7	
5	Cobrimento deficiente	6	2
6	Manchas de corrosão	7	2
7	Flechas	10	
8	Fissuras	10	1
9	Carbonatação	7	
10	Infiltração	6	4
11	Presença de cloretos	10	
12	Manchas	5	

Fonte: Autor, 2023.

Calculando:

- Item 2 – Lixiviação - Sendo “*Fi*” maior que 2,5 devemos utilizar a seguinte fórmula:

$$D = (6Fi - 14)Fp, \quad \text{para } Fi > 2,5$$

$$D = (6(3) - 14) 3 = \mathbf{12}$$

- Item 5 – Cobrimento deficiente - Sendo “*Fi*” menor que 2,5 devemos utilizar a seguinte fórmula:

$$D = 0,4Fi . Fp, \quad \text{para } Fi \leq 2,5$$

$$D = 0,4 (2) . 6 = \mathbf{4,8}$$

- Item 6 – Manchas de Corrosão

$$D = 0,4 (2) . 7 = \mathbf{5,6}$$

- Item 8 – Fissuras

$$D = 0,4 (1) . 10 = \mathbf{4}$$

- Item 10 – Infiltração

$$D = (6(4) - 14) 6 = \mathbf{60}$$

Tabela 9 - Determinação do grau do dano.

Item	Manifestações Patológicas em Lajes	Fp	Fi	D
1	Segregação	5		
2	Lixiviação	3	3	12
3	Esfoliação	8		
4	Desagregação	7		
5	Cobrimento deficiente	6	2	4,8
6	Manchas de corrosão	7	2	5,6
7	Flechas	10		
8	Fissuras	10	1	4
9	Carbonatação	7		
10	Infiltração	6	4	60
11	Presença de cloretos	10		
12	Manchas	5		
Fonte: Autor, 2023.			Total	86,4

Determinação do Grau de Deterioração da Estrutura (Gde)

Como encontramos mais de duas manifestações patológicas no mesmo elemento, iremos utilizar a seguinte fórmula:

$$Gde = Dmax + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D(i)}{m-1}, \quad \text{para } m > 2$$

$$Gde = 60 + \frac{26,4}{4} = 66,6$$

A partir da definição do Gde, no nosso caso 66,6, conseguimos classificar o nível de deterioração através da tabela abaixo:

Tabela 10 - Nível de deterioração.

Nível de deterioração	Gde	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 – 15	Estado aceitável
Médio	15 – 50	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	50 – 80	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	> 80	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Adaptado de Castro (1994)

Concluiu-se que pela inspeção visual e com a ajuda do check-list elaborado neste trabalho, determinamos com facilidade suas patologias e os graus dos danos encontrados, que a laje em questão está com um alto nível de deterioração, que necessita uma investigação maior das patologias, como por exemplo realizar um ensaio de pacometria para descobrirmos a taxa de aço da armadura desta laje, uma vez que não há o projeto estrutural da mesma, e intervenção de recuperação estrutural em um curto espaço de tempo.

Por se tratar de uma laje, pela metodologia desenvolvida neste trabalho, podemos afirmar que o estado de limite de serviço está impactado.

Figura 24 - Check-list utilizado o estudo de caso.

CHECKLIST DE INSPEÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO		REVOI PAG 1/1
EMPRESAMENTO / ENDEREÇO: AV. MARECHAL FULCIANO, 1088 - CENTRO - RS		BLOCO / UNID. / ANDAR: LASE ENTRADA
Visitante(s) / Engenharia(s) (nome e rubrica): LEONALDO DALTO		Proprietária(s) / Síndico(s) (nome e rubrica): MICHEL SILVA
Item	Assinalar	
1. HÁ PRESENÇA DE SEGREGAÇÃO? (1 - superfície e pontos significativos em relação às dimensões da peça; 2 - significativos em relação às dimensões da peça; 3 - pontuais em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 - sem exposição da seção da peça.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
2. HÁ PRESENÇA DE EFLORESCÊNCIA? (0 - não há ocorrência; 1 - manchas de pequenas dimensões; 2 - manchas maiores, em grandes seções.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
3. O CONCRETO ESTÁ EM PROCESSO DE DESAGREGAÇÃO? (0 - início de manifestação; 1 - manifestações locais; 2 - que possa ocasionar de rejeito e endurecimento de resacas.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
4. HÁ FALTA DE COBRIMENTO? (1 - ausência que se manifesta em áreas sem, ou com, armadura; 2 - falta de que se manifesta em áreas, com ou sem, armadura; 3 - ausência que se manifesta em áreas significativas.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
5. HÁ MANCHAS DE CORROSÃO NO CONCRETO? HÁ CORROSÃO NA ARMADURA? (1 - manifestações locais; 2 - grandes manchas além fronteiras de paredes; 4 - corrosão ocasionada na armadura principal, em parte interna da peça.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
6. HÁ FLECHAS NA PEÇA? (1 - não perceptíveis a olho nu; 2 - perceptíveis a olho nu, desde das bordas próximas ao centro; 3 - superiores em até 400 de proeminência na seção; 4 - superiores.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
7. HÁ PEÇA SOBRE RECALQUE? (0 - não há, pelas características de base ou do terreno; 1 - não há evidência com base em peças retiradas; 2 - alguma não evidência com base em peças retiradas.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
8. HÁ PRESENÇA DE FISSURAS? (1 - superficial e pouco significativas em relação às dimensões da peça; 2 - significativas em relação às dimensões da peça; 3 - profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 - sem exposição da seção da peça.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
9. HÁ PRESENÇA DE CARBONATAÇÃO? (1 - localizada, com algumas regiões com pH < 10,5, sem atingir a armadura; 2 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 - generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
10. HÁ PRESENÇA DE INFILTRAÇÃO? (1 - indício de infiltração; 2 - pequenas manchas; 3 - grandes manchas; 4 - generalizada.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
11. HÁ PRESENÇA DE CLORETOS? (0 - em elementos em contato com o ar; 1 - em elementos em contato com o ar; 2 - em elementos em contato com o ar; 3 - em elementos em contato com o ar; 4 - em elementos em contato com o ar.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
12. HÁ PRESENÇA DE MANCHAS ORÇUNDAS DE MATERIAL BIOLÓGICO? (1 - manchas locais de pequena extensão, pouco significativas; 2 - manchas locais de pequena extensão, pouco significativas; 3 - manchas locais de pequena extensão, pouco significativas; 4 - manchas locais de pequena extensão, pouco significativas.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
13. HÁ SINAIS DE ESGAMAMENTO? (1 - desintegração do concreto na superfície superior da peça, causada por aderência em manifestação de superplasticidade; fissuras dispersas locais; 2 - fissuras de deslocamento longitudinal, com fissuras transversais (perpendicular) do concreto devido ao esmagamento e a compressão com parte substancial de seção; deformação local aparente, superior a nível de fissuração de fissuras de armadura.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
14. HÁ DESVIOS NA GEOMETRIA? (0 - pilares e paredes com excentricidade $1/200$ (h = altura); 1 - pilares e paredes com excentricidade $1/200$ (h = altura); 2 - pilares e paredes com excentricidade $1/200$ (h = altura); 3 - pilares e paredes com excentricidade $1/200$ (h = altura); 4 - pilares e paredes com excentricidade $1/200$ (h = altura).)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
15. JUNTA DE DILATAÇÃO OBTURADA? (0 - junta de dilatação da estrutura da junta; 1 - presença de material não compatível na junta.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
16. HÁ FISSURAS VIDINHAS A JUNTA DE DILATAÇÃO? (0 - tipo com linha de fissura adjacente à junta; 1 - grande distância da linha com fissura adjacente à junta; 2 - tipo com linha de fissura adjacente à junta; 3 - tipo com linha de fissura adjacente à junta; 4 - tipo com linha de fissura adjacente à junta.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
17. HÁ INFILTRAÇÃO NA BASE? (0 - indício de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 1 - vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 2 - vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 3 - vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 - vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
18. HÁ DESLOCAMENTO POR EMPUXO? (0 - deslocamento lateral na seção horizontal, sem excentricidade, por fixação; 1 - deslocamento lateral na seção horizontal, sem excentricidade, por fixação; 2 - deslocamento lateral na seção horizontal, sem excentricidade, por fixação; 3 - deslocamento lateral na seção horizontal, sem excentricidade, por fixação; 4 - deslocamento lateral na seção horizontal, sem excentricidade, por fixação.)		<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 (Marcar uma ocorrência)
COMENTÁRIOS SOBRE A INSPEÇÃO		
LASE C/ NÚMEROS PONTOS DE INFILTRAÇÃO - TODOS COM EFLORESCÊNCIA E FISSURAS. SOBRECARGA DE CONTRAPISOS E VÁZ IMPERMEABILIZAÇÃO.		

Fonte: Autor, 2023.

7 CONCLUSÃO

Analisando o que foi estudo neste trabalho, foi possível observar que muitas das manifestações patológicas estudadas têm suas origens nas etapas de projeto, planejamento e execução da obra. De uma maneira geral, pode-se dizer que tais fenômenos que causam estes danos nas estruturas de concreto armado são extremamente complexos, mas são dois fatores principais que influenciam na durabilidade das estruturas, que são a qualidade do material e o meio ambiente onde a estrutura está inserida.

Neste estudo também foi possível verificar quais são as patologias mais frequentes nas estruturas de concreto armado e através destes dados, pode-se criar um checklist para classificar o grau de deterioração e o fator de intensidade da estrutura que será analisada. Neste caso este checklist foi criado para ser usado por proprietários de imóveis, síndicos ou até mesmo pessoas que tenham interesse em aplicar esta metodologia em residências e/ou edifícios comerciais.

Com relação ao custo de recuperação, verificou-se que, se existisse um plano de manutenção preventiva para as estruturas de concreto armado das edificações, as pessoas gastariam menos dinheiro, já que, foi mostrado que quando a patologia está em estado avançado, se gasta mais para essa recuperação e reparo do que quando está em estado inicial.

As considerações realizadas através do checklist devem servir de alerta para as pessoas que moram/trabalham nestas edificações, fazendo com que elas procurem profissionais qualificados o quanto antes para poderem dar um solução para a problemática levantada no uso do checklist.

Por este motivo, conclui-se que o checklist é de grande serventia para este público alvo que tem interesse em sempre estar precavido de grandes manutenções e reparos e que entende a real importância de manter a estrutura com seu índice de desempenho acima do recomendado, aumentando a vida útil da estrutura.

8 REFERÊNCIAS

ANDRADE, T.; COSTA E SILVA, A. J. **Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenções das estruturas**. 2008. Artigo científico. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2012/04/considerac3a7c3b5es-sobre-durabilidade-patologia-e-manutenc3a7c3a3o-das-estruturas.pdf>> Acesso em: 10 de abril 2023.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: Análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**. 1997. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 1997.

ARANHA, Paulo Márcio da Silva. **Contribuição ao estudo de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**. 1994. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ARAKI, Eduardo. A origem das fissuras em edificações. 2022. Disponível em: <<https://www.arakiengenharia.com.br/post/blogujte-ze-sv%C3%A9ho-zve%C5%99ejn%C4%9Bn%C3%A9ho-webu-a-z-mobilu>> Acesso em: 28 de junho de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674: Manutenção de edificações: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto: Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9575: Impermeabilização: Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais: Desempenho parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

BORGES, C. A. DE M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 2008.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. n.8. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos. 1999.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1 ed. Tradução de M. C. Marcondes, C. W. F. dos Santos, B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988.

CARRARO, C. L.; DIAS, J. F. **Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social**. FAP UNIFESP, Ambiente Construído, 2014.

CASTRO, E. K. D. **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto**. Universidade de Brasília. Brasília, 1994.

COSTA, Renato. **Saiba como evitar infiltrações na sua casa**. RC ARQDESIGN. 2015. Disponível em: <<https://rcarqdesign.wordpress.com/2015/12/23/saiba-como-evitar-infiltracoes-na-sua-casa/>> Acesso em: 28 de junho de 2023.

COZZA Comunicações. **Como tratar trincas e fissuras em paredes?** Aecweb, 2022. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-tratar-trincas-e-fissuras-em-paredes/23242>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

CR Corretora. **Como evitar o problema da infiltração gerada pela umidade do banheiro**. Corranet, 2014. Disponível em: <https://www.corretanet.com.br/site/conteudos/solucao-correta-conteudos/como-evitar-o-problema-da-infiltracao-gerada-pela-umidade-do-banheiro/>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. **Fissuras em Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos Ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul**. 1988. Mestrado (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

ENGSETTE. **O Terror das estruturas de concreto armado**. 2021. Disponível em: <<https://engsette.com.br/corrosao-de-armaduras/>> Acesso em: 28 de junho de 2023.

FREEPIK. **Site do Freepik**, 2023. Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-premium/parede-umida-por-chuva-excessiva-problemas-de-infiltracao-e-mofa-na-parede-da-casa_22416863.htm. Acesso em: 10 de abril de 2023.

HABITISSIMO. **Piscina em balanço com infiltrações**. 2011. Disponível em: https://fotos.habitissimo.com.br/foto/piscina-em-balanco-com-infiltracoes_13300 Acesso em: 28 de junho de 2023.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª edição. São Paulo: Pini, 1992.

IBAPE. INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA: **NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL NACIONAL**. 2012.

ISO 13823: 2008. **General principles on the design of structures for durability**. 1ª edição. 2008.

JM Engenharia e Diagnóstico. **Umidade, deterioração do reboco e da pintura em regiões inferiores da parede? Entenda os motivos**. JM Engenharia e Diagnóstico, 2020.

Disponível em: <https://www.jmengdiagnostica.com.br/post/umidade-deterioracao-do-reboco-e-da-pintura-em-regioes-inferiores-da-parede-entenda-os-motivos>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J.L. & SILVA FILHO, L. C. **Critérios adotados na vistoria de obras de arte**. XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, 1991.

LIMA, H. J. N., Ribeiro, R. S., Palhares, R. A., Melo, G. S. S. A. **Análise de manifestações patológicas do concreto em viadutos urbanos**. Revista ALCONPAT, 2019.

LUDUVICO, T. S. **Desempenho a estanqueidade à água: interface janela e parede**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MARQUES, Ricardo. **Infiltração por capilaridade e por pressão negativa: entenda!** Imperlast, 2021. Disponível em: [https://imperlast.com/dicas/infiltracao-capilaridade-e-pressao-negativa/#:~:text=parede\)%20entre%20outros.,Infiltra%C3%A7%C3%A3o%20por%20press%C3%A3o%20negativa,ou%20seja%20do%20lado%20oposto](https://imperlast.com/dicas/infiltracao-capilaridade-e-pressao-negativa/#:~:text=parede)%20entre%20outros.,Infiltra%C3%A7%C3%A3o%20por%20press%C3%A3o%20negativa,ou%20seja%20do%20lado%20oposto). Acessado em: 10 de abril de 2023.

MOREIRA, A. L. A. (2007). **A estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenção e proposta de estratégias para manutenção**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-005^a/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 164P.

NEVES, Antônio. **Eflorescência: Saiba tudo sobre esta manifestação patológica**. Blok, 2023. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96f. Monografia (Curso de Especialização Em Gestão Em Avaliações e Perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

PEREIRA, P. S. **PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS PARA AS UNIDADES DE ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE DA CIDADE DE JUIZ DE FORA**. 2011, 92 f. Dissertação (Mestrado apresentada ao Curso do Programa de PósGraduação em Ambiente Construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C.A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. Em pauta: revista técnico científica do CREA-PR, Curitiba, n.1, 2013.

RIGHI, Geovani Venturini. 2009. Estudo dos sistemas de impermeabilização: **Patologias, prevenções e correções** – Análise de casos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria.

RILEM. **Technical committee - Damage Classification of Concrete Structures", Materials and Structures**. Ed. Chapman & Hall, Vol. 24, 1991.

RODRIGUES, J. F. A; **Manutenção Preventiva e Corretiva, Apostila do Curso Técnico em Segurança do Trabalho.** SENAC-PA, 2009.

SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. **Construção e Meio Ambiente.** 7ª edição. Porto Alegre: Coleção Habitare, 2006.

SILVA, Fabrício Nunes. **Caracterização das manifestações patológicas presentes em fachadas de edificações multipavimentados da cidade de Ijuí/RS.** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul, Ijuí, 2006.

SITTER, W. R. **Costs for service life optimization. The Law of fives.** In: International CEBRILEM workshop on durability of concrete structures. Copenhagen: CEBRILEM, 1984.

SOUZA, R. **Conceito de desempenho aplicado a edificações.** São Paulo: Ed. EPUSP, 2015.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

TAKUDOME, Naguisa. **Trincas em paredes.** Massa Cinzenta, 2008. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/trincas-em-paredes/>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

TUUTTI, K. **Corrosion Steel in Concrete.** Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1982.

VIANA, HERBERT RICARDO GARCIA. **PCM- Planejamento e Controle de Manutenção.** Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife, 2003.

WEIMER, Bianca F.; THOMAS, Maurício; DRESCH, Fernanda. **Patologia das estruturas:** Grupo A, 2018.