



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
DANIELA CRISTINA HETZEL SULZBACHER
DANIELA TEIXEIRA

**INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM GALPÕES PRÉ-
MOLDADOS NAS CIDADES DE TUBARÃO E CAPIVARI DE BAIXO- SC**

Tubarão
2020

DANIELA CRISTINA HETZEL SULZBACHER
DANIELA TEIXEIRA

**INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM GALPÕES PRÉ-
MOLDADOS NAS CIDADES DE TUBARÃO E CAPIVARI DE BAIXO- SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Rennan Medeiros

Tubarão
2020

DANIELA CRISTINA HETZEL SULZBACHER
DANIELA TEIXEIRA

**INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM GALPÕES PRÉ-
MOLDADOS NAS CIDADES DE TUBARÃO E CAPIVARI DE BAIXO- SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 05 de agosto de 2020.

Professor e orientador Rennan Medeiros, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Mauricio Alberto Büchele Motta, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Beatriz Anselmo Pereira, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, em primeiro lugar, a Deus por toda força concedida durante este árduo período em que nos foram exigidos esforços para atingir o nosso desejo de concluir a graduação.

Este trabalho não poderia ter sido concluído sem o amor, apoio e paciência de nossas famílias. Somos profundamente gratas a eles por sua compreensão e incentivo a nossa caminhada.

Ao nosso professor e orientador, Rennan Medeiros, reconhecemos o esforço por seu apoio paciente, orientação inestimável e conselhos construtivos para o desenvolvimento deste trabalho. À professora Norma Beatriz Camisão Schwinden, que acompanhou e nos orientou no início deste trabalho.

Agradecemos, também, a todos os colaboradores da universidade, em especial aos professores, que foram essenciais para que pudéssemos subir mais um degrau na infinita escada do conhecimento. Além disso, agradecemos a nossos colegas e amigos que estiveram juntos nessa caminhada por todo o apoio e momentos compartilhados.

A todas as pessoas que de alguma forma nos ajudaram e que acreditaram que tudo seria possível.

“A ciência é muito mais do que um corpo de conhecimento. É uma maneira de pensar. E isso é fundamental para o nosso sucesso. A ciência nos convida a aceitar os fatos, mesmo quando eles não se ajustam às nossas concepções” (Carl Sagan).

RESUMO

Nos últimos anos, o sistema de estruturas pré-moldadas de concreto vem sendo muito utilizado na construção civil devido, principalmente, a sua rapidez na execução e por ter um maior controle dos materiais aplicados, sobretudo em empreendimentos comerciais. Entretanto, a ausência no controle da qualidade dos projetos, materiais, métodos de execução, transporte e a falta de manutenção desse sistema são responsáveis pela ocorrência de manifestações patológicas. O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a incidência de manifestações patológicas, diagnosticar e propor métodos de reparo para os problemas encontrados em estruturas pré-moldadas localizadas nas cidades de Tubarão/SC e Capivari de Baixo/SC. Para a realização desse estudo, fez-se uso do método desenvolvido por Lichtenstein de diagnóstico de problemas patológicos em edificações. O levantamento dos dados ocorreu a partir de visitas técnicas em alguns empreendimentos locais, consulta a bibliografia especializada na área, registros fotográficos, assim como, entrevistas com os proprietários e locatários dos galpões. Nesse sentido, o presente trabalho buscou investigar as possíveis causas, origens e mecanismos de ocorrência de manifestações patológicas das obras visitadas. Através dos estudos realizados, foram identificadas entre as manifestações patológicas catalogadas que as manchas de umidade, fissuras e corrosão de armadura são as mais incidentes. A partir da análise foi possível identificar a origem do problema e propor sugestões de reparo, indicando ações para minimizar ou, até mesmo, evitar os problemas encontrados, contribuindo assim para que esse tipo de sistema construtivo tenha um maior nível de qualidade.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Estruturas pré-moldadas. Patologia das estruturas.

ABSTRACT

Over the last few years, the precast concrete structures system has been widely used in civil construction mainly because it saves construction time, increases the productivity and there is greater supervision of production since pieces are poured and cured in a controlled environment. This system is use specially in commercial and industrial buildings in south of Brazil. However, the absence of quality control over design projects, materials, transportation and the lack of maintenance of this system are responsible for the occurrence of building pathologies. The main objective of this research is to analyse the most frequent problems, to diagnose and propose repair measures for the defects found in precast structures located in the cities of Tubarão and Capivari de Baixo- SC. To carry out this study, the method developed by Lichtenstein for the diagnosis of buildings pathologies was adopted. The investigations have begun with a detailed survey and study to collate historic and background information. The data on site was collected through technical visits to local industries, photographic records, as well as interviews with the owners and tenants of the warehouses. In this sense, the present work sought to investigate the possible causes, origins and mechanisms of occurrence of the defects. Through the studies carried out, it was identified among the building pathologies that stains of humidity, cracks and corrosion of reinforced bars are the most common defects founded. From the analysis it was possible to identify the origin of the problem and propose repair measures, indicating actions to minimize or even avoid the problems encountered, thus contributing to a higher level of quality of this type of construction system.

Keywords: Building pathologies. Precast concrete structure. Building Defect Reports.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (<i>Lei de Sitter</i>)	20
Figura 2 – Configurações genéricas de fissuras em função do tipo de sollicitação. a) Fissuração em função da sollicitação a flexão. b) Fissuração em função da sollicitação a tração. c) Fissuração em função da sollicitação cortante. d) Fissuração em função da sollicitação a torção. e) Fissuração em função da perda de aderência. f) Fissuração em função da sollicitação de cargas concentradas	26
Figura 3 – a) Fissuras por recalque de fundação de pilar de canto. b) Fissuras de parede portante, com recalque na extremidade	27
Figura 4 – Fissuras típicas de a) tração. b) compressão em consoles.....	28
Figura 5 – Fissuras em consoles causadas por aparelho de apoio	29
Figura 6 – Pilar com passagem de água pluvial	32
Figura 7 – Seções dos tipos mais usuais de vigas pré-moldadas.....	33
Figura 8 – Principais tipos de lajes pré-moldadas	34
Figura 9 – Tipos de consoles	35
Figura 10 – Procedimento para diagnóstico de manifestações patológicas	40
Figura 11 – Mapa com a localização das obras visitadas	41
Figura 12 – Incidência de manifestações patológicas em galpões pré-moldados	42
Figura 13 – Manchas de umidade em vigas e pilar	43
Figura 14 – Manchas de umidade em vigas calha tipo “U”	44
Figura 15 – Viga com manchas de eflorescência	45
Figura 16 – Placa pré-moldada com manchas ferruginosas e em detalhe a porosidade da placa	46
Figura 17 – Fissuração em console.....	47
Figura 18 – Corrosão de armadura em vigas e pilares	48
Figura 19 – Corrosão de armadura em laje.....	49
Figura 20 – Movimentação do pilar e deslocamento da placa de fechamento	50
Figura 21 – Fissuração e ruptura de <i>gerber</i> por movimentação da estrutura	51
Figura 22 – Corrosão em dispositivos metálicos.....	52
Figura 23 – Desplacamento em console e em pilar ocasionado no transporte ou montagem da obra.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de fraturas e aberturas.....	26
Tabela 2 – Dimensões de painéis para sistema de parede de fechamento.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais sintomas e suas causas principais	21
Quadro 2 – Análise das manchas de umidade	43
Quadro 3 – Análise das manchas de umidade	44
Quadro 4 – Análise das manchas causadas por eflorescência	45
Quadro 5 – Análise de manchas por infiltração	46
Quadro 6 – Análise das manifestações patológicas de fissuras em consoles	47
Quadro 7 – Análise de manifestações patológicas de corrosão de armaduras	48
Quadro 8 – Análise de manifestações patológicas de corrosão de armadura.....	49
Quadro 9 – Análise de manifestações patológicas de recalque de fundação.....	50
Quadro 10 – Análise de fissuras em gerber de vigas por movimentação da estrutura	51
Quadro 11 – Análise de manifestações patológicas por corrosão de dispositivos metálicos ...	52
Quadro 12 – Análise de manifestações patológicas causadas por transporte e montagem	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

NBR – Norma Brasileira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVO	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES	17
2.1.1 Durabilidade	17
2.1.2 Vida útil de projeto	18
2.1.3 Desempenho	19
2.1.4 Manutenção.....	19
2.1.5 Sintomas	20
2.1.6 Origem.....	21
2.1.6.1 Origem das manifestações patológicas na fase de projeto	22
2.1.6.2 Origem das manifestações patológicas na fase de execução da estrutura	22
2.1.6.3 Origem das manifestações patológicas na fase de utilização da estrutura	23
2.1.7 Causas.....	23
2.1.8 Mecanismo de ocorrência	23
2.1.9 Prognóstico.....	24
2.1.10 Terapia	24
2.2 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	25
2.2.1 Fissuras.....	25
2.2.1.1 Classificação das fissuras quanto à atividade	25
2.2.1.2 Classificação das fissuras quanto à abertura	25
2.2.1.3 Classificação das fissuras quanto à causa.....	26
2.2.1.4 Fissuras e deslocamentos por recalque de fundação	27
2.2.1.5 Fissuras em console de vigas e pilares pré-moldados	28
2.2.2 Manchas de umidade, bolor ou mofo e eflorescência.....	29
2.2.3 Corrosão da armadura	30
2.3 GENERALIDADES DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	31

2.4	PRINCIPAIS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS.....	32
2.4.1	Pilares	32
2.4.2	Vigas	33
2.4.3	Lajes.....	33
2.4.4	Placas de fechamento	34
2.4.5	Consoles.....	35
3	METODOLOGIA.....	37
3.1	IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	37
3.2	MÉTODO LICHTENSTEIN PARA DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONSTRUÇÕES	38
3.2.1	Levantamento de subsídios.....	38
3.2.2	Diagnóstico da Situação	38
3.2.3	Definição de Conduta.....	38
4	ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41
4.1	DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
4.2	ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES MAIS INCIDENTES	42
4.2.1	Análise das manifestações patológicas de manchas de umidade, bolor ou mofo e eflorescência	43
4.2.2	Análise das manifestações patológicas de fissuras	47
4.2.2.1	Fissuração em consoles de vigas e pilares.....	47
4.2.2.2	Fissuras e deslocamento por corrosão de armaduras	48
4.2.3	Análise das manifestações patológicas de recalque de fundação	49
4.2.4	Análise das manifestações de corrosão por dispositivos metálicos	51
4.2.5	Análise de deslocamento causado por transporte e montagem	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado são de grande importância no desenvolvimento da humanidade desde o início dos tempos e, o crescimento acelerado da construção civil, promoveu a necessidade de rapidez e inovação.

De modo a proporcionar uma melhoria na qualidade dos produtos, assim como uma otimização na construção, surgiu a demanda por sistemas construtivos industrializados. A industrialização tem como características linhas de produção mais organizadas com a repetição das atividades e produção em alta escala.

A demanda por um sistema inovador que apresente características significativas como rapidez de execução, controle de qualidade, relativo nível organizacional de produção e com melhor aproveitamento de recursos, requer a utilização de componentes e processos padronizados, que podem ser encontrados na pré-fabricação.

Segundo Pederiva (2009), a racionalização adquirida com o uso de estruturas pré-moldadas permite que os materiais disponíveis para a execução do empreendimento sejam mais bem aproveitados, sem a necessidade de demandar grandes alterações tecnológicas.

Os pré-moldados são elementos construtivos fabricados fora do seu lugar de uso definitivo, de acordo com o projeto. Esses elementos podem ser fabricados sob o conceito de industrialização ou pré-fabricação, onde tem-se a produção em série desses elementos, por método de fabricação em massa (SERRA, 2005).

O recente desenvolvimento econômico do país, especialmente nas últimas décadas, teve impacto em larga escala na engenharia, especialmente na área da construção civil, aumentando significativamente o número de construções. Entretanto, o cuidado na concepção destas construções não acompanhou o mesmo ritmo (OLIVEIRA, 2012).

Segundo Moraes *et al.* (2012), é comum a prática de desenvolvimento do projeto desassociado da atividade de execução. O projeto, normalmente, é considerado fator isolado no desenvolvimento de um empreendimento, sendo desconsiderado seu tempo mínimo de concepção, custo e importância das definições que deveriam ser consideradas na fase de projeto e acabam sendo postergadas para solução na obra.

A progressão do desenvolvimento tecnológico aconteceu gradativamente e, com ela, a evolução do conhecimento sobre estruturas e materiais, através do estudo e análise dos erros acontecidos (SOUZA; RIPPER, 1998).

Falhas no projeto ou na execução das diversas etapas da construção exigem, como consequência, adaptações não previstas no orçamento, consertos com custos complementares e

até necessidade de reconstruções completas, de alto valor financeiro e, às vezes, prejuízos que aparecem mais tarde.

Durante sua vida útil, as edificações estão sujeitas às ações de diversos agentes que contribuem para a diminuição de sua resistência. As manifestações patológicas são bastante recorrentes nas obras civis e nas estruturas de concreto pré-moldadas da região sul de Santa Catarina.

Segundo França *et al.* (2011), a patologia nas construções se dedica ao estudo de anomalias ou problemas de uma construção e as alterações anatômicas e funcionais causadas na mesma. Estes problemas podem ser adquiridos congenitamente, ou seja, durante a execução da obra (emprego inadequado de materiais e métodos construtivos), na concepção do projeto ou, até mesmo, serem adquiridas ao longo de sua vida.

A NBR 5674 (ABNT, 2012) intitulada “Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção”, define as disposições para a gestão do sistema de manutenção de edificações. De modo a evitar a queda de desempenho devido à depreciação de seus sistemas, equipamentos e componentes.

O conhecimento da evolução das manifestações patológicas, sendo estes antecipadamente identificados em manutenções preventivas, ocasionará menor custo de reparo dos elementos danificados. Ou seja, a execução das correções será mais fácil e mais econômica quanto mais cedo forem realizadas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A deficiência de formação e preparo de profissionais nos diferentes níveis que atuam nas áreas de planejamento, projeto, execução e manutenção das construções, acabam implicando em projetos não adequadamente elaborados, compatibilizados e detalhados. Além de falhas no processo de execução, que provocam déficits significativos e negativos para a construção civil.

Através da análise de erros e acidentes ocorridos, o conhecimento sobre a durabilidade e vida útil das estruturas de concreto vem sendo aprimorado e adequado aos ambientes onde estas construções estarão inseridas.

Sabe-se que a vida útil de uma construção está diretamente relacionada aos cuidados que foram estabelecidos na fase de projeto, execução e sua manutenção ao longo do uso. Dentro do tema proposto, se faz importante o estabelecimento de um conjunto de atividades que devem ser desempenhadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional de uma construção.

É sabido que a falta de manutenção faz com que pequenos problemas que, a princípio teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações de desempenho insatisfatório, ambientes de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação (ANTONIAZZI, 2009).

O aumento do número de manifestações patológicas é um forte indicativo que as edificações existentes estão envelhecendo precocemente. Mehta e Monteiro (2008) afirmam que em países industrialmente desenvolvidos, estima-se que 40% do total de recursos da indústria da construção são destinados a intervenções de estruturas já existentes e menos de 60% em novas instalações.

Com o crescente desenvolvimento da construção civil, a demanda por processos construtivos mais eficientes, rápidos e de menor custo passou a ser uma questão primordial. A procura por inovação faz com que as empresas, que atuam no setor, busquem novas formas e métodos construtivos industrializados, como é o caso dos pré-moldados em concreto armado (MILANI *et al.*, 2012).

Para que um padrão de qualidade satisfatório seja atingido capaz de atender a demanda existente, é imprescindível um controle rigoroso durante o processo produtivo das peças e a verificação de manifestações patológicas oriundas deste processo, a fim de minimizá-las ou saná-las, de modo a atestar a funcionalidade, estética e estabilidade dos elementos.

O trabalho reúne um estudo das principais manifestações patológicas de estruturas pré-moldadas de concreto, tornando-se uma fonte de pesquisa a ser consultada juntamente com outras bibliografias que tratam do mesmo assunto.

1.2 OBJETIVO

Os objetivos a serem alcançados indicam as finalidades da pesquisa e os resultados que se espera obter. E estão a seguir destacados.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar a incidência de manifestações patológicas, diagnosticar e propor métodos de reparo para os problemas encontrados em estruturas pré-moldadas, localizadas nas cidades de Tubarão e Capivari de Baixo no estado de Santa Catarina.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar as manifestações patológicas mais incidentes em galpões pré-moldados;
- b) Investigar as possíveis causas que originaram as anomalias;
- c) Apresentar sugestões de reparo indicando ações para minimizar, ou mesmo, evitar os problemas encontrados, com o intuito de colaborar para a construção de estruturas pré-moldadas de maior nível de qualidade.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em capítulos para facilitar a sua compreensão, que serão apresentados da seguinte forma:

O capítulo um traz a introdução, que compreenderá a apresentação do tema da pesquisa, a justificativa, os objetivos de trabalho, e estrutura do trabalho.

O capítulo dois apresenta a revisão da literatura sobre manifestações patológicas em estruturas de concreto armado e generalidades de estruturas de concreto pré-moldado.

No capítulo três é descrita a metodologia da pesquisa. Seguido do capítulo quatro que apresenta os resultados da pesquisa.

O capítulo cinco apresenta as considerações finais deste estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, apresenta-se o referencial teórico, abordando assuntos primordiais desta pesquisa, como: patologia das construções, manifestações patológicas e generalidades sobre estruturas pré-moldadas.

2.1 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

A patologia das construções se dedica ao estudo de anomalias ou problemas construtivos e as alterações anatômicas e funcionais causadas nas mesmas.

Segundo Bolina, Tutikian e Helene (2019), a patologia das construções pode ser entendida como a ciência que procura estudar os defeitos incidentes nos materiais construtivos, componentes e elementos ou em uma edificação como um todo, buscando diagnosticar as origens e entender os mecanismos de ocorrência e evolução do processo patológico.

Para Bauer (2016), o surgimento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado está sujeito a diversos fatores que causam anomalias na edificação, podendo comprometer sua durabilidade e até sua estabilidade.

2.1.1 Durabilidade

A NBR 6118 (ABNT, 2014), define durabilidade como a capacidade de a estrutura desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob as condições ambientais previstas em projeto, conservando a segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à vida útil.

Para Medeiros *et al.* (2011), a durabilidade é o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Deste modo, a durabilidade decorre de determinadas combinações de materiais e fatores externos, e não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura, à armadura ou ao concreto.

Isaia (2001) afirma que, no sentido estrito do termo, a durabilidade dos materiais está ligada à sua capacidade de se conservar em determinado estado, com a mesma qualidade ao longo de um dado tempo.

A durabilidade de uma construção dependerá muito da execução de cada uma das fases, assim como, da utilização de materiais adequados. Pois, são por meio do desempenho de

cada fase que terão origem as anomalias construtivas, afetando a durabilidade de um empreendimento.

2.1.2 Vida útil de projeto

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014, p.15), define-se vida útil de projeto como o “período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor”.

De maneira geral, vida útil consiste em mensurar a expectativa de duração de uma estrutura ou suas partes, dentro de limites admissíveis, atendendo às finalidades esperadas em projeto.

De forma semelhante, Medeiros *et al.* (2011) afirmam que a vida útil deve sempre ser analisada de um ponto de vista amplo, que envolve o projeto, a execução, os materiais, o uso, operação e a manutenção sob um enfoque de desempenho, qualidade e sustentabilidade.

Helene (1992) classifica vida útil em quatro categorias:

- a) Vida útil de projeto: nessa fase os agentes agressivos ainda não penetraram no concreto de forma a causar danos à estrutura;
- b) Vida útil de serviço: os efeitos dos agentes agressivos começam a se manifestar, apresentando fissuração do concreto e manchas devido à corrosão da armadura;
- c) Vida útil total: a ruptura e colapso parcial ou total da estrutura;
- d) Vida útil residual: é o período de tempo no qual a estrutura será capaz de desenvolver as suas funções, contando após uma vistoria e/ou intervenção.

A vida útil de projeto é uma estimativa teórica de tempo que compõe o tempo de vida útil.

O conceito de vida útil, aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes. Dessa maneira, determinadas partes das estruturas podem receber consideração especial com valor de vida útil diferente do todo como, por exemplo, aparelhos de apoio e juntas de movimentação (NBR 6118, ABNT 2014).

Prolongar ao máximo o tempo que a estrutura conserva seus índices mínimos de resistência e funcionalidade é um dos desejos dos profissionais de setor da construção civil (HELENE, 2001). A vida útil pode ser prolongada com ações de manutenção, o que elevará o seu desempenho ao longo do tempo, levando-a a atingir a vida útil de projeto.

2.1.3 Desempenho

A NBR 6118 (ABNT, 2014) conceitua desempenho como a capacidade da estrutura se manter em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para a qual foi projetada.

O comportamento em serviço de cada produto ao longo da vida útil e a sua medida relativa espelhará, sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção. O desempenho está relacionado com a manutenção realizada na estrutura, o que influi diretamente na sua vida útil (SOUZA; RIPPER, 1998).

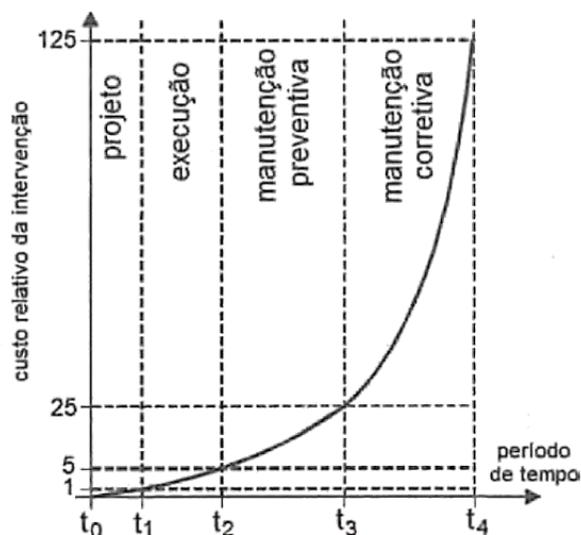
Em uma construção, observa-se que existe uma forte relação entre a manifestação patológica e o desempenho da edificação, na medida em que sua avaliação é relacionada com o comportamento da estrutura em utilização (ANDRADE; SILVA, 2005).

2.1.4 Manutenção

A manutenção é definida como um conjunto de atividades e condutas, que tem por objetivo garantir o desempenho mínimo satisfatório das estruturas e, por consequência, aumentar a vida útil da obra em questão (SOUZA; RIPPER, 1998).

Quanto mais cedo se prever determinado problema na estrutura, mais fácil e econômica será a intervenção. A manutenção corretiva de um elemento se torna mais cara, quanto mais tardia for a intervenção. Esta ideia é representada pela *Lei de Sitter* - os custos de intervenção crescem em função do tempo e segundo uma progressão geométrica de razão cinco - de 1984, ilustrada na Figura 1.

Figura 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (*Lei de Sitter*)



Fonte: Helene (1992, p. 24).

Tutikian e Pacheco (2013) afirmam que a manutenção pode ser corretiva, destinada a recuperar determinado dano; preventiva, mantendo o desempenho das estruturas; preditiva ou detectiva, que acompanha através de instrumentação o desempenho da estrutura. Constituindo, então, a engenharia de manutenção, sendo essa a forma mais eficiente de garantir o desempenho e vida útil das estruturas.

2.1.5 Sintomas

De acordo com Tutikian e Pacheco (2013), quando uma edificação apresenta algum problema em sua integridade, podem surgir sinais externos, que podem ser denominados como sintomas, indicando que algo não está correto.

As manifestações patológicas, salvo algumas exceções, apresentam características a partir da qual se podem deduzir qual a origem e o mecanismo de ocorrência, bem como estimar um provável prognóstico (HELENE, 1992).

Conforme afirma Bauer (2016), os três principais sintomas de uma edificação de concreto armado são as fissuras, disgregação e desagregação. Sendo estes sintomas visíveis e facilmente contestados e diferenciados entre si. O Quadro 1 apresenta os principais sintomas observados em estruturas de concreto armado e suas causas.

Quadro 1 – Principais sintomas e suas causas principais

SINTOMAS			CAUSAS PRINCIPAIS
Fissuras; Trincas	Disgregação	Desagregação	
X			a) Durante a construção
X			b) Retração durante a pega do cimento
X			c) Retração durante o endurecimento do concreto
			d) Efeitos de variação de temperatura
X	X		4.1 Interna
X			4.2 Ambiente
	X	X	4.3 Incêndio
X			e) Absorção de água pelo concreto
			f) Corrosão de armaduras
X	X		6.1 Origem química
X	X		6.2 Origem eletroquímica
X	X	X	g) Reações químicas
	X	X	h) Alterações atmosféricas
X	X		i) Ondas de choque
X	X		j) Projeto incompleto, sem detalhes
X	X		k) Erros de cálculo
		X	l) Abrasão

Fonte: Bauer (2016, p. 413).

Conforme apresentado no Quadro 1, as fissuras e trincas são os sintomas mais incidentes dentre as principais causas das manifestações patológicas que ocorrem em estruturas de concreto armado. A disgregação, sendo um fenômeno que ocorre devido as tensões de tração acima da resistência do concreto, vem em segundo lugar, sua principal característica é o deslocamento superficial do concreto. Já a desagregação, geralmente causada por ataques químicos, os agregados graúdos destacam-se da argamassa.

2.1.6 Origem

A origem do problema é definida como a falha em alguma das etapas do ciclo de vida de uma edificação, podendo ser oriunda de uma ou mais etapas (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

A análise da degradação das estruturas não pode se desenvolver sem considerar as características das manifestações patológicas e sua respectiva fase ou etapa de ocorrência. São

condições necessárias para se obter mais certeza do diagnóstico e mais segurança ao projetar estas estruturas.

Um diagnóstico adequado de uma manifestação patológica deve indicar em que etapa do processo construtivo teve origem o fenômeno que desencadeou o problema, defende Helene (1992). A origem pode decorrer da falha de projeto, da má qualidade dos materiais empregados na construção, da falha na etapa de execução e da falha na etapa de utilização da edificação por uso inadequado ou falta de manutenção.

2.1.6.1 Origem das manifestações patológicas na fase de projeto

O processo de concepção de uma estrutura pode gerar uma série de falhas, os quais quando cometidos prematuramente acarretam soluções complexas e onerosas.

Segundo Souza e Ripper (1998), as falhas podem se originar durante o estudo preliminar, na execução do anteprojeto ou durante a elaboração do projeto de execução. As falhas procedentes do anteprojeto ou dos estudos iniciais, geram encarecimento de todo o processo construtivo, à medida que o surgimento de manifestações patológicas advém de erros nos projetos finalizados. As manifestações patológicas nessas etapas são variadas, desde erros no dimensionamento a inexecutáveis detalhes construtivos.

2.1.6.2 Origem das manifestações patológicas na fase de execução da estrutura

Nesta fase, as atividades relacionadas à produção do concreto (mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura) são as que mais influenciam na durabilidade do mesmo (CÁNOVAS, 1988).

De forma semelhante, Souza e Ripper (1998) afirmam que as falhas na etapa de execução podem ocorrer pela falta de condições nos locais de trabalho, não capacitação de profissional da mão de obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes e irresponsabilidade técnica.

Segundo Helene (1992), é sempre preferível investir mais tempo e recursos no detalhamento e estudos preliminares que, por falta de previsão, tomar decisões apressadas e adaptadas durante a execução.

2.1.6.3 Origem das manifestações patológicas na fase de utilização da estrutura

Nesta etapa, as manifestações patológicas são originadas da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado (SOUZA; RIPPER, 1998).

A NBR 5674 (ABNT, 2012) explana as atividades essenciais a serem e cumpridas em cada manutenção e sua periodicidade. Além de serem importantes para a segurança e qualidade de vida dos usuários, são essenciais para a manutenção dos níveis de desempenho ao longo da vida útil projetada.

De fato, a falta de manutenção predial ou sua realização inadequada, tanto pelos moradores em suas unidades habitacionais, quanto pelo condomínio, é fator predominante do surgimento de manifestações patológicas.

2.1.7 Causas

Os agentes causadores das manifestações patológicas podem ser vários: cargas, variação de umidade, variação térmica intrínsecas e extrínsecas ao concreto, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos e outros (HELENE, 1992).

De acordo com Bolina, Tutikian e Helene (2019), os causadores intrínsecos são todos os que têm sua origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução ou uso das obras, por falhas humanas ou falhas do comportamento do material. Já os agentes causadores extrínsecos de deterioração da estrutura são aqueles que atuam de fora para dentro, que independem do corpo estrutural em si e das falhas inerentes ao processo construtivo.

2.1.8 Mecanismo de ocorrência

Toda manifestação patológica em estruturas de concreto armado ocorre a partir de um mecanismo e compreender o processo é fundamental para uma terapia adequada (HELENE, 1992).

Compreender os mecanismos de ocorrência é de fundamental importância para prevenir os sistemas contra o surgimento de anomalias que comprometam o uso da edificação (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Helene (1997) indica que os mecanismos mais importantes do envelhecimento e deterioração das estruturas de concreto são:

- a) Mecanismos de deterioração relativos ao concreto: lixiviação (águas puras e ácidas), expansão por ação de águas e solos contaminados com sulfatos, expansão por reação álcali-agregado, reações superficiais deletérias;
- b) Mecanismos de deterioração relativos à armadura: despassivação por carbonatação e despassivação por ação de íons cloreto;
- c) Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita: ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas (fadiga), deformação lenta (fluência), relaxação, e outros considerados em qualquer norma ou código regional, nacional ou internacional, mas que não fazem parte de uma análise de vida útil e durabilidade tradicional.

2.1.9 Prognóstico

O prognóstico é definido com o estudo das características evolutivas de uma manifestação patológica. A análise do prognóstico de um fenômeno preserva a construção contra o surgimento de manifestações patológicas futuras (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Segundo Tutikian e Pacheco (2013), para realizar este estudo, o profissional deve se fixar em alguns parâmetros como a análise da evolução natural do problema, as condições de exposição, a análise do entono em que a edificação se encontra e o tipo de problema.

2.1.10 Terapia

O objetivo da terapia é estancar o processo e devolver o desempenho e a segurança a edificação. A terapia é definida com a parte que trata da correção dos problemas patológicos (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

As medidas terapêuticas de correção podem se dar por diferentes formas. Segundo Bolina, Tutikian e Helene (2019), as formas de intervenção mais aceitas pelo setor são os 8 (oito) R's: reabilitação; recuperação; reparo; reforço; restauro; reforma; reconstrução e *retrofit*.

Segundo Helene (1992) é recomendável que após as intervenções, sejam tomadas medidas de proteção da estrutura com programas de manutenção periódica. Para elaboração do programa de manutenção, deve-se considerar a importância da obra, a vida útil prevista, a agressividade do ambiente e a natureza dos materiais e medidas protetoras adotadas.

2.2 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

A seguir serão apresentadas algumas manifestações patológicas que acometem as construções, de modo a se entender o mecanismo de formação de cada um deles.

2.2.1 Fissuras

A NBR 15575 (ABNT, 2013, p.6), 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 podem interferir na estética, durabilidade e nas características estruturais da obra e são manifestações patológicas comuns nas edificações. As fissuras se originam quando a sollicitação é maior que a capacidade de resistência do material, e, quanto maior a sua fragilidade, maior será sua magnitude de intensidade de fissuração (CORSINI, 2010).

De forma semelhante, Oliveira (2012) define que fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas geralmente causadas por tensões dos materiais. Podem ser observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura.

2.2.1.1 Classificação das fissuras quanto à atividade

Segundo Bauer (2016), quanto a movimentação, há dois tipos de fissuras: uma são as fissuras ativas, com movimentação; e outra, as passivas, que estão estabilizadas ou sem movimentação.

2.2.1.2 Classificação das fissuras quanto à abertura

Oliveira (2012) propõe a classificação quanto a abertura, sendo: fissuras, aquelas aberturas de até 0,5mm; trincas, aberturas entre 0,5 e 1,5mm; rachaduras, as que atingem de 1,5 a 5,0mm; fendas, as aberturas entre 5,0 e 10mm; e por fim, as brechas que são aberturas que passam de 10mm de espessura, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação de fraturas e aberturas

Tipo de fratura	Abertura (mm)
Fissura capilar	< 0,2
Fissura	0,2 a 0,5
Trinca	0,5 a 1,5
Rachadura	1,5 a 5,0
Fenda	5,0 a 10,0
Brecha	> 10,0

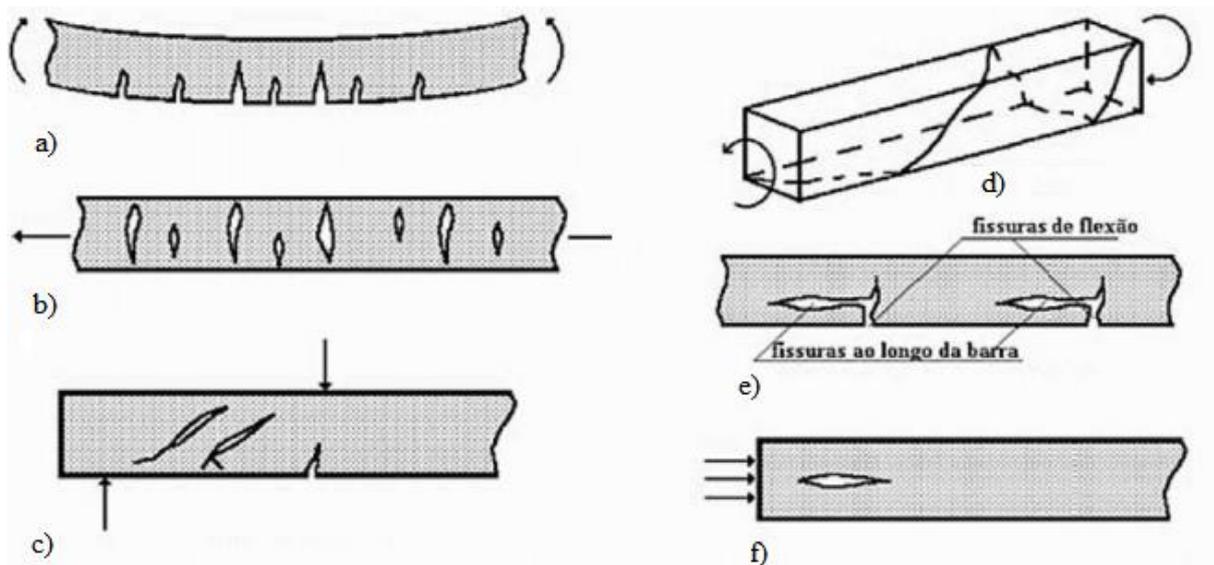
Fonte: Oliveira (2012, p. 10).

As fissuras se apresentam geralmente como estreitas e alongadas aberturas na superfície de um material. As trincas podem ser definidas quando o objeto ou parte dele se apresenta partido, e, assim, podem afetar a segurança dos componentes da estrutura que permitem a entrada de agentes nocivos. As rachaduras têm as mesmas características das trincas, mas são aberturas maiores, profundas e acentuadas.

2.2.1.3 Classificação das fissuras quanto à causa

Souza e Ripper (1998) afirmam que as fissuras podem assumir diferentes configurações em função do tipo de solicitação predominante. Os tipos mais comuns de fissuras são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação. a) Fissuração em função da solicitação a flexão. b) Fissuração em função da solicitação a tração. c) Fissuração em função da solicitação cortante. d) Fissuração em função da solicitação a torção. e) Fissuração em função da perda de aderência. f) Fissuração em função da solicitação de cargas concentradas



Fonte: Souza e Ripper (1998, p. 58).

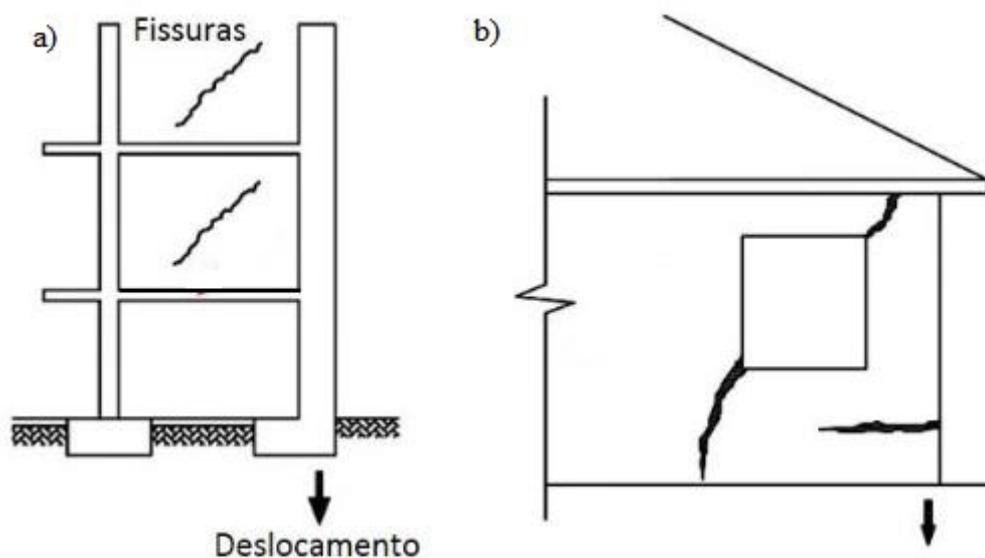
A perfeita identificação da causa da fissura, é o primeiro passo para a tomada de decisão sobre o tipo de tratamento a ser utilizado. Se há ou não a necessidade de se executar reforços estruturais na peça fissurada ou, em casos extremos, se a peça está condenada a demolição (SOUZA e RIPPER, 1998).

2.2.1.4 Fissuras e deslocamentos por recalque de fundação

A fundação tem como finalidade transmitir a carga recebida da edificação para o solo. As fissuras por recalque de fundação ocorrem devido à fundação sofrer movimentações no plano vertical consequentemente, influenciando na estabilidade da estrutura. Quando esse fenômeno ocorre ele acaba ocasionando o aparecimento de fissuras, normalmente em 45°, devido as movimentações.

Segundo Santos (2014), os problemas de fissuras por recalque nas fundações ocorrem devido à construção de fundações assentes em solos compressíveis, expansivos ou aterros; interferência no bulbo de tensões, provocado por construções vizinhas; rebaixamento do lençol freático; sobrecargas; ou falhas em elementos de fundação.

Figura 3 – a) Fissuras por recalque de fundação de pilar de canto. b) Fissuras de parede portante, com recalque na extremidade



Fonte: Milititsky; Consoli e Schnaid (2008, p. 24).

As Figuras 3a e 3b correspondem a padrões típicos de deslocamentos do qual se originam as fissuras. A realização de acompanhamento ou controle de recalques é fundamental para identificação precisa do comportamento real das fundações (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2008).

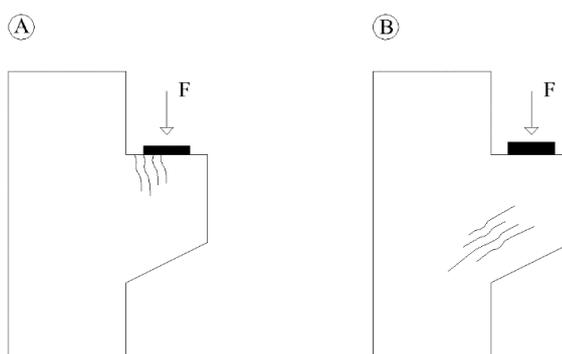
2.2.1.5 Fissuras em console de vigas e pilares pré-moldados

Os consoles de concreto armado são submetidos, predominante, a esforços de tração e cisalhamento. De acordo com Souza e Ripper (1998), a falta ou detalhamento incompleto de armadura, origina o surgimento de fissuras e trincas em consoles.

A armadura principal para resistir à tração deve ser empregada na parte superior do console. As fissuras por deficiência dessas armaduras - seja por dimensão, espaçamento ou ancoragem - podem ser observadas na Figura 4a (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Conforme Bolina, Tutikian e Helene (2019), as armaduras de costura servem para incrementar a capacidade de resistência da biela de compressão existente na peça. A Figura 4b indica insuficiência de tensão resistente do concreto ou de armadura de costura.

Figura 4 – Fissuras típicas de a) tração. b) compressão em consoles

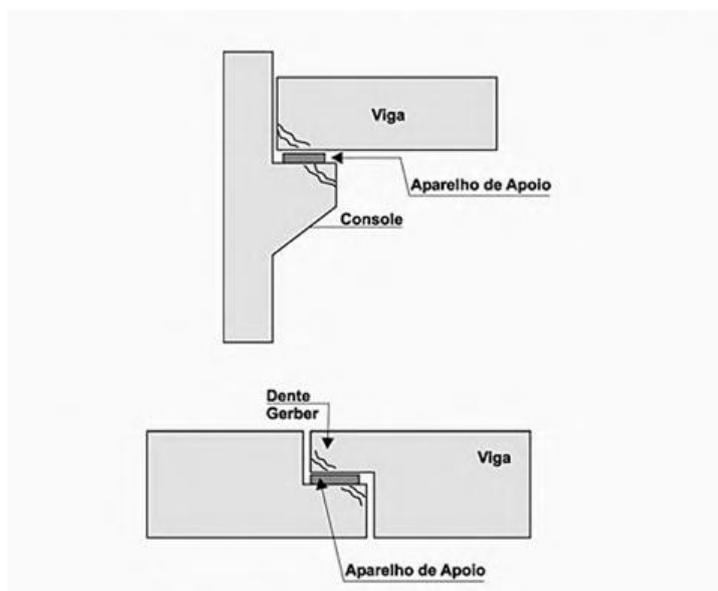


Fonte: Bolina, Tutikian e Helene (2019, p. 134).

A inclinação das fissuras depende da relação entre a altura do console (h_d) e a altura da viga (h_{vig}). Quanto menor a relação h_d/h_{vig} , mais as fissuras tendem à direção horizontal (EL DEBS, 2000).

Segundo Marcelli (2007) as fissuras provocadas por compressão podem ser resultantes da concentração de tensões normais e tangenciais na região de apoio.

Figura 5 – Fissuras em consoles causadas por aparelho de apoio



Fonte: Marcelli (2007, p.110).

Conforme apresentado na Figura 5, este tipo de problema se manifesta por ineficiência ou inexistência do aparelho de apoio, sendo que a deficiência pode estar no dimensionamento estrutural ou na colocação incorreta da armadura durante a execução da peça.

2.2.2 Manchas de umidade, bolor ou mofo e eflorescência

As manchas de umidade são uma das manifestações de maior evidência nas edificações pré-moldadas. Elas podem ter diferentes aspectos e são originadas por um conjunto de fatores diferentes, sendo o excesso de umidade um dos principais.

A umidade ocorrida pelas precipitações, deve-se a infiltração das águas da chuva em algum ponto da edificação. As causas que interferem diretamente são a intensidade da chuva, bem como a velocidade, direção do vento e características da edificação (SILVA; SALES, 2013).

As águas da chuva penetram nos prédios e outras construções por pressão hidrostática e percolação. É comum que a água penetre por goteiras em telhados e calhas, devido a má vedação das esquadrias, por exemplo.

De acordo com Shirakawa (1995), o termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato. Segundo Lottermann (2013), o aparecimento de manchas, mofos, fungos e bolores nas construções são em grande parte consequência, ou uma extensão, da infiltração. Logo, essa manifestação patológica apresenta deformação no aspecto estético das construções

caracterizado pelo aparecimento de manchas escuras, amarelas ou esbranquiçadas, bem como a possível presença de fungos.

A eflorescência é uma das anomalias relacionadas à umidade em edificações. São manchas de aspecto branco que surgem na superfície do revestimento. Segundo Bauer (2016), a manifestação é decorrente de depósitos de sais salinos como metais alcalinos e alcalinos terrosos na superfície da edificação, quando exposto a umidade. Esses sais são originados dos materiais de construção utilizados e para que a eflorescência ocorra são necessários simultaneamente três fatores: presença de sais nos materiais de construção, água e pressão hidrostática necessária para que a solução migre para superfície.

2.2.3 Corrosão da armadura

Gentil (2003) denomina a corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, causada pela ação química ou eletroquímica do meio ambiente que pode ser aliada ou não a esforços mecânicos. A velocidade da deterioração é variável de acordo com diversos fatores intrínsecos à execução e utilização das estruturas.

O concreto promove a proteção física das armaduras, sendo uma barreira à entrada de agentes agressivos. As fissuras permitem a entrada desses agentes no interior da estrutura. Os agentes agressivos iniciam o processo de corrosão nas armaduras em ação conjunta com o eletrólito (água) e o oxigênio formando o fenômeno de pilha de corrosão (MEDEIROS *et al.*, 2017).

As causas mais comuns da ocorrência da corrosão no concreto são: má execução das peças estruturais, concreto com resistência inadequada, ambiente agressivo, proteção insuficiente, manutenção inadequada ou inexistente e presença de cloretos (HELENE, 1992).

Cascudo (2005) define que a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado como sendo um processo de deterioração da fase metálica existente que, como resultado, provoca a perda de seção das barras de aço. Simultaneamente, a esta perda de seção, formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, mais volumoso que o original, que vão se acumulando e gerando tensões internas no concreto. As quais acabam fissurando-o e sequencialmente lascando-o e desagregando-o, deixando, assim, a armadura totalmente exposta aos seus agentes agressores, o que acelera ainda mais o processo corrosivo.

2.3 GENERALIDADES DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

A utilização de estruturas pré-moldadas teve grande crescimento nas últimas décadas, proporcionando economia, agilidade e rapidez na execução. Na região sul de Santa Catarina, esse crescimento é observado no grande número de galpões industriais pré-moldados concebidos nos últimos anos.

Pré-moldado ou pré-fabricado são dois termos que se diferenciam e ambos não são elementos moldados in loco. Apesar da semelhança, a NBR 9062 (ABNT, 2017) intitulada como “Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado” apresenta as seguintes definições para cada termo:

- a) “Elemento pré-moldado: elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade, porém dispensando a necessidade de instalação de laboratório para testes e congêneres próprias.”;
- b) “Elemento pré-fabricado: elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.”

Segundo Acker (2002), obtém-se um maior proveito do uso de pré-moldados quando o projeto exige estruturas com grandes vãos livres. Nessas estruturas, a utilização da área se torna mais flexível, fator interessante em construções industriais e comerciais, tendo um grande espaço interno livre sem nenhuma restrição para possibilitar a adaptação de possíveis subdivisões e modificações futuras.

As peças para fabricação e montagem de uma estrutura pré-moldada são executadas em um local com uma estrutura específica e que seguem o processo construtivo separadas por montagem das armaduras, preparação das fôrmas (regulagens conforme dimensionamento da peça), concretagem e acabamento (PAULANI, 2008).

As fôrmas devem se adaptar às formas e dimensões das peças pré-moldadas projetadas. Podendo ser constituídas de aço, alumínio, concreto ou madeira, revestidas ou não de chapas metálicas, fibra, plástico ou outros materiais que atendam às características exigidas (NBR 9062, ABNT 2017).

A NBR 9062 (ABNT, 2017) fornece as especificações necessárias e os requisitos mínimos para as etapas de fabricação, estocagem, transporte e montagem.

2.4 PRINCIPAIS ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

Nesta seção serão apresentados os principais elementos utilizados na execução de edificações de concreto pré-moldado.

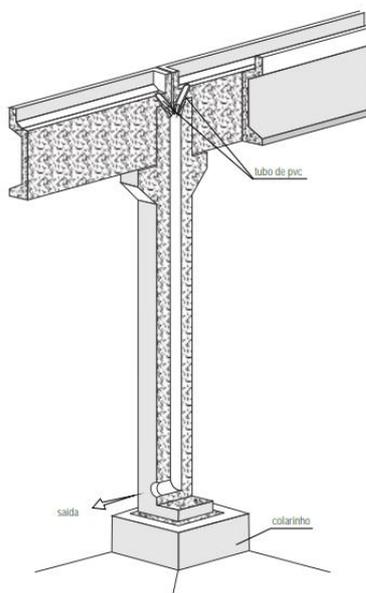
2.4.1 Pilares

No processo de fabricação, os pilares são considerados as peças mais complexas e que exigem mais atenção, pois neles serão feitas as ligações pilar-viga, chamados de consoles.

As manifestações patológicas mais recorrentes encontradas nas estruturas pré-moldadas acontecem na região onde existe a integração das descidas pluviais nos pilares, e o ponto crítico é na interface de apoio das vigas calhas (EL DEBS, 2000).

Faz-se necessário destacar que, para os pilares com passagem para água pluvial, é necessário respeitar uma espessura mínima de 12,5 cm de parede entre o cano da passagem de água pluvial e 7,5 cm para demais usos. A Figura 6 apresenta um exemplo de pilar pré-moldado com passagem de água pluvial.

Figura 6 – Pilar com passagem de água pluvial



Fonte: Cassol (2016, p. 81).

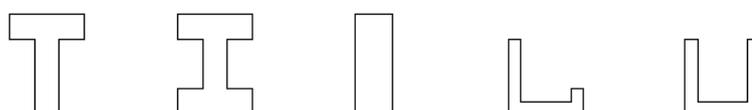
Na região do furo lateral para saída de água, deve ser previsto reforço da armadura (se necessário). Sob nenhuma hipótese o furo pode ser utilizado com conduto forçado e não deve haver acúmulo de água dentro do pilar (NBR 9062 ABNT, 2017).

2.4.2 Vigas

As vigas pré-moldadas em concreto, principalmente as que tem o uso de protensão, conseguem alcançar maiores vãos em relação as vigas de concreto armado (MELO, 2007).

Tratando-se de pré-fabricação, as vigas podem possuir várias formas que podem servir de apoio para lajes, placas de fechamento e paredes de tijolos ou blocos, podendo ser armadas ou protendidas. Vigas de seção “U” ou “J” podem servir como calhas na cobertura para as descidas pluviais. A Figura 7 apresenta os tipos mais comuns que vigas pré-moldadas.

Figura 7 – Seções dos tipos mais usuais de vigas pré-moldadas



Fonte: Autores (2019).

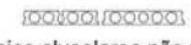
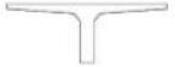
Segundo Acker (2002), as vigas devem ter a maior repetitividade possível na fabricação para que na execução e montagem se tenha maior facilidade e rapidez, sendo esse um dos fatores mais favoráveis de se trabalhar com esse tipo de estrutura.

2.4.3 Lajes

Uma das grandes vantagens das lajes em concreto pré-moldado é a ausência de escoramentos, a rapidez na construção, faces inferiores bem-acabadas, (pois são feitas em formas metálicas), alto desempenho mecânico, vence grandes vãos, durabilidade (ACKER, 2002).

Acker (2002) afirma que existe uma grande variedade de sistemas pré-moldados para pisos, como: pisos com lajes alveolares em concreto protendido ou concreto armado; pisos com painéis nervurados protendidos; pisos formados por lajes maciças; sistemas compostos por meio de placas (painéis) pré-moldadas; sistemas compostos por lajes com vigotas. A Figura 8 apresenta os principais tipos de lajes pré-moldadas.

Figura 8 – Principais tipos de lajes pré-moldadas

 lajes alveolares não protendidas	 elementos de seção T	 elementos de pré-laje
 lajes alveolares protendidas	 elementos de seção U	 lajes/painéis π ou TT invertidos
 Lajes/painéis TT ou π	 elementos de seção U invertido	 laje com nervuras pré-moldadas

Fonte: Acker (2002, p. 71).

De acordo com o Manual da Construção Industrializada (ABDI, 2015), a montagem de uma laje deverá ser planejada previamente e poderá ser feita pelo fabricante do elemento ou pelo montador. O projeto de montagem que deverá fornecer o comprimento de cada elemento/painel em cada tramo, a direção das ondas ou nervuras em relação às vigas, a posição de início e fim das folhas do elemento com os arremates e vedações necessárias, a posição e dimensões dos recortes nos pilares e interferências e a posição de aberturas e armaduras de reforço.

2.4.4 Placas de fechamento

Acker (2002) afirma que os sistemas de placas de fechamento pré-moldadas são utilizados para fechamentos internos e externos.

As placas pré-moldadas são de grande aplicabilidade em estruturas, principalmente, industriais, como galpões. Permitindo, assim, o fechamento de uma maneira mais racionalizada e rápida quando comparado ao sistema comum de alvenaria.

A NBR 16475 (ABNT, 2017) estabelece os requisitos e procedimentos a serem seguidos no dimensionamento e execução de painéis de parede pré-moldados de concreto.

Os painéis pré-moldados também são utilizados em larga escala na construção de caixas de elevador e escadas, devido à facilidade de montagem em relação a dificuldade do sistema tradicional de formas.

Quanto a sua espessura, os painéis dependem do seu desempenho estrutural, do isolamento acústico e da resistência ao fogo. O comprimento dos painéis é variável, depende do tipo de obra e exigência. A Tabela 2 fornece as dimensões mais comuns para os elementos de painéis pré-moldados.

Tabela 2 – Dimensões de painéis para sistema de parede de fechamento

Aplicação	Espessura (mm)	Comprimento máximo (m)	Altura (m)
Painéis estruturais:			
Com lajes armadas em duas direções	180 - 240	6,00 - 14,00	3,00 – 4,50
Com lajes armadas em uma direção	150 - 200	6,00 - 14,00	3,00 – 4,30
Painéis não estruturais:			
Poços de elevador e de escadas	80 - 150 (180)	6,00 - 14,00	3,00 – 3,30
	180 - 200	6,00 - 14,00	3,00 – 4,00

Fonte: Acker (2002, p. 97).

A placas pré-moldadas podem desempenhar dupla função: estrutural ou apenas de fechamento. Normalmente apresentam acabamento liso e são entregues prontas para receberem o acabamento final de pintura, oferecendo rapidez na construção como vantagem principal.

2.4.5 Consoles

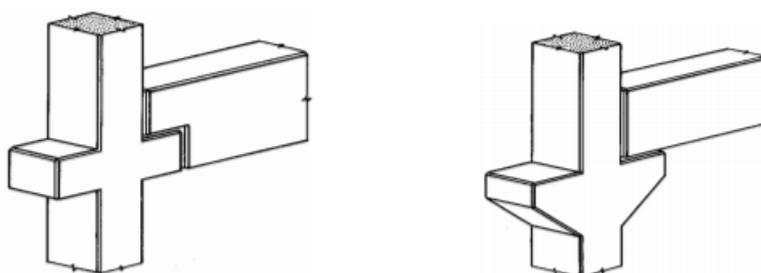
Os consoles são elementos em balanço que se projetam de algum elemento estrutural e tem a função de servir de apoio a outros elementos estruturais (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Segundo Acker (2002), os consoles são empregados geralmente nos pilares e vigas para fazer as ligações viga-pilar e viga-viga, mas também são usados para ligações piso-parede.

Melo (2007) afirma que os consoles dos pilares podem ser retangulares ou com mísula (trapezoidais). Nos consoles retangulares são apoiadas as vigas retangulares que, geralmente, podem ser feitos dentes chamados *Gerber*. Já os consoles trapezoidais são utilizados para vigas com perfil “I” ou vigas retangulares, que exigem uma maior carga, conforme apresentado na Figura 9.

A NBR 9062 (ABNT, 2017) define que a altura da face externa do console não pode ser menor que a metade da altura do console no seu engastamento.

Figura 9 – Tipos de consoles



Fonte: Acker (2002, pág. 50).

Segundo Acker (2002) existem duas situações para a concretagem dos consoles, quando eles estão apenas de um lado da fôrma e quando estão em dois lados. No primeiro caso, consegue-se concretar a armadura principal do console junto com o pilar. No segundo caso, o pilar é concretado sem console, posteriormente o tirante do console é acoplado no pilar para ser concretado em alguns dias mais tarde.

Neste capítulo foram abordados os principais conceitos relacionados à patologia das construções e estruturas pré-moldadas. De acordo com os conceitos apresentados, pode-se afirmar que grande parte das falhas se originam durante a fase de projeto ou execução da estrutura. Também foi observado que as manutenções periódicas são fundamentais para que a edificação mantenha seu desempenho ao longo da vida útil projetada. No próximo capítulo será apresentado o método para o diagnóstico manifestações patológicas que foi adotado neste estudo.

3 METODOLOGIA

Este capítulo é reservado ao desenvolvimento metodológico o qual tem por finalidade auxiliar a atingir os objetivos propostos.

O presente estudo, caracterizou-se como uma pesquisa exploratória e descritiva. Segundo Gil (2002), estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses, sendo o objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições.

O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.

A pesquisa bibliográfica teve como objetivo contextualizar os termos conceitos utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Quanto ao método, trata-se de uma pesquisa de campo, que consiste em observar como os fatos e fenômenos ocorrem. Segundo Fonseca (2002), a pesquisa de campo, caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa.

Por se tratar de uma pesquisa de campo, a abordagem é de cunho qualitativa, porém, fez-se uso de estudos quantitativos com o intuito de gerar resultados popularizáveis e na determinação de parâmetros de análise.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Como objeto de pesquisa em campo, foi selecionado para investigação uma amostra de estruturas pré-moldadas de galpões industriais, situados na região sul do estado de Santa Catarina, englobando mais especificamente as cidades de Tubarão e Capivari de Baixo. Foi realizado a inspeção visual predial preliminar, com coleta de informações básicas para avaliação das condições estruturais, o levantamento das manifestações patológicas através de inspeção visual in loco, diagnóstico da situação encontrada e a sugestão de métodos de reparo.

3.2 MÉTODO LICHTENSTEIN PARA DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM CONSTRUÇÕES

Para uma maior abrangência do trabalho, foram visitadas obras em diferentes etapas de execução e uso. Para realização da pesquisa se fará o uso do método desenvolvido por Lichtenstein (1986), de diagnóstico de patologias em construções.

A identificação das manifestações patológicas e a vinculação de suas causas têm o objetivo de aplicar o método em estudo e, possivelmente, contribuir para uma correção na trajetória de busca de durabilidade nas construções. A metodologia proposta por Lichtenstein (1986) compreende três partes distintas: o levantamento de subsídios; o diagnóstico da situação e a definição de conduta.

3.2.1 Levantamento de subsídios

O levantamento de subsídios é a etapa em que as informações essenciais e suficientes para o entendimento completo das manifestações patológicas são organizadas.

Existem três fontes independentes de se obterem informações do local e das manifestações patológicas analisadas. Sugere-se a ordem para o levantamento de subsídios: vistoria do local; anamnese do problema e do edifício e resultado de análises e de ensaios complementares.

3.2.2 Diagnóstico da Situação

O diagnóstico da situação é a compreensão dos fenômenos analisados. Nesta etapa do estudo, se busca identificar os agentes causadores das manifestações patológicas. O processo de diagnóstico constitui na contínua redução da incerteza inicial pelo progressivo levantamento de dados. Esta progressiva redução da incerteza é acompanhada por uma redução do número possível de hipóteses, até que se chegue numa correlação satisfatória entre o problema observado e um diagnóstico para este problema.

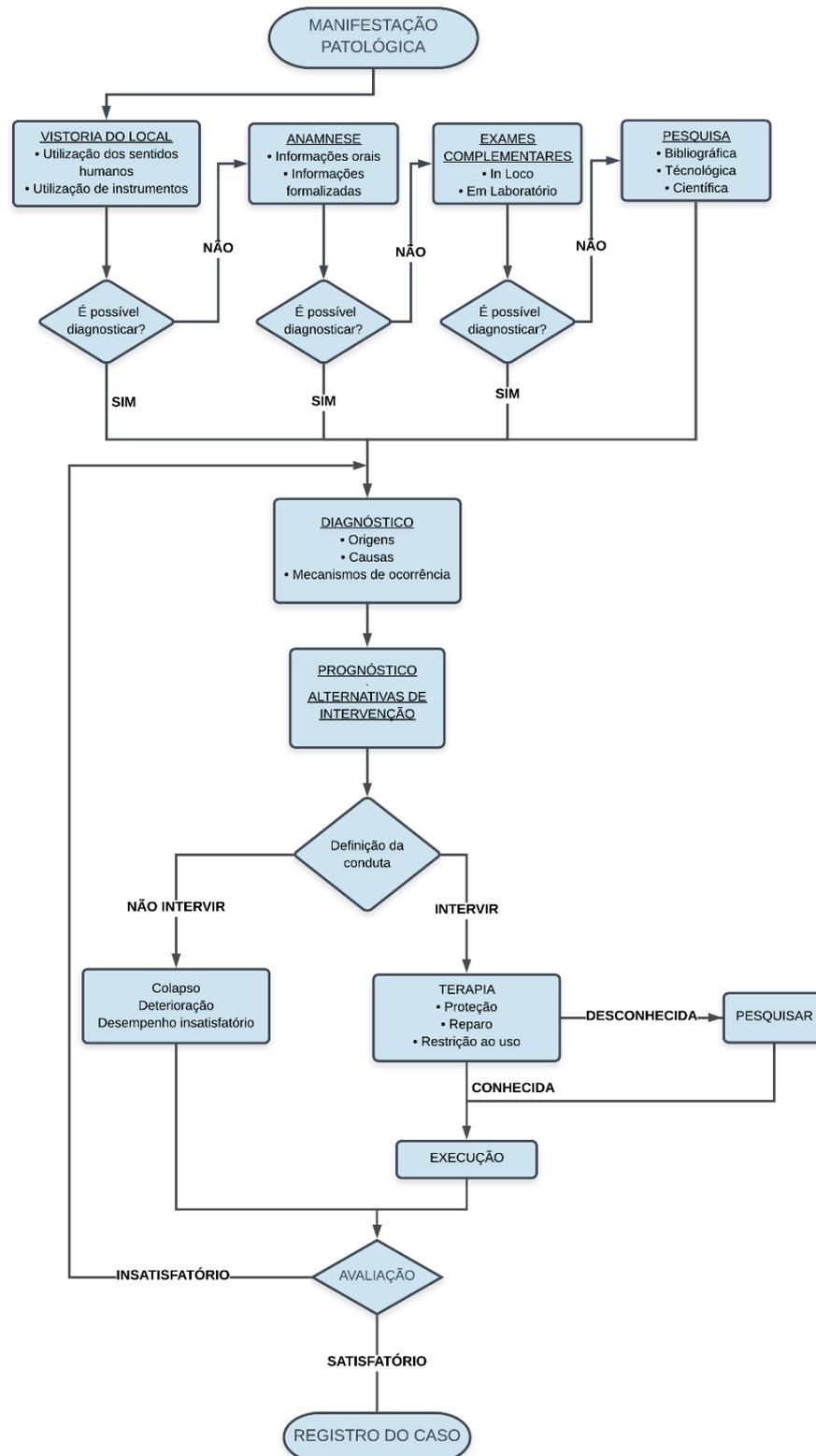
3.2.3 Definição de Conduta

O levantamento das alternativas de intervenção é realizado a partir da consideração de 03 (três) parâmetros básicos, sendo eles o grau de incerteza sobre seus efeitos, a relação custo/benefício e a disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços.

A definição de conduta é a etapa que tem como objetivo prescrever o trabalho a ser executado para resolver o problema, incluindo a definição sobre os meios (material, mão de obra e equipamentos) e a previsão das consequências em termos do desempenho final.

A partir do desenvolvimento das definições de condutas a serem realizadas, finaliza-se o procedimento de diagnóstico de manifestações patológicas proposto por Lichtenstein. O mesmo pode ser resumido através do fluxograma na Figura 10.

Figura 10 – Procedimento para diagnóstico de manifestações patológicas



Fonte: Adaptado de Lichtenstein (1986, g. 32).

Nesse capítulo, preconiza-se que a escolha de uma alternativa de intervenção e formulação de um plano de ação correto, é fundamental para o diagnóstico adequado da situação. A seguir, serão apresentados os resultados desta pesquisa.

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no levantamento de manifestações patológicas incidentes em galpões pré-moldados nas cidades de Tubarão/SC e Capivari de Baixo/SC. A partir do conjunto de dados observados, buscou-se identificar a causa, o mecanismo de ocorrência e a origem das manifestações patológicas. Analisando as eventuais falhas em projetos, nos materiais utilizados, na execução ou manutenção das estruturas. Desta forma, foi possível propor métodos de reparo para os problemas identificados.

Os resultados foram organizados fazendo uso de quadros gráficos que auxiliaram na disposição das informações de forma clara, permitindo, com mais facilidade, o entendimento, sendo catalogadas as manifestações patológicas e recomendações corretivas.

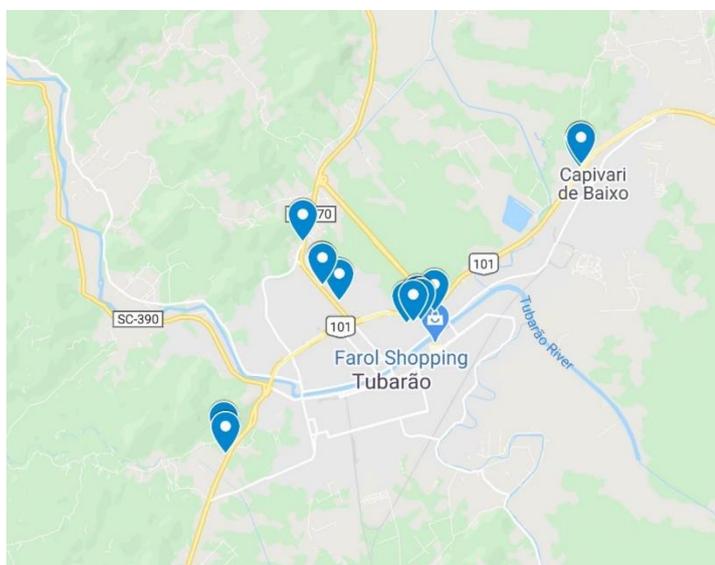
4.1 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa de campo foi realizada nos municípios de Tubarão e Capivari de Baixo, localizados na região sul de Santa Catarina.

Segundo estimativas do IBGE (2020), o município de Tubarão possui uma área de 301,484 Km² e uma população estimada de 105.686 habitantes. Já o município de Capivari de Baixo, de acordo com a mesma fonte, possui uma área de 53,222 Km² e com uma população estimada de 24.871 habitantes.

Ao total, foram visitadas 21 obras para realização do estudo apresentado neste trabalho. A Figura 11 indica a localização das obras visitadas.

Figura 11 – Mapa com a localização das obras visitadas



Fonte: Google Maps, elaborado por Autores (2020).

Conforme observado na Figura 11, as visitas aos galpões foram concentradas em áreas do entorno rodoviário, devido a maior incidência de obras pré-moldadas nessa região, cujas edificações são principalmente ocupadas por indústrias. A proximidade com a rodovia facilita o acesso e o transporte da produção.

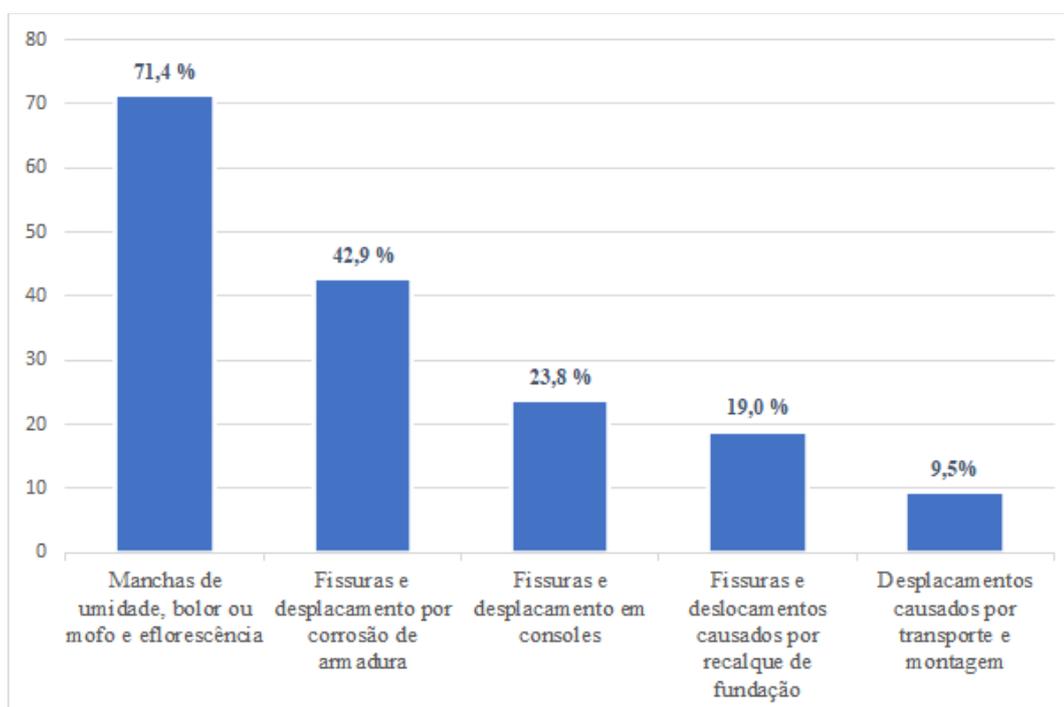
4.2 ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES MAIS INCIDENTES

As manifestações patológicas geralmente possuem mais de uma causa. O presente trabalho buscou identificar e diagnosticar somente as principais causas.

Para poder diagnosticar os problemas mais incidentes, optou -se em primeiro lugar conhecer as principais causas e, na sequência, buscar a origem do referido sintoma.

No gráfico da Figura 12 são apresentados em porcentagem os resultados das manifestações patológicas de maior incidência em relação ao total de obras visitadas, proporcionando a visualização simplificada das anomalias mais ocorrentes.

Figura 12 – Incidência de manifestações patológicas em galpões pré-moldados



Fonte: Autores (2020).

As imagens serão apresentadas conforme o tipo de manifestação patológica encontrada nas estruturas pré-moldadas que foram visitadas e identificadas visualmente. Por respeito a privacidade do local das estruturas, não serão identificadas as obras. As imagens serão apresentadas em função do tipo de manifestação patológica e não por obra.

4.2.1 Análise das manifestações patológicas de manchas de umidade, bolor ou mofo e eflorescência

As manchas de umidade, bolor ou mofo e eflorescência estão presentes em 71,40% das obras visitadas. As manchas de umidade foram principalmente encontradas em vigas calhas tipo “U”, utilizadas como calha para escoamento e direcionamento das águas pluviais. Outro fenômeno encontrado são as manchas ocasionados por problema de vedação na estrutura.

Figura 13 – Manchas de umidade em vigas e pilar



Fonte: Autores (2020).

Quadro 2 – Análise das manchas de umidade

Fenômeno	Análise
Manchas de umidade, mofo ou bolor	Possível causa: Falta de vedação das calhas e ligação viga-pilar.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: Infiltração da água pela calha por falta de rufo metálico ou má instalação, fazendo com que a água percole ao longo da viga e escoe verticalmente no pilar. Também é perceptível a presença de mofo e bolor na estrutura.
	Sugestão de reparo: A sugestão proposta é que seja feito o reparo ou uma nova instalação do rufo, solucionando o problema da infiltração. Para a limpeza dos mofos ou bolores dos componentes estruturais, têm-se disponível algumas soluções como a limpeza do local com lavagem e secagem, além de produtos específicos removedores de mofo.

Fonte: Autores (2020).

Figura 14 – Manchas de umidade em vigas calha tipo “U”



Fonte: Autores (2020).

Quadro 3 – Análise das manchas de umidade

Fenômeno	Análise
Manchas de umidade	Possível causa: a) porosidade do concreto; b) falta de impermeabilização.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: Devido à porosidade do concreto ou a falta de impermeabilização, a água infiltra-se ao longo da viga apresentando as manchas em toda sua seção. Em alguns casos, também há ocorrência de fenômenos simultâneos, como a corrosão de armadura e deslocamento do concreto.
	Sugestão de reparo: Para reparar a mancha de umidade nesse caso, é preciso primeiramente verificar se há corrosão da armadura e seguir os procedimentos para este reparo. Em seguida aplicar uma argamassa para corrigir a porosidade e posteriormente, fazer a impermeabilização da viga calha. Caso o nível de degradação seja alto, o sistema de construção pré-moldada permite que seja feita a troca por novas peças.

Fonte: Autores (2020).

A eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto ou argamassas, conforme descrito no Capítulo 2. A modificação no aspecto visual é nítida onde há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se deposita. Como exemplo, a formação de manchas brancas de carbonato de cálcio sobre o concreto cinza conforme pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 – Viga com manchas de eflorescência



Fonte: Autores (2020).

Quadro 4 – Análise das manchas causadas por eflorescência

Fenômeno	Análise
Eflorescência	Possível causa: Porosidade do concreto.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: A cal livre presente no concreto entra em contato com a água, devido à porosidade da peça, ocorrendo a dissolução da mesma. A solução então migra para superfície e com a evaporação da água resulta na formação dos depósitos salinos esbranquiçados.
	Sugestão de reparo: A remoção das eflorescências poderá ser realizada após a eliminação da causa da infiltração d'água, neste caso a porosidade presente no concreto, que pode ser feita com a aplicação de argamassa sobre a peça. O tratamento da superfície é procedido de escovação e limpeza para retirada dos depósitos salinos.

Fonte: Autores (2020).

Figura 16 – Placa pré-moldada com manchas ferruginosas e em detalhe a porosidade da placa



Fonte: Autores (2020).

Quadro 5 – Análise de manchas por infiltração

Fenômeno	Análise
<p>Manchas ferruginosas em placa de fechamento</p>	<p>Possíveis causas: a) cobertura insuficiente na fabricação da peça; b) uso de pino ou material para travamento da forma no processo de fabricação da peça; c) porosidade do concreto; d) utilização de agregados contaminados por material ferruginoso.</p>
	<p>Origem: Projeto ou execução.</p>
	<p>Mecanismo de ocorrência: A água infiltra no interior da placa causando a corrosão, esse fenômeno pode ser causado pela porosidade da placa ou cobertura insuficiente. Outra possível ocorrência é a presença do pino, que é utilizado no travamento da forma ter permanecido no interior da placa e, quando exposto a água provoca o aparecimento de manchas. Já a utilização de agregado contaminado com pirita provoca concreções ferruginosas que desencadeiam vesículas e geram o descascamento da argamassa, expondo pontos de oxidação.</p>
	<p>Sugestão de reparo: Nos pontos onde há presença de manchas ferruginosas, deve ser feita a limpeza da armadura e/ou dos pinos com lixa ou jato de água. Passar nos pontos de aço uma tinta à base de zinco e, em seguida, aplicar uma argamassa sobre toda a placa para solucionar o problema da porosidade. No caso da contaminação do agregado, a terapia de recuperação proposta é impermeabilizar a superfície de modo a barrar o contato da pirita do agregado com a água.</p>

Fonte: Autores (2020).

4.2.2 Análise das manifestações patológicas de fissuras

4.2.2.1 Fissuração em consoles de vigas e pilares

As fissuras em consoles de vigas e pilares podem ser originadas por diversos fatores, sendo os principais a ausência de aparelho de apoio, o subdimensionamento da seção do console e armadura insuficiente.

Figura 17 – Fissuração em console



Fonte: Autores (2020).

Quadro 6 – Análise das manifestações patológicas de fissuras em consoles

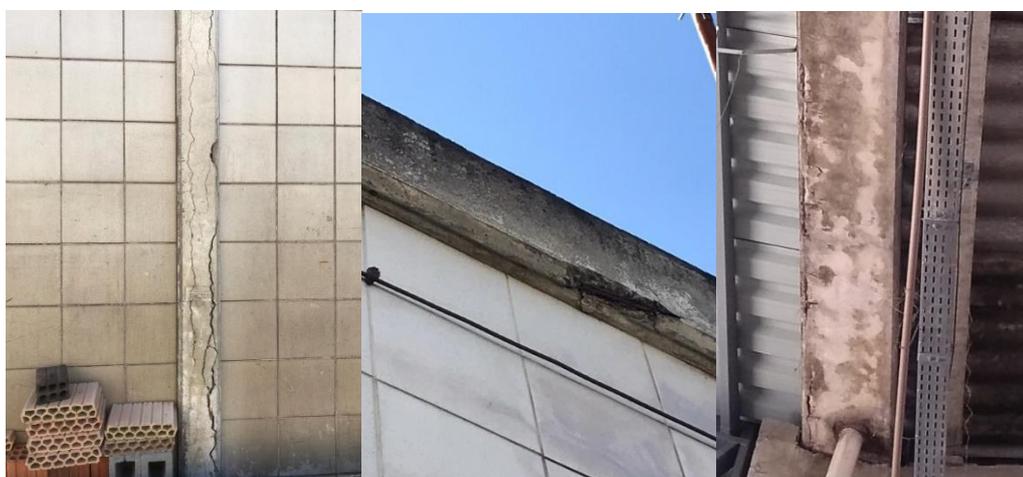
Fenômeno	Análise
Fissuração em console	Possível causa: a) ausência do aparelho de apoio; b) subdimensionamento da seção do console; c) armadura insuficiente.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: a) A ausência do aparelho de apoio gera tensões entre a viga e o console, provocando a fissuração; b) A seção do console é insuficiente para receber a carga de parede e o peso próprio da viga; c) a armadura do console pode ter sido subdimensionada, não atendendo a solicitação da carga aplicada.
	Sugestão de reparo: Para reparo deste tipo de ocorrência, primeiramente é necessário aliviar a carga do console, verificar se a armadura está atendendo a solicitação de cargas, fazer a verificação do dimensionamento da seção do console e, posteriormente, fazer o reparo com argamassa estrutural. Por último, dimensionar o aparelho de apoio.

Fonte: Autores (2020).

4.2.2.2 Fissuras e deslocamento por corrosão de armaduras

Processos de deterioração por corrosão de armaduras foram encontrados em 42,90% das obras. Destes, grande parte foram observadas em obras com mais de 25 anos de construção. Supõe-se que essas armaduras foram quase invariavelmente colocadas nas proximidades de suas superfícies, principalmente no caso de cobrimentos insuficientes, ficando as armaduras sujeitas à presença de água, desencadeando, então, o processo de corrosão de armaduras.

Figura 18 – Corrosão de armadura em vigas e pilares



Fonte: Autores (2020).

Quadro 7 – Análise de manifestações patológicas de corrosão de armaduras

Fenômeno	Análise
Deslocamento e corrosão de armadura em vigas e pilares	Possível causa: a) cobrimento insuficiente; b) concreto excessivamente poroso (escolha inadequada de materiais e/ou cura inadequada); c) presença de umidade por infiltração através de fissuras e do próprio concreto.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: Através da porosidade presente no concreto a água infiltra na peça chegando até a armadura, causando o processo de corrosão que provoca o aumento de volume do aço e consequentemente, o deslocamento do concreto.
	Sugestão de reparo: Retirar o concreto nos pontos da corrosão, deixar a armadura aparente, verificar a necessidade de reforço e, caso não seja necessário, prosseguir e fazer uma limpeza na armadura, podendo ser de forma manual com lixa ou jato de água. Em seguida, aplicar nas barras tinta à base de zinco e, por fim, restaurar a seção da peça utilizando argamassa para reparos estruturais.

Fonte: Autores (2020).

Figura 19 – Corrosão de armadura em laje



Fonte: Autores (2020).

Quadro 8 – Análise de manifestações patológicas de corrosão de armadura

Fenômeno	Análise
Deslocamento por corrosão de armadura em laje da caixa d'água	Possíveis causas: a) falta de impermeabilização na capa da laje; b) falta de cobertura da caixa d'água; c) cobrimento insuficiente.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: Pela ausência de cobertura na caixa d'água, falta de impermeabilização, a água da chuva acumula-se sobre a laje da caixa, infiltra-se e atinge a armadura, também devido ao seu cobrimento ser insuficiente, causando o processo de corrosão, que provoca o aumento de volume do aço e conseqüentemente, o deslocamento do concreto.
	Sugestão de reparo: Inicialmente, neste caso é necessário providenciar uma impermeabilização da capa da laje ou colocar a cobertura na caixa d'água, evitando assim a recorrência do fenômeno. O processo de recuperação da estrutura em processo de corrosão, consiste em retirar parte do concreto no entorno das barras, fazer a limpeza do aço com lixa ou jato de água. Após essa limpeza, deve-se aplicar uma pintura com tinta à base de zinco nas barras e aplicar uma argamassa de reparo estrutural.

Fonte: Autores (2020).

4.2.3 Análise das manifestações patológicas de recalque de fundação

As manifestações patológicas por recalque de fundação estiveram presentes em 19,00% das obras visitadas.

Figura 20 – Movimentação do pilar e deslocamento da placa de fechamento



Fonte: Autores (2020).

Quadro 9 – Análise de manifestações patológicas de recalque de fundação

Fenômeno	Análise
Deslocamento parcial da estrutura	Possível causa: a) laudo de sondagem falho ou insuficiente; b) estaqueamento incorreto.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: Devido ao recalque na fundação do pilar, ocorre o deslocamento da estrutura, fenômeno que pode ser observado através do alinhamento pilar x portão da garagem. Na estrutura representada, as placas de fechamento também sofreram deslocamento, provocando a fissuração na ligação com o pilar seguinte.
	Sugestão de reparo: Inicialmente é necessário saber se o recalque está estabilizado ou se continua em atividade. A solução proposta consiste em corrigir o alinhamento da estrutura e estabilizar o recalque no pilar. Para isso é necessário fazer um novo bloco envolvendo o pilar e duas novas estacas do tipo mega, que ficarão locadas no interior da obra.

Fonte: Autores (2020).

Figura 21 – Fissuração e ruptura de *gerber* por movimentação da estrutura



Fonte: Autores (2020).

Quadro 10 – Análise de fissuras em gerber de vigas por movimentação da estrutura

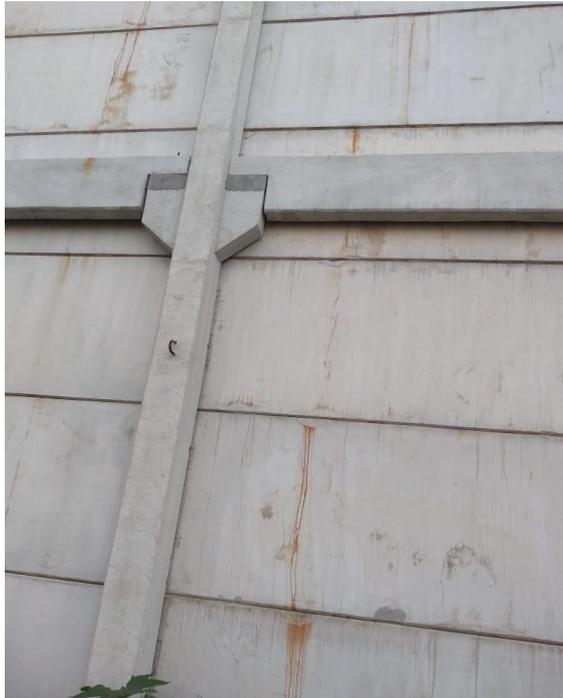
Fenômeno	Análise
Fissuração e rompimento de <i>gerbers</i>	Possível causa: a) laudo de sondagem falho ou insuficiente; b) estaqueamento incorreto.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: Devido ao recalque da fundação em um dos pilares da frente da obra, os pilares se deslocaram, provocando a movimentação das vigas e ocasionando o rompimento dos <i>gerbers</i> .
	Sugestão de reparo: Para sugestão de reparo, é recomendado remover o concreto danificado, limpar o substrato com jato de ar, fazer a caixaria no local conforme as dimensões do <i>gerber</i> e aplicar uma argamassa de reforço estrutural.

Fonte: Autores (2020).

4.2.4 Análise das manifestações de corrosão por dispositivos metálicos

As manchas de corrosão causadas pelos dispositivos metálicos, utilizados para transporte e içamento das peças, além de esteticamente desagradáveis, podem provocar deslocamento do concreto em região localizada.

Figura 22 – Corrosão em dispositivos metálicos



Fonte: Autores (2020).

Quadro 11 – Análise de manifestações patológicas por corrosão de dispositivos metálicos

Fenômeno	Análise
Corrosão de armadura em placa pré-moldada	Possível causa: Corte das alças de içamento das peças.
	Origem: Projeto ou execução.
	Mecanismo de ocorrência: As alças cortadas ficam expostas a água, o que desencadeia o processo de corrosão. Com a ocorrência das intempéries, o produto gerado pelo processo corrosivo se espalha, ocasionando manchas ferruginosas nas faces externas das placas de concreto.
	Sugestão de reparo: Cortar as alças rente ao concreto, sem degradá-lo, e aplicar uma proteção contra corrosão nas pontas que ficarem aparentes, com revestimento de tinta à base de zinco; outra sugestão é projetar a alça de içamento em uma cavidade na peça de concreto pré-moldado e após a montagem da estrutura, a alça deve ser cortada e a cavidade preenchida com graute.

Fonte: Autores (2020).

4.2.5 Análise de deslocamento causado por transporte e montagem

As peças de concreto que compõe uma estrutura pré-moldada são produzidas fora do local onde será executada a obra. Durante o transporte ou montagem podem ocorrer

movimentações desencadeando o deslocamentos em consoles, vigas, pilares e placas de fechamento.

Figura 23 – Deslocamento em console e em pilar ocasionado no transporte ou montagem da obra



Fonte: Autores (2020).

Quadro 12 – Análise de manifestações patológicas causadas por transporte e montagem

Fenômeno	Análise
Deslocamento por transporte ou montagem	Possível causa: a) processo de transporte; b) montagem da obra.
	Origem: Execução.
	Mecanismo de ocorrência: Durante o transporte as peças não foram empilhadas devidamente com dispositivos de apoio, causando o atrito e deslizamentos durante o trajeto. Já na montagem, os elementos não foram movimentados de maneira correta, ocasionando choques e, conseqüentemente, o deslocamento do concreto nas regiões afetadas.
	Sugestão de reparo: Remover o concreto danificado, limpar o substrato com jato de ar seco, aplicar uma argamassa de reforço estrutural conforme as dimensões necessárias e esperar o tempo de cura especificado.

Fonte: Autores (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta desse estudo teve como objetivo investigar e diagnosticar as manifestações patológicas em galpões pré-moldados nos municípios de Tubarão e Capivari de Baixo, no estado de Santa Catarina. Buscando fornecer dados que subsidiassem a melhoria na qualidade das construções pré-moldadas na região.

Através da revisão bibliográfica foram encontradas várias fontes que apresentaram manifestações patológicas semelhantes à deste levantamento, o que contribuiu para diagnosticar os problemas aqui encontrados.

Sendo assim, os objetivos foram alcançados com o levantamento das manifestações patológicas mais incididas, investigando suas origens, causas, mecanismos de ocorrência. Também, foram apresentadas sugestões de reparo para cada problema em função de fatores técnicos e econômicos, porém, pode haver mais soluções e procedimentos de correção cabíveis para os referidos problemas.

Conforme a pesquisa desenvolvida, destacam-se as manifestações patológicas de maior incidência, anomalias do tipo manchas de umidade, fissuras de diversas origens e corrosão de armaduras. As manifestações patológicas trazem com ela prejuízos estruturais e de desempenho para as construções, prejuízos estéticos e transtornos para o conforto de seus usuários. Pode-se concluir que as principais causas das manifestações patológicas nas estruturas podem ser evitadas, e que são consequências, na maioria das vezes, de falhas em projeto, da má execução das peças e da falta de manutenção periódica.

É indubitável que a área de recuperação de estruturas representa grande significância para a engenharia civil, sendo capaz de prevenir e intervir em ocorrências que podem comprometer a vida útil, desempenho, qualidade e integridade das construções. Porém, é necessário enfatizar que se invista em métodos corretivos eficazes, executados por profissionais capacitados. Buscando, assim, resolver as anomalias na sua origem, evitando o agravamento e a recorrência do problema.

REFERÊNCIAS

- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Manual da construção industrializada** - Conceitos e etapas - Vol 1: Estrutura e vedação. Brasília: ABDI, 2015.
- ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. Tradução: Marcelo Ferreira, ABCIC, 2002.
- ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. **Patologia das Estruturas**. In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.1, Cap. 32.
- ANTONIAZZI, J. P. **Patologia da construção: abordagem e diagnóstico**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/documentos/PROJETO_TCC_JULIANA.pdf. Acesso em 15/out/2019.
- ARAÚJO, D. L.; AZEVEDO, S. A.; MUNIZ, E. D.; SILVA, E. M O.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. A. **Avaliação da resistência de consolos de concreto moldados em etapa distinta do pilar**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 10(2), 509-546, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16475 - Painéis de parede de concreto pré-moldado – requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, 2017a. 61 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674 - Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, p. 25. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 86. 2017.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. revisada. V.1. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 488 p.
- BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 320 p.
- 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. 522 p.
- CASCUDO, O. **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura**. In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, Cap. 35.
- CASSOL PRÉ-FABRICADOS. **Soluções. Produtos. Cobertura. Sistemas de condutores pluviais**. 2016a.
- CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** Artigo - Revista Técnica, Julho, 2010. Disponível em: <<http://mr2estruturas.hospedagemdesites.ws/wp-content/uploads/2016/08/Trinca-ou-fissura.pdf>>. Acesso em 15/out/2019.

- EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado. Fundamentos e Aplicações.** São Carlos: Oficina de Textos, 2000. 456 p.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- FRANÇA, A. A. V.; MARCONDES, C. G. N.; ROCHA, F. C. da; MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil.** *Téchne*, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.
- GENTIL, V. **Corrosão.** 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editores S.A., 2003.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** SÃO PAULO EDITORA ATLAS S.A. 2002.
- HELENE, P. R. L. **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto.** São Paulo, *Revista Ambiente Construído (Online)*, ANTAC, v.1, n.2, jul/dez. p. 45-57, 1997.
- HELENE, P. R. L. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto.** WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São José dos Campos, 2001.
- HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto.** (2ª Edição ed.). São Paulo: PINI, 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/tubarao/panorama>> Acesso em 30/maio/2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/capivari-de-baixo/panorama>> Acesso em 30/maio/2020.
- ISAIA, G. C. **Durabilidade do concreto ou das estruturas de concreto? Reflexões sobre o tema.** WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos, 2001. Janeiro: [s.n.], 2013.
- LICHTENSTEIN, N, B. **Patologia das construções.** São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, Boletim Técnico nº 06, 1986.
- LOTTERMAN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso.** Ijuí/RS. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento de ciências exatas e engenharias. Curso de Graduação em Engenharia Civil. 2014.
- MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras.** São Paulo: Pini, 2007
- MEDEIROS, M. H. F. de; ANDRADE, J. J. de O.; HELENE, P. R. L. **Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto.** IN: *Concreto: Ciência e Tecnologia.* Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2011, V.1, Cap. 22.
- MEDEIROS, M. H. F.; ROCHA, F. C.; MEDEIROS-JUNIOR, R. A.; HELENE, P.R.L. **Potencial de corrosão: influência da umidade, relação água/cimento, teor de cloretos e cobrimento.** *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, N°04, Vol. 10, p.875-885. August, 2017.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: IBRACON, 2008.
- MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos em Pré-fabricados de Concreto.** 2ª. ed. São Paulo - SP: PINI Ltda., 2007.

- MILANI, C. J.; BOESING, R.; PHILIPPSEN, R. A.; MIOTTI, L. A. **Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas**. Risco: Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online), 2012.
- MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 1ª reimpressão – 2008, 208 p.
- MORAES, A.B. G.M.; TORRES JUNIOR, R.G.; G. FURTADO, A. S. **Fatores críticos da gestão do processo de projetos na engenharia simultânea: um estudo de caso em obra de infraestrutura urbana**. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão: IBMEC, 2012.
- OLIVEIRA, A. M. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96f. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.
- PAULANI, F. **A tecnologia das construções em pré-fabricados de concreto**. Monografia [Graduação em Engenharia Civil] -Itatiba, SP: Universidade São Francisco, 2008.
- PEDERIVA, P. F. **Comparação de custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco**. Monografia [Graduação em Engenharia Civil] -Ijuí, RS: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.
- SANTOS, C. F. **Patologia de estruturas de concreto armado**. 2014. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_CAMILA FREITAS DOS SANTOS.pdf>. Acesso em: 08/maio/2020.
- SHIRAKAWA, M A; MONTEIRO, M B; SELMO, S. M. de S.; CINCOTTO, M. A. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassas com bolor evidente**. Anais. Goiania: Ufgo, 1995.
- SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B.N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. 2005. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf> Acesso em: 19/out/2019.
- SILVA, I. S; SALES. J. C. **Patologias ocasionadas pela umidade: estudo de caso em edificações da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA**. João Pessoa –PB, 2013.
- SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.
- TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção civil**. Merida: Alconpat, 2013.