

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

FELIPE CARDOSO SCOTTI

**PANORAMA DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM
GALPÕES INDUSTRIAIS EM SANTA CATARINA: ESTUDO
SISTEMÁTICO DE PRODUÇÕES ACADÊMICAS**

FLORIANÓPOLIS, 2025.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

FELIPE CARDOSO SCOTTI

**PANORAMA DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM
GALPÕES INDUSTRIAIS EM SANTA CATARINA: ESTUDO
SISTEMÁTICO DE PRODUÇÕES ACADÊMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Marcia Maria Machado Steil, Mestre.

FLORIANÓPOLIS, 2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Scotti, Felipe Cardoso Scotti

PANORAMA DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM GALPÕES INDUSTRIAIS EM SANTA CATARINA: ESTUDO SISTEMÁTICO DE PRODUÇÕES ACADÊMICAS / Felipe Cardoso Scotti Scotti; orientação de Marcia Maria Steil Machado Machado. - Florianópolis, SC, 2025.

48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Patologia de Galpão. 2. Patologia Estrutural.
3. Pré-moldados. I. Machado, Marcia Maria Steil Machado.
II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. PANORAMA DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM GALPÕES INDUSTRIAIS EM SANTA CATARINA: ESTUDO SISTEMÁTICO DE PRODUÇÕES ACADÊMICAS.

**PANORAMA DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM GALPÕES INDUSTRIAIS EM SANTA CATARINA:
ESTUDO SISTEMÁTICO DE PRODUÇÕES ACADÊMICAS**

FELIPE CARDOSO SCOTTI

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de Julho, 2025.

Banca Examinadora:

Marcia Maria Machado Steil, Mestre
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

Juliana Guarda de Albuquerque, Mestre
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

Reginaldo Campolino Jaques, Mestre
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, pela força que me foi dada nos momentos difíceis, e pela dádiva da vida. Também pela fé, e pela persistência, pois houve diversos momentos em que não foi fácil, e a vontade de desistir foi tamanha.

Dedico também à minha família, sobretudo à minha esposa, que segurou a barra quando eu precisei me ausentar das tarefas e carregou a nossa família, me dando força para continuar nos momentos em que fui fraco e quis desistir (que não foram poucos). Ela me ajudou a persistir, não desacreditar e ir até o final.

Também à minha mãe, Valdirene, que, entre diversos puxões de orelha, sempre me aconselhou, incentivou o estudo e contribuiu para que esta conquista fosse possível.

Agradeço também a minha orientadora, Professora Márcia, sei que não fui um orientando dos mais fáceis, tive momentos de fuga, de sumiço, e sei todo o trabalho que este TCC gerou, devido à mudança da ideia original, tempos excedidos, controle de prazos e afins. Obrigado também por não desistir de mim.

“Nada é impossível para um engenheiro determinado.”
Isambard Kingdom Brunel.)

SUMÁRIO

RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVO	9
1.1.1 OBJETIVO GERAL	9
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.2 JUSTIFICATIVA	9
2 METODOLOGIA	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 Patologia	13
3.1.1 Tipos de Patologia	17
3.2 Fundações	20
3.2.1 Fundações profundas	20
Estacas	21
3.2.2 Patologias em Fundações	23
3.2.3 Recalques	24
3.2.4 Fissuras e Trincas	28
3.3 Pré Moldados	29
3.4 Galpões Industriais	31
3.4.1 Patologias Comuns em Galpões Industriais	32
3.4.2 Patologias de Piso em Galpões Industriais	32
3.4.3 Técnicas de Prevenção de Patologias Estruturais	33
3.4.4 Técnicas de Monitoramento de Recalques	33
3.4.5 Técnicas de Manutenção e Problemas Relacionados a Projeto e Execução	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 Principais Patologias, Causas e Soluções	39
5 CONCLUSÃO	40
ABSTRACT	42
REFERÊNCIAS	43

Panorama das Patologias Estruturais em Galpões Industriais em Santa Catarina: Estudo Sistemático de Produções Acadêmicas

Felipe Cardoso Scotti

RESUMO

As patologias estruturais em galpões industriais representam um desafio recorrente para a engenharia civil, influenciando diretamente a durabilidade, a segurança e os custos de manutenção dessas edificações. Os galpões, amplamente utilizados nos setores industrial e logístico, caracterizam-se por grandes vãos livres, sistemas estruturais em concreto pré-moldado e fundações projetadas para suportar cargas elevadas e dinâmicas. No entanto, fatores como falhas de projeto, execução inadequada, ausência de manutenção preventiva e investigações geotécnicas insuficientes têm favorecido o surgimento de manifestações patológicas. Esta análise sistemática de estudos acadêmicos realizados no estado de Santa Catarina, com foco na identificação, classificação e análise das patologias mais recorrentes em galpões industriais, relacionando-as a suas causas prováveis, impactos observados e soluções aplicadas. A pesquisa inclui a avaliação de quatro estudos de caso, sistematizando dados quantitativos e qualitativos em tabelas e gráficos, e discutindo as metodologias de diagnóstico empregadas. Os resultados obtidos oferecem subsídios técnicos para aprimorar as práticas construtivas, preventivas e corretivas no contexto das edificações industriais.

Palavras-Chave: Patologia de Galpão. Patologia Estrutural. Patologia Pré-moldados.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil, ao longo de sua história, vem se consolidando como um campo de conhecimento dinâmico e essencial para o desenvolvimento socioeconômico, aprimorando constantemente seus métodos construtivos e o emprego de novos materiais, baseando-se nas experiências acumuladas em obras anteriores (Silva, 2006).

Nesse contexto, a compreensão das manifestações patológicas nas construções se torna fundamental para garantir a durabilidade, a segurança e a funcionalidade das edificações. O termo "patologia", de origem grega — *pathos* (sofrimento, doença) e *logia* (ciência, estudo) —, inicialmente restrito à área da medicina, passou a ser amplamente empregado na engenharia civil para designar o estudo das anomalias construtivas, abrangendo desde suas causas até as formas de prevenção e correção (Nazário; Zancan, 2011).

As patologias estruturais, em particular, referem-se a defeitos ou falhas que comprometem diretamente o desempenho e a integridade das estruturas de uma edificação. Essas falhas podem surgir devido a diferentes fatores, como erros de projeto, execução inadequada, uso de materiais de baixa qualidade, ausência de manutenção e, em muitos casos, por condições adversas do solo e do ambiente (Helene, 2003). Quando ocorrem em elementos estruturais, essas patologias representam risco potencial à segurança e à funcionalidade da edificação, podendo levar a prejuízos econômicos e até mesmo a acidentes graves (Medeiros; Helene, 2007).

Os galpões industriais desempenham um papel estratégico no setor produtivo, funcionando como espaços destinados à fabricação, armazenagem e distribuição de produtos. No estado de Santa Catarina, sua importância se destaca devido à forte presença de setores industriais como o têxtil, metalmeccânico, alimentício e cerâmico, que representam parcela significativa da economia local (IBGE, 2021).

Essas estruturas, geralmente compostas por elementos pré-moldados ou metálicos, demandam soluções construtivas que permitam grandes vãos livres, rapidez de execução e custos otimizados (Silva; Aoki, 2019). Contudo, tais características construtivas, quando associadas a deficiências em projeto ou

execução, podem favorecer o surgimento de patologias estruturais específicas desse tipo de edificação.

O estudo das patologias estruturais em galpões industriais catarinenses se justifica não apenas pela necessidade de manter a segurança e a vida útil dessas construções, mas também pelo impacto econômico que eventuais falhas podem ocasionar. A ocorrência de problemas como fissuras, deformações excessivas, instabilidades e colapsos parciais pode interromper atividades produtivas, gerar custos elevados com reparos e comprometer a imagem das empresas envolvidas (Dal Molin; Vittorino, 2010). Além disso, condições climáticas típicas do estado, como variações térmicas significativas e elevada umidade relativa em determinadas regiões, podem contribuir para a aceleração de processos de deterioração dos materiais (Scheibe, 1986).

Diante desse cenário, este trabalho propõe um estudo sistemático das produções acadêmicas voltadas às patologias estruturais em galpões industriais de Santa Catarina, visando identificar os principais tipos de manifestações encontradas, suas causas mais recorrentes e as técnicas de prevenção e reparo aplicadas. A escolha por uma revisão sistemática permite reunir e analisar criticamente evidências científicas já publicadas, proporcionando um panorama abrangente do tema e subsidiando futuras pesquisas e práticas de engenharia voltadas à realidade catarinense (Nielsen; Olivo; Morilhas, 2017).

Esta investigação busca apresentar uma análise detalhada sobre as ocorrências patológicas na área da construção civil, focado em galpões industriais, priorizando o entendimento das suas causas e formas de evitar que se manifestem.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar patologias em galpões industriais localizados no estado de Santa Catarina, com base em produções acadêmicas selecionadas, destacando suas causas e soluções corretivas

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear as produções acadêmicas que abordam patologias estruturais em galpões industriais, com foco no contexto catarinense.
- Identificar os tipos de patologias estruturais mais recorrentes em galpões industriais do estado, bem como suas causas mais prováveis.
- Classificar as manifestações patológicas encontradas, relacionando-as às características construtivas e aos materiais empregados.
- Analisar as metodologias e técnicas de diagnóstico utilizadas nos estudos revisados para detecção e avaliação das patologias.

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema "Panorama das Patologias Estruturais em Galpões Industriais em Santa Catarina: Estudo Sistemático de Produções Acadêmicas" para este trabalho de conclusão de curso se baseia na relevância e na necessidade de compreender e solucionar problemas recorrentes encontrados em estruturas industriais.

As estruturas de edificações industriais são caracterizadas por sua complexidade, frequentemente exigindo soluções arrojadas, inovadoras ou uma combinação harmoniosa de alternativas já estabelecidas. Essas estruturas costumemente possuem equipamentos sensíveis e materiais perigosos. Portanto, devido à natureza dos sistemas presentes, demandando projetos que envolvam o desenvolvimento de soluções criativas e adaptadas às necessidades específicas.

A indústria desempenha um papel fundamental na economia de um país, sendo responsável pela produção de bens e serviços. Os galpões industriais são estruturas amplamente utilizadas para abrigar processos produtivos, armazenagem de materiais e equipamentos, entre outras atividades. Portanto, é fundamental garantir a integridade das estruturas dessas edificações, uma vez que qualquer problema estrutural pode acarretar em prejuízos financeiros significativos, interrupção das atividades e até mesmo riscos para os trabalhadores.

Apesar da relevância do tema, há uma lacuna na literatura nacional no que se refere a estudos específicos sobre patologias estruturais em galpões industriais localizados em Santa Catarina. Grande parte dos trabalhos acadêmicos sobre patologias construtivas concentra-se em edificações residenciais ou comerciais, não contemplando de forma detalhada as particularidades das estruturas industriais (Milititsky; Consoli; Schnaid, 2008). Essa escassez de pesquisas regionais representa um desafio para engenheiros e construtores, que carecem de informações sistematizadas para embasar decisões técnicas no contexto local.

Diante desse cenário, o problema central desta pesquisa pode ser assim formulado: a carência de estudos sistematizados sobre patologias estruturais em galpões industriais no estado de Santa Catarina dificulta a compreensão das suas causas, manifestações e soluções mais adequadas, comprometendo o planejamento, a execução e a manutenção dessas edificações.

Assim, este estudo justifica-se pela necessidade de reunir, analisar e discutir a produção acadêmica existente sobre o tema, oferecendo um panorama técnico e científico que auxilie na prevenção e correção das patologias estruturais em galpões industriais catarinenses. Ao sistematizar o conhecimento disponível, busca-se não apenas suprir a lacuna identificada, mas também fornecer subsídios práticos para profissionais da engenharia civil, contribuindo para a segurança e eficiência das construções industriais no estado.

2 METODOLOGIA

Conforme Nielsen, Olivo e Morilhas (2017), o método de pesquisa, também referido como metodologia de pesquisa, tem como propósito principal apresentar de maneira detalhada os recursos, técnicas e procedimentos utilizados para conduzir a investigação, visando responder ou, ao menos, direcionar a solução da questão de pesquisa.

Este estudo foi delimitado da seguinte maneira, optou-se por abordar exclusivamente as patologias construtivas presentes em edificações industriais no estado de Santa Catarina, desconsiderando investigações realizadas em âmbito nacional. Essa escolha foi fundamentada em uma revisão narrativa preliminar do tema, na qual se constatou que muitas patologias e soluções descritas em pesquisas nacionais não se aplicavam ao contexto estadual, visto a grandiosidade do território brasileiro, e a peculiaridade de cada região e suas características geológicas.

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma revisão narrativa da literatura, visando discutir e aprofundar o entendimento sobre o tema. A pesquisa incluiu artigos obtidos no Google Acadêmico e em repositórios de instituições de ensino de Santa Catarina, como UFSC, UDESC, UNISUL e IFSC. Foram selecionados estudos publicados nos últimos 20 anos, com acesso aberto, utilizando os seguintes termos de busca: “patologias galpões industriais em Santa Catarina”, “patologias em edificações industriais Santa Catarina” e “patologia pré-moldados em Santa Catarina”. Esses termos foram pesquisados nos títulos, resumos e/ou palavras-chave dos trabalhos analisados.

Nessa empreitada, os critérios de inclusão foram: artigos cuja temática agreguem ao problema da investigação, e/ou respondam aos questionamentos apresentados.

Cumprido todo o processo de pesquisa acima descrito, foram eleitos para a presente revisão 04 (quatro) artigos científicos, os quais estão devidamente marcados (destacados) nas referências deste trabalho e apresentados no Quadro 1.

Tabela 01 - Relação de trabalhos selecionados para o estudo

AUTOR	TÍTULO	ANO DE PUBLICAÇÃO
Teixeira, Daniela	Incidência de manifestações patológicas em galpões pré-moldados nas cidades de Tubarão e Capivari de Baixo- sc	2020
De Carvalho, Rodrigo Beling	Patologias em estruturas pré-moldadas em concreto: estudo de caso nas cidades de palhoça-sc e são josé-sc	2019
Iurguen, Arai Schwirck	Patologia das Fundações	2005
Estevão, Greyce Kelly et al.	Análise e Estudo de Caso de patologia e manutenção de um galpão pré-moldado industrial	2017

Fonte: Autor, 2025.

Posteriormente, mapeou-se e apresentou-se em forma de planilhas, as maiores incidências e a classificação de cada patologia encontrada.

Por se tratar de um estudo que busca agregar conhecimento ao profissional, engenheiro civil, para sustentar uma tomada de decisão futura, adotou-se uma pesquisa aplicada e qualitativa onde fez-se a identificação e análise de dados bibliográficos na busca de soluções de problemas.

A relevância desta pesquisa se estende a profissionais do ramo, acadêmicos e demais interessados na durabilidade e segurança das edificações. Ter um domínio aprofundado sobre as patologias construtivas é essencial para promover avanços na indústria e assegurar que as estruturas sejam cada vez mais confiáveis e resistentes.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Patologia

De acordo com Helene (2003), Patologia pode ser definida como uma parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismo, as causas e as origens dos defeitos das obras civis, ou seja, é um estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Conforme Gonzales, Oliveira e Amarante (2020), considera-se que uma edificação apresenta patologia quando deixa de cumprir de forma adequada as funções para as quais foi concebida, manifestando defeitos que, na prática, configuram falhas ou problemas capazes de comprometer a segurança dos usuários ou o desempenho previsto para determinadas funções do edifício.

Desde as primeiras civilizações, o ser humano busca construir estruturas que atendam às suas necessidades, sejam elas de moradia, trabalho ou infraestrutura. Ao longo dos séculos, esse processo permitiu o acúmulo de um vasto conhecimento científico, que impulsionou o avanço da tecnologia construtiva, englobando desde a concepção, cálculo e análise até o detalhamento estrutural, a escolha e aplicação de materiais e o aperfeiçoamento das técnicas executivas (Souza; Ripper, 2009).

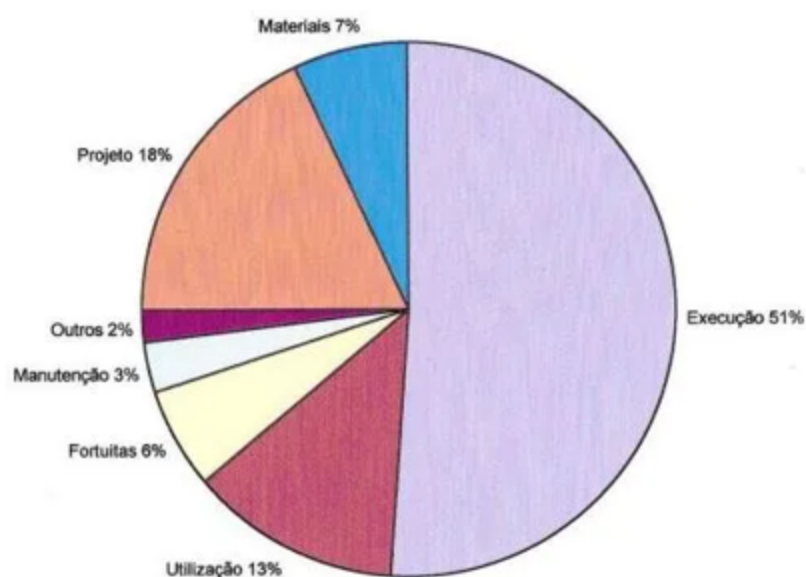
Na engenharia civil, patologia das construções é o campo dedicado à identificação, análise, diagnóstico e prevenção de manifestações anômalas que comprometem o desempenho e a vida útil das edificações. O escopo abrange desde a busca das causas (projeto, execução, materiais, uso e ambiente) até a proposição de terapias e planos de manutenção. Autores brasileiros sistematizaram procedimentos de diagnóstico, reforçando que a compreensão do mecanismo gerador da anomalia é condição para intervir corretamente (Medeiros; Helene, 2007).

De acordo com Silva e Rangel (2010), os problemas patológicos geralmente possuem origem em alguma falha ou erro cometido em ao menos uma das fases do projeto, as fases onde são capazes de ocorrer os fatores que apresentam possíveis defeitos futuros, são: execução, fabricação das matérias primas, planejamento,

projeto e uso, entretanto, as etapas mencionadas, algumas são mais contundentes no momento em que se aborda o nascimento das patologias, sendo capaz de ressaltar as fases de desenvolvimento, controle de materiais e a utilização.

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), as patologias podem se originar em qualquer etapa do processo construtivo. Falhas de projetos e de execuções, levam a formação de patologias em diversos setores da edificação. Após a avaliação do problema, é necessário um estudo diagnóstico detalhado para identificar os mecanismos causadores, e quais problemas poderão trazer para a estrutura.

Figura 01 – Gráfico com as principais origens de patologias no Brasil



Fonte: Silva e Jonov (2011)

Já Ripper e Menezes, 2007, citam que, as patologias podem ser originárias por fatores como: ausência ou falha na investigação do solo, patologias envolvendo o comportamento do solo, pelo desconhecimento de qual fundação é realmente necessária para a estrutura, falhas envolvendo as especificações construtivas, entre outros fatores.

Segundo Velloso e Lopes (2004) o surgimento das patologias em fundações superficiais gera danos arquitetônicos, estruturais e funcionais. Ocasionalmente ocasionando prejuízos financeiros e em casos mais sérios colocando vidas em riscos.

Entre os mais variados problemas que surgem durante e após a conclusão de uma edificação, com um alto custo em sua manutenção, são as patologias relacionadas a fundação de uma edificação (Alonso, 2019).

Quando se manifestam patologias em fundações, é fundamental identificar suas possíveis origens e mecanismos desencadeadores. Para tanto, recomenda-se realizar o monitoramento de manifestações como fissuras, trincas, desaprumos e desalinhamentos (Milititsky; Consoli; Schnaid, 2005, apud Souza; Nunes, 2021)

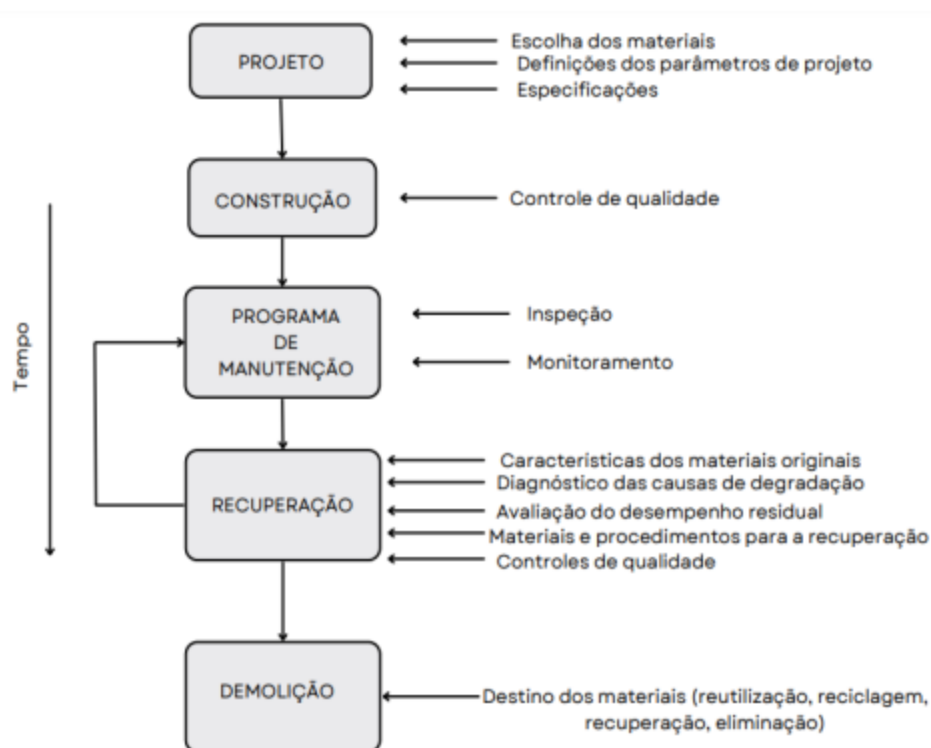
No contexto de galpões industriais, a patologia estrutural ganha relevância por envolver sistemas com grandes vãos, ligações específicas (metálicas ou pré-moldadas) e pisos submetidos a tráfego intenso e cargas concentradas, o que potencializa mecanismos de deterioração quando não há compatibilização entre projeto, execução e operação (Dal Molin; Vittorino, 2010).

A compreensão das patologias em edificações exige uma análise criteriosa dos processos construtivos adotados, visto que estes influenciam de forma direta a qualidade, o desempenho e a durabilidade das estruturas. Os processos construtivos, definidos por um conjunto de métodos e técnicas aplicados de maneira organizada, impactam desde a concepção até a execução final da obra. Para Sabbatini (1989), o processo construtivo corresponde a um sistema que envolve alto grau de organização e, muitas vezes, industrialização, no qual diversos componentes atuam em conjunto para materializar a edificação. O autor destaca que essa metodologia estruturada abrange tanto a execução da estrutura quanto as vedações, diferenciando-se pelo conjunto particular de técnicas empregadas.

O papel dos materiais de construção, especialmente do concreto, é determinante na durabilidade e no desempenho das edificações. Mehta e Monteiro (2008) ressaltam que, por ser o material estrutural mais utilizado mundialmente, o concreto está sujeito a diversas manifestações patológicas, incluindo fissuração, corrosão das armaduras e carbonatação. Essas anomalias podem originar-se de fatores externos, como a ação da umidade, agentes químicos e variações térmicas, ou internos, como deficiências na dosagem e na qualidade dos constituintes. Nesse sentido, a análise detalhada das propriedades físicas, químicas e microestruturais do concreto torna-se essencial para a prevenção e mitigação dessas patologias.

O controle de qualidade, tanto dos materiais quanto da execução, é uma das principais estratégias para reduzir falhas construtivas. Souza e Ripper (1998, apud Koerick, 2023) destacam que muitas patologias resultam da negligência ou da ausência de fiscalização adequada durante a execução, ocasionando defeitos como fissuras, descolamento de revestimentos e problemas estruturais, os quais muitas vezes se tornam evidentes apenas após a entrega da edificação. Bertolini (2010) acrescenta que compreender o comportamento dos materiais é essencial em todas as etapas do ciclo de vida da edificação — desde a construção, passando pela operação e manutenção, até a fase de demolição —, servindo como base para decisões que assegurem desempenho e segurança. A Figura 2 ilustra os diferentes momentos do ciclo de vida da edificação em que pode ser necessária a análise dos materiais.

Figura 02: Fases da vida de uma construção



Fonte: Adaptada de Bertolini (2010)

O aparecimento dos erros, surge devido ao processo de produção, que é bastante prejudicado, por inúmeras vezes refletir as adversidades sociais e econômicas que resultam na baixa qualidade técnica dos trabalhos menos

qualificados. Do mesmo modo que afeta também a falta de fiscalização adequada e uma fiscalização ineficiente no comando das equipes, levando a graves falhas em determinadas atividades como, escoramento, formas posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, entre outros (Souza; Ripper, 2009).

3.1.1 Tipos de Patologia

- Manifestações patológicas do concreto armado

As patologias no concreto armado envolvem problemas como fissuração, desagregação, eflorescência e deterioração causada por ações mecânicas ou químicas. Entre as causas mais comuns estão retração, variação térmica, sobrecarga e falhas no adensamento do concreto. Esses defeitos comprometem a durabilidade e a resistência estrutural, podendo evoluir para quadros mais graves, como corrosão das armaduras (Helene, 1993).

Figura 03: Corrosão de armaduras



Fonte: Núcleo do Conhecimento (2022)

- Manifestações patológicas nas alvenarias

As principais patologias em alvenarias incluem trincas, desagregação, manchas e destacamento de revestimento. Esses problemas podem ser decorrentes de recalques diferenciais, uso inadequado de argamassa ou falhas de execução. A presença de sais solúveis e umidade também contribui para a degradação (Bauer, 2005).

Figura 04: Trinca em alvenaria



Fonte: AECWeb (2024)

- Manifestações patológicas das impermeabilizações

A falha na impermeabilização resulta em infiltrações e umidade, que podem comprometer a estrutura e os acabamentos. Entre as causas estão falhas de projeto, execução inadequada e degradação de materiais impermeabilizantes. Uma boa especificação e aplicação correta são essenciais para evitar esse tipo de problema (Campante; Bastos, 2001).

- Manifestações patológicas nas pinturas

Problemas como descascamento, bolhas e manchas em pinturas geralmente ocorrem por falhas de preparação da superfície, uso de tintas inadequadas ou umidade. O processo de degradação pode ser acelerado por fatores ambientais, como radiação solar e poluição (Silva, 2006).

- Manifestações patológicas nas fundações

Fundações comprometidas podem apresentar recalques diferenciais, rupturas e deslocamentos. Esses problemas decorrem, muitas vezes, de investigações geotécnicas insuficientes, erros de dimensionamento ou execução inadequada. O impacto pode ser severo, comprometendo toda a edificação (Caputo, 1988).

- Manifestações patológicas ocasionadas pelas instalações hidráulicas

Vazamentos e infiltrações devido a falhas nas instalações hidráulicas provocam danos a revestimentos, estruturas e sistemas elétricos. Esses problemas podem surgir por mau dimensionamento, materiais de baixa qualidade ou falta de manutenção preventiva (Pinto, 1998).

- Manifestações patológicas ocasionadas pelas instalações elétricas

As patologias elétricas incluem sobrecargas, aquecimento excessivo, curto-circuitos e degradação de componentes. Esses problemas resultam, geralmente, de projetos mal elaborados ou execução inadequada, podendo provocar riscos à segurança (NBR 5410, 2004).

- Manifestações patológicas nas coberturas

Infiltrações, deslocamento de telhas e degradação de mantas térmicas são comuns em coberturas. As causas mais frequentes estão relacionadas a ventos fortes, execução inadequada e falta de manutenção preventiva (Campante; Bastos, 2001).

- Manifestações patológicas nos pisos

Trincas, desgaste excessivo, descolamento e manchas são as manifestações mais comuns nos pisos. Esses problemas geralmente ocorrem devido à sobrecarga, execução incorreta e umidade ascendente (Bauer, 2005).

- Manifestações patológicas nos revestimentos em argamassa

Fissuras, destacamento e pulverulência em argamassas podem surgir por problemas na dosagem, cura inadequada, falta de aderência ou ação de agentes climáticos (Souza; Ripper, 1998).

- Manifestações patológicas nos revestimentos cerâmicos

O descolamento, fissuração e eflorescência são comuns nos revestimentos cerâmicos, resultando de falhas na aplicação da argamassa colante, movimentação estrutural ou umidade (Helene, 1993).

- Manifestações patológicas nas obras de madeira

A madeira pode ser afetada por apodrecimento, ataque de cupins e fungos, além de empenamento e fissuras. A degradação está associada à umidade, exposição ao sol e ausência de tratamento preservativo (Borges, 2008).

- Manifestação patológica provocada pela corrosão das armaduras

A corrosão das armaduras compromete a resistência do concreto armado, causando expansão, fissuração e destacamento do cobrimento. A presença de cloretos e carbonatação são os principais agentes causadores (Helene, 1993).

- Manifestações patológicas ocasionadas pela umidade

A umidade pode ser ascendente, descendente ou lateral, e é responsável por grande parte das manifestações patológicas, como mofo, manchas, eflorescência e degradação de materiais. O controle adequado depende de impermeabilização eficiente e ventilação apropriada (Campante; Bastos, 2001).

3.2 Fundações

As fundações constituem os elementos estruturais responsáveis por transmitir, de forma segura, as ações oriundas da superestrutura ao terreno, garantindo o desempenho da edificação ao longo de sua vida útil (Velasco; Lopes, 2008). No contexto brasileiro, a classificação consagrada distingue as fundações em rasas (ou diretas) e profundas, sendo que as primeiras transferem as cargas para a região próxima à base, com mecanismos de ruptura localizados na superfície; enquanto as segundas mobilizam resistência de ponta e/ou lateral em maiores profundidades, resultando em ruptura na base (NBR 6122, 2022).

A escolha do tipo de fundação mais adequado requer a realização de investigações geotécnicas detalhadas, considerando as características do solo, os níveis de carregamento previstos e as condições ambientais de exposição (Velasco; Lopes, 2008). Em regiões litorâneas de Santa Catarina, a presença de lençol freático elevado e solos moles frequentemente demanda o emprego de estacas moldadas in loco, como a hélice contínua monitorada, devido ao controle mais rigoroso da execução e à redução das vibrações durante o processo construtivo (NBR 6122, 2022). Já em áreas com solos residuais mais competentes, soluções como fundações rasas ou blocos sobre estacas apresentam boa relação custo–benefício, desde que sejam observados os critérios de projeto e realizados controles tecnológicos adequados (CAPUTO, 1988).

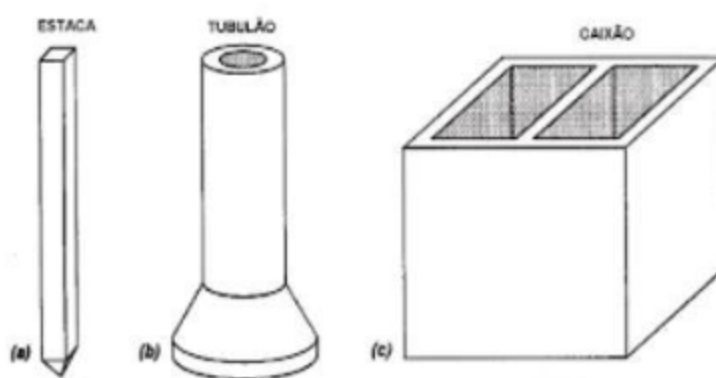
3.2.1 Fundações profundas

Fundações profundas, segundo a NBR 6122:2022, são aquelas que transmitem a carga ao terreno, por meio da resistência de ponta (base), por sua superfície lateral, ou por uma combinação das duas, e que, esta seja assentada à

profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, no mínimo 3 metros.

De modo geral, as fundações profundas se dividem em estacas, tubulões e caixões.

Figura 05: Representações de fundações profundas



Fonte: Souza(2016)

Estacas

Segundo a NBR 6122:2022, elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de pessoas. Existem diversos materiais que podem ser utilizados na construção de estacas, tais como concreto moldado no local, concreto pré-moldado, aço, madeira ou combinação desses materiais. Além disso, as estacas podem ser classificadas em três subgrupos, dependendo do método de execução:

- Estacas escavadas: Onde ocorre a retirada do solo durante a sua execução:
- Estacas escavadas de grande diâmetro;
- Estacas brocas;
- Estacas Hélice contínua - É moldada no local de execução, utilizando-se a técnica de perfuração por meio de um trado contínuo. Ao atingir a

profundidade desejada, é realizada a injeção de concreto com pressão através da haste central do trado, ao mesmo tempo em que o trado é retirado (Hachich; Franzin; Masullo, 1998).

- Estacas cravadas: Também chamadas estacas de deslocamento - onde não há remoção do solo, apenas compactação; Cravada por vibração; Cravada por prensagem; Cravada por percussão; Estaca de madeira; Estaca metálica; Estaca Franki;
- Estaca pré-moldada de concreto: São produzidas em fábrica e posteriormente transportadas para a obra, onde são cravadas utilizando bate-estacas. Essas estacas apresentam diversas vantagens, tanto em termos de sua execução quanto em relação ao seu processo de produção. Uma dessas vantagens está associada à capacidade das estacas pré-moldadas de ultrapassar o nível d'água, enquanto outra diz respeito ao alto controle tecnológico dos materiais constituintes utilizados em sua fabricação (SIPRIANO, 2007).
- Estacas injetadas: Segundo Rebello (2010) as estacas injetadas foram originalmente utilizadas na Itália como elementos de melhoramento do solo, uma espécie de reforço do solo de fundação. Posteriormente, quando a sua utilização se tornou de domínio público, passou a ser usada para outros fins, como reforço de fundações e elementos de Fundação propriamente dito.
- Estaca Raiz: A execução desse tipo de estaca envolve a perfuração com o auxílio de uma lama pressurizada e a rotação de tubos metálicos, que são conectados à medida que a escavação avança em profundidade. Após a perfuração, o solo é removido dos tubos por meio de golpes de ar comprimido. Em seguida, a armadura é instalada e a argamassa é injetada de baixo para cima, auxiliando na remoção da lama utilizada durante a perfuração (Hachich; Franzin; Masullo, 1998). É comumente utilizada para casos de necessidade de reforço de estruturas, quando há recalque como uma das patologias apresentadas.
- Tubulão: É um elemento de fundação que requer a escavação do terreno de forma a permitir a descida de uma pessoa para realizar o alargamento da base do tubulão. Para possibilitar a descida do operário, o tubulão deve ter um fuste com um diâmetro mínimo de 70 cm. Nesse tipo de fundação

profunda, a transferência de cargas para o solo ocorre principalmente pela base do tubulão. Além disso, os tubulões podem ser classificados em duas categorias: a céu aberto e a ar comprimido, sendo esta última utilizada principalmente quando há presença de água.(Velosso;Lopes, 2022)

- Caixão: É elemento de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna.(NBR 6122:2022)
- Estacas metálicas: São constituídas de perfis laminados ou soldados, tubos de chapas dobradas e trilhos. As estacas de aço devem resistir à corrosão pela própria natureza do aço ou por tratamento adequado, porém dispensam tratamento se estiverem inteiramente enterradas em terreno natural. Possuem vantagens como, não haver trincas e fissuração, possuírem pouca vibração durante sua cravação (Fernandes, 2017).
- Estacas de madeira cravadas: São estacas de madeira que são cravadas no solo por impacto, sendo utilizadas principalmente em solos coesivos. (Caputo; 2001)

3.2.2 Patologias em Fundações

As patologias de fundações decorrem, em grande parte, de investigações geotécnicas insuficientes, hipóteses de projeto incompatíveis com a realidade do subsolo, falhas executivas e alterações ambientais (variações do lençol freático, erosão, ataque químico). Entre as manifestações mais frequentes estão os recalques diferenciais, a perda de capacidade de carga, o arrancamento e a instabilidade global do conjunto solo–estrutura (Milititsky; Consoli; Schnaid, 2008).

A literatura enfatiza que uma parcela significativa das ocorrências patológicas poderia ser evitada por meio de sondagens bem planejadas, interpretação criteriosa dos dados e detalhamento executivo compatível com o método construtivo (Bauer, 2011).

3.2.3 Recalques

Segundo Ripper e Menezes, 2007 apud Souza; Nunes, (2021), o solo apresenta diversas situações que podem causar deformações ou variações volumétricas não provocadas pelo carregamento das fundações, gerando patologias. Sendo o recalque a principal patologia.

Solos com características expansivas ou colapsíveis podem sofrer variações volumétricas significativas, mesmo sem ação de cargas externas, ocasionando recalques e fissuras (Caputo, 2009).

Conforme Rebello (2008) apud (Souza; Nunes, 2021), o recalque é a deformação que ocorre no solo ao ser submetido a cargas, gerando movimentação na fundação. Dependendo da magnitude dessa deformação, podem surgir danos significativos à estrutura.

Segundo Rebello (2008) apud (Souza; Nunes, 2021) a deformação do solo nem sempre resulta em danos à estrutura. Se as cargas recebidas pela fundação forem distribuídas de forma uniforme, ocorrerá apenas um rebaixamento do nível do pavimento térreo, gerando problemas de uso, mas sem comprometer a estrutura, que é conhecido como recalque absoluto. No entanto, quando há variação na intensidade dos recalques entre os apoios, conhecido como recalque diferencial, isso pode causar danos à edificação, podendo até levar à ruína parcial ou total da estrutura.

O recalque diferencial é conhecido pelo fenômeno que acontece quando a construção sofre rebaixamento, sendo este causado pelo adensamento da fundação. Com essa diferença de nível pode-se ocorrer esforços inesperados na estrutura, levando ao surgimento de patologias, tais como: rachaduras, trincas e até o colapso total da edificação.(Caputo, 2001)

Figura 06 - Tipos de Recalques



Fonte: Adaptado de Multiplus(2024)

Segundo a ABNT NBR 6122:2022 - Projeto e execução de fundações, o recalque caracteriza-se pelo deslocamento vertical descendente de elementos estruturais. Esse fenômeno pode se manifestar em função da variabilidade dos tipos de solos e suas capacidades de suporte, da presença de sobrecargas localizadas, bem como da utilização de diferentes soluções de fundação em uma mesma edificação

Os indícios iniciais do recalque diferencial geralmente se manifestam por meio do aparecimento de fissuras e rachaduras tanto nas alvenarias quanto nos elementos estruturais da edificação. Tais patologias podem comprometer a estabilidade da construção e até mesmo afetar edificações vizinhas, gerando, em consequência, potenciais conflitos jurídicos entre responsáveis técnicos, construtores e proprietários (Santos, 2014).

Segundo Silva, Marina (2020), por meio do acompanhamento sistemático das edificações é possível adotar medidas preventivas, como a realização de sondagens

geotécnicas, a elaboração de projetos estruturais que considerem as características reais do solo, a execução de reforços apropriados nas fundações e a atuação de profissionais habilitados durante a obra. O controle consiste em monitorar os deslocamentos estruturais por meio de pontos de referência previamente definidos, registrando suas movimentações. Normalmente, esse processo envolve medições periódicas, que podem ocorrer ao longo de seis meses ou, em alternativa, em frequência diária por cerca de dois meses, utilizando-se instrumentos topográficos de alta precisão

Segundo Helene (2003) conhecimento sobre as patologias construtivas é considerado essencial, em diferentes níveis, para todos os profissionais que atuam na área da construção civil. Essas manifestações podem estar relacionadas tanto a falhas na fase de concepção do projeto quanto na etapa de execução da obra, sendo que, de acordo com o autor, tais fatores combinados são responsáveis por aproximadamente 68% das ocorrências de patologias em edificações.

Segundo Bauer (2011), apud Franco; Niedermeyer, (2017), entre as principais causas, existem as que possuem relação ao solo, destacam-se, portanto: a ausência ou falha na identificação dos movimentos do terreno; a inexistência de investigação geotécnica em obras de pequeno e médio porte; investigações insuficientes, caracterizadas por sondagens inadequadas quanto à profundidade ou à detecção de anomalias; e ainda, interpretações incorretas dos dados obtidos.

Tabela 02 – Principais causas de patologias relacionadas ao solo

Causa	Descrição
Ausência de identificação dos movimentos do solo	Não há reconhecimento prévio do comportamento geotécnico do terreno, o que compromete o desempenho da fundação.
Inexistência de investigação geotécnica	Falta de sondagens ou ensaios, especialmente em obras de pequeno e médio porte.
Investigação insuficiente	Sondagens realizadas com profundidade inadequada ou que não identificam anomalias do subsolo.
Interpretação incorreta dos dados	Resultados de sondagens e ensaios são mal interpretados, levando a erros no projeto da fundação.

Fonte: Adaptado de Bauer (2011).

Ainda segundo Bauer (2011) apud Franco; Niedermeyer, (2017), pode-se também ser relacionada as cargas. Uma estrutura, pode desenvolver a patologia

diante dos fatores de esforços sobrepostos já projetados ou incluídos posteriormente; estacas apoiadas sobre camadas finas; estacas para pilares adjacentes muito próximos e desconsideração de cargas ou falta de travamentos.

Segundo Helene (2003), o desconhecimento do comportamento real das fundações pode levar a diversas falhas no projeto e na execução, tais como a utilização de sistemas de fundações distintos em uma mesma estrutura, a extrapolação indevida de valores de carga ou de profundidade além dos limites viáveis, a adoção de níveis desiguais de carregamento e a subestimação dos efeitos provocados por esses carregamentos sobre a estrutura.

De acordo com Helene (2003), as patologias nas fundações geralmente têm origem em falhas no dimensionamento estrutural, como a incorreta estimativa das cargas aplicadas, o desconsiderar das etapas construtivas no planejamento, o erro no cálculo dos elementos estruturais (como vigas e pilares), a utilização de armaduras sem consideração adequada da fissuração do concreto, além da ausência de detalhamento adequado no projeto.

Conforme apontado por Helene (2003), diversas falhas em fundações podem ser atribuídas à ausência de informações adequadas sobre as condições do solo, especialmente em fundações superficiais. Nessas situações, observa-se a adoção de tensões admissíveis sem a devida caracterização geotécnica, além de problemas relacionados à cota de assentamento, propriedades do concreto e recobrimento das armaduras. Já nas fundações profundas, os problemas mais recorrentes incluem inconsistências quanto à profundidade projetada, às especificações das estacas utilizadas, às tensões dos materiais, à execução de emendas e à ausência de medidas de proteção contra erosão.

Segundo Sabbatini (1986), as fundações construídas sobre aterros representam situações críticas, principalmente devido à complexidade dos mecanismos envolvidos e à limitada compreensão de seu comportamento. O autor destaca que os recalques observados nesse tipo de fundação podem ser atribuídos a diferentes fatores, como deformações causadas pelo peso próprio em razão de compactação inadequada, ausência de vibração ou uso de materiais impróprios; deformações do solo natural situado abaixo do aterro, devido ao aumento das

tensões aplicadas; e também recalques associados à decomposição de resíduos, especialmente quando o aterro foi executado sobre áreas de disposição de lixo.

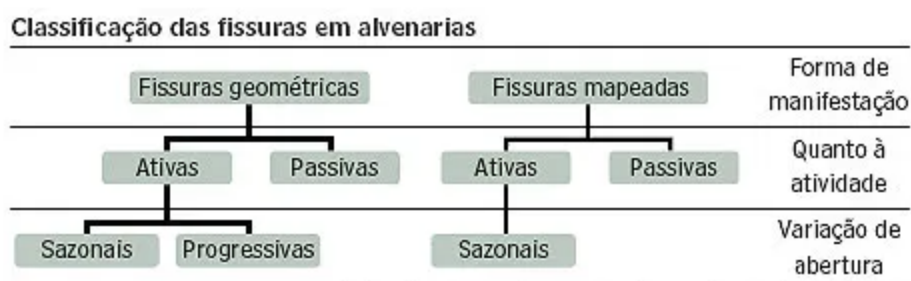
É fundamental que, já na fase de investigação do solo, sejam avaliadas as possíveis ações de agentes químicos e físicos sobre os materiais utilizados na fundação. Ambientes considerados agressivos podem ser identificados por meio de parâmetros como o pH do solo, sua resistividade elétrica, além da presença e concentração de substâncias como sulfetos e cloretos. (Sabbatini;1986)

3.2.4 Fissuras e Trincas

Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas encontradas em diversos elementos das edificações, como alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos, entre outros. Essas manifestações são geralmente resultantes de tensões nos materiais. Quando os materiais são submetidos a esforços superiores à sua resistência, ocorre a falha, ocasionando aberturas. A classificação dessas aberturas como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha depende de sua espessura (Oliveira, 2012).

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.”

Figura 07 - Classificação das fissuras em alvenaria



Fonte: Sahade *apud* Corsini (2010)

De acordo com Oliveira (2012), fissuras, trincas e rachaduras são consideradas manifestações patológicas comumente causadas por tensões nos materiais. Essas aberturas podem ser observadas em diferentes elementos das construções, como alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos, entre outros. Quando os materiais são submetidos a um esforço que excede sua capacidade de resistência, ocorre a falha, resultando em aberturas.

Seguindo a proposta de Oliveira (2012), é apresentada uma classificação das aberturas em diferentes categorias. Fissuras são definidas como aberturas de até 0,5 mm, trincas como aberturas entre 0,5 mm e 1,5 mm, rachaduras como aberturas que variam de 1,5 mm a 5,0 mm, fendas como aberturas entre 5,0 mm e 10 mm, e, por fim, brechas são aberturas com espessura superior a 10 mm. Essa classificação é detalhada na Tabela 3.

Tabela 03: 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)

De acordo com Santos (2014), as fissuras causadas por recalque nas fundações são frequentemente atribuídas a diversos fatores, tais como: construção de fundações sobre solos compressíveis, expansivos ou aterros; interferência no bulbo de tensões resultante de edificações vizinhas; rebaixamento do lençol freático; sobrecargas excessivas; ou falhas nos elementos estruturais da fundação.

3.3 Pré Moldados

O emprego de estruturas pré-moldadas na construção civil apresentou expressivo crescimento nas últimas décadas, motivado pela busca por soluções que

proporcionem economia, agilidade e redução do tempo de execução. Na região sul de Santa Catarina, esse avanço é evidenciado pelo aumento significativo de galpões industriais executados com sistemas pré-moldados nos últimos anos. Embora os termos “pré-moldado” e “pré-fabricado” sejam frequentemente utilizados de forma intercambiável, a norma NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado distingue-os conceitualmente: elemento pré-moldado é aquele produzido fora do local de utilização definitiva, com controle de qualidade, mas sem necessariamente exigir a instalação de laboratório próprio; já o elemento pré-fabricado é um tipo de pré-moldado produzido industrialmente, mesmo que em canteiros temporários, porém sob condições rigorosas de controle tecnológico (NBR 9062: 2017).

A aplicação de pré-moldados se mostra particularmente vantajosa em projetos que demandam grandes vãos livres, permitindo maior flexibilidade na utilização interna e facilitando futuras adaptações, característica valorizada em edificações industriais e comerciais (Acker, 2002). O processo construtivo dessas estruturas compreende etapas bem definidas, como montagem das armaduras, preparação das fôrmas (com ajustes conforme o dimensionamento), concretagem e acabamento. As fôrmas, de acordo com Paulani (2008), podem ser fabricadas em aço, alumínio, concreto ou madeira, revestidas ou não com chapas metálicas, fibras ou plásticos, desde que atendam aos requisitos dimensionais e de resistência previstos em projeto.

A ABNT NBR 9062:2017 também estabelece diretrizes para fabricação, estocagem, transporte e montagem dos elementos, assegurando desempenho estrutural e durabilidade. O controle de qualidade em todas as fases do processo é imprescindível, uma vez que a padronização e a precisão dimensional são fatores críticos para o êxito do sistema construtivo (Medeiros; Bittencourt, 2015).

Figura 09 - Galpão Pré-Moldado



Fonte: Pré-Vale (2024)

3.4 Galpões Industriais

Os galpões industriais catarinenses abrigam setores produtivos estratégicos e demandam soluções de projeto que conciliem grandes vãos, rapidez construtiva e manutenção facilitada. As soluções estruturais mais usuais envolvem sistemas pré-moldados de concreto e estruturas metálicas, combinados a fundações compatíveis com o subsolo regional (Scheibe, 1986).

A relevância econômica dessas edificações no estado justifica o enfoque nesta pesquisa, pois falhas estruturais acarretam interrupções de processos, perdas de estoque e custos de recuperação, além de riscos à segurança (IBGE, 2021).

Figura 10 - Galpão Industrial em São José (SC)



Fonte: Kelly, Greice et al. (2022)

3.4.1 Patologias Comuns em Galpões Industriais

Entre as manifestações recorrentes em galpões estão: fissuras em pórticos e ligações, deformações excessivas em terças e vigas de cobertura, corrosão de armaduras em ambientes agressivos (regiões litorâneas), falhas em ligações parafusadas ou soldadas, e problemas nos sistemas de contraventamento. Tais ocorrências decorrem de demandas funcionais específicas, associadas a cargas concentradas, ações de vento e variações térmicas (Helene; Ferreira, 2013).

No contexto catarinense, o controle da umidade e dos agentes agressivos é essencial, notadamente em zonas costeiras, onde o risco de corrosão e a necessidade de cobrimentos adequados e manutenção periódica devem ser enfatizados (Melo; Lima, 2013).

3.4.2 Patologias de Piso em Galpões Industriais

Pisos industriais estão sujeitos a solicitações intensas de tráfego, cargas estáticas elevadas e ações ambientais. As patologias típicas incluem fissuração por retração, lascamento de bordas junto a juntas, desagregação superficial, afundamentos localizados e perda de planicidade, frequentemente associadas a base mal preparada, ausência de controle de umidade e detalhamento inadequado de juntas (Dal Molin; Vittorino, 2010).

Estratégias de projeto, como definição correta de módulos de juntas, preparo e compactação da sub-base, especificação de traços com controle de retração e cura eficiente, são decisivas para reduzir a incidência de patologias e custos de manutenção (Medeiros; Helene, 2007).

3.4.3 Técnicas de Prevenção de Patologias Estruturais

A prevenção inicia na fase de concepção, com investigações geotécnicas adequadas (NBR 6484; NBR 9603; NBR ISO 22476-1), modelagem coerente com as solicitações e especificação de materiais compatíveis com o ambiente de exposição. Em galpões, o detalhamento das ligações, o dimensionamento de contraventamentos e a drenagem periférica são cruciais. A adoção de planos de inspeção e manutenção desde o comissionamento reduz significativamente a probabilidade de falhas (Melo; Lima, 2013).

3.4.4 Técnicas de Monitoramento de Recalques

Segundo Milititsky, Consoli e Schnaid (2005), o projeto das fundações em qualquer obra deve garantir coeficientes de segurança adequados para prevenir a ruptura do solo e evitar deformações excessivas. Essa segurança é alcançada por meio da aplicação de dois critérios: ruptura e deslocamentos.

É comum que ocorra algum grau de recalque em fundações, independentemente do tipo de edificação. Por isso, a análise dos recalques admissíveis constitui uma etapa essencial no processo de projeto, pois define os limites a partir dos quais a segurança estrutural ou o desempenho funcional da edificação podem ser comprometidos. Os efeitos desses recalques podem ser agrupados em três níveis: meramente estéticos e sem riscos; interferências no uso e na funcionalidade do imóvel; e, nos casos mais críticos, danos estruturais com potencial de comprometer a segurança dos usuários Milititsky, Consoli e Schnaid (2005).

Nos casos em que haja incerteza sobre o comportamento da fundação, ou quando se busca avaliar seu desempenho em situações que possam provocar

recalques, é recomendada a execução de um monitoramento específico da edificação (Milititsky, Consoli e Schinaid, 2008).

De acordo com Helene e Ferreira (2013), a mitigação de recalques diferenciais pode envolver diversas estratégias como uso de fundações profundas, redistribuição de cargas, reforço do solo e drenagem. Essas soluções também são descritas por Caputo (2001) e regulamentadas pela ABNT (2019) no contexto do desempenho estrutural das fundações.

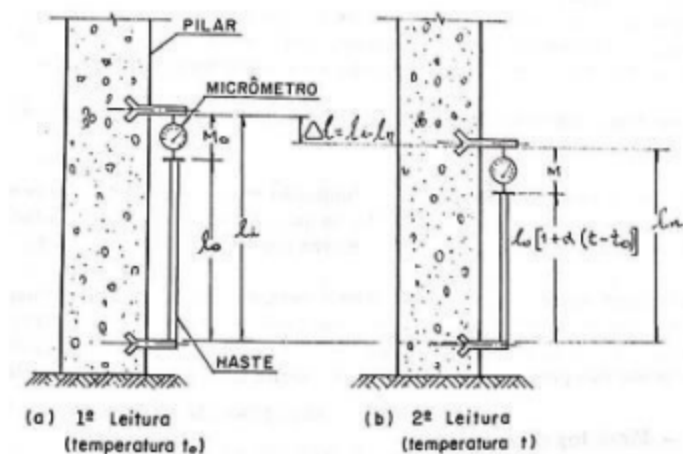
Segundo Helene e Ferreira (2013), cabe ao engenheiro de estruturas a definição dos pontos críticos a monitorar, tendo em vista o comportamento estrutural da edificação. Cada projeto estrutural possui uma concepção de cálculo e, portanto, apresenta peculiaridades diversas em função da memória de cálculo.

A seleção da técnica mais adequada deve considerar uma avaliação criteriosa das condições do solo, das características da estrutura e dos esforços atuantes, de modo a assegurar a estabilidade e a longevidade da edificação. As metodologias mais utilizadas para o monitoramento de recalques em fundações visam mensurar e acompanhar os deslocamentos verticais ao longo do tempo, verificando se o desempenho estrutural permanece dentro dos parâmetros de segurança. Dentre essas técnicas, destacam-se as seguintes:

- Controle de Verticalidade: Essa técnica tem como objetivo monitorar possíveis desvios de prumo na edificação ao longo do tempo. Para isso, realizam-se medições periódicas com instrumentos topográficos de alta precisão, sempre em pontos previamente definidos. Os dados obtidos são organizados em planilhas e quadros, permitindo o acompanhamento sistemático das variações de posicionamento vertical (Milititsky; Consoli; Schnaid, 2008).
- Pontos de Controle Fixos Para Medidas de Cargas: Referências externas ao edifício (pontos de controle), como marcos topográficos, são usados para medir o recalque relativo da estrutura, verificando mudanças de altura em relação a uma base fixa. De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2005), o controle de recalques exige a estimativa prévia das cargas atuantes nos pilares, o que permite a elaboração da curva carga \times recalque. Com a progressão dos recalques diferenciais, há alteração no comportamento

estrutural e redistribuição das cargas, como destacado também por Helene e Ferreira (2013).

Figura 11: Monitoramento de recalque



Fonte: Helene e Ferreira (2013)

- Sensoriamento Remoto: De acordo com Novo (2010), o sensoriamento remoto envolve diversas técnicas de coleta e interpretação de dados, fundamentais para a análise espacial. A escolha do sensor adequado deve considerar variáveis como o tipo de área urbana, localização, extensão da área, objetivos da pesquisa e limitações tecnológicas e financeiras, conforme também apontado por Meneses e Almeida (2012).
- Levantamento Fotogramétrico e Laser Scanner: O levantamento fotogramétrico e o laser scanner representam tecnologias modernas de captura tridimensional, amplamente utilizadas para o mapeamento e monitoramento de terrenos, edificações e estruturas com alta precisão. A fotogrametria, por sua vez, baseia-se na sobreposição de imagens capturadas por diferentes ângulos — sejam elas aéreas ou terrestres — permitindo a geração de modelos tridimensionais. Conforme Kraus (2004), a fotogrametria evoluiu de métodos analógicos, com uso de equipamentos óptico-mecânicos, para sistemas analíticos e digitais, permitindo maior precisão na obtenção de coordenadas tridimensionais. Essa técnica é

vantajosa para áreas extensas e visualmente acessíveis, destacando-se pelo baixo custo e simplicidade de aplicação.

3.4.5 Técnicas de Manutenção e Problemas Relacionados a Projeto e Execução

Planos de manutenção preventiva, com inspeções visuais, ensaios não destrutivos quando pertinentes e reparos localizados, devem integrar o ciclo de vida de galpões industriais. A literatura aponta que falhas de projeto (subestimação de ações, detalhamento insuficiente de ligações, negligência a juntas) e de execução (controle tecnológico inadequado, tolerâncias geométricas) permanecem entre as principais causas de patologias, reforçando a necessidade de qualificação das equipes e de documentação técnica consistente (Helene, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos e sua análise crítica, correlacionando-os com os quatro trabalhos analisados, em alinhamento ao objetivo geral de analisar, por meio de um estudo sistemático de produções acadêmicas, as principais patologias estruturais identificadas em galpões industriais localizados no estado de Santa Catarina. A análise também busca atender aos objetivos específicos, mapeando as produções nacionais relevantes, identificando os tipos de patologias mais recorrentes, classificando-as conforme características construtivas e materiais, examinando metodologias de diagnóstico e estruturando uma planilha comparativa.

Sulzbacher e Teixeira (2020) verificaram, em galpões pré-moldados de Tubarão e Capivari de Baixo–SC, a presença predominante de manchas de umidade, fissuras, corrosão de armaduras, recalques diferenciais e deslocamento de concreto decorrente de manuseio inadequado. Esses resultados evidenciam a importância de diagnósticos precisos e manutenção preventiva, em consonância com o objetivo específico de identificar patologias estruturais recorrentes e suas causas.

Carvalho (2019) observa que patologias em estruturas pré-moldadas podem resultar de projetos inadequados, incluindo erros de cálculo estrutural, avaliação incorreta do solo, incompatibilidade entre projetos, especificação inadequada de materiais e falhas construtivas como concretagem deficiente e escoramentos inapropriados. Essa constatação reforça a relevância de relacionar manifestações patológicas às características construtivas e materiais empregados, conforme proposto nos objetivos do trabalho.

Schwirck (2021) identificou, no Estudo de Caso III, que recalques diferenciais, fissuras e instabilidades estruturais frequentemente decorrem de investigações geotécnicas insuficientes, uso de materiais de baixa qualidade e ausência de manutenção preventiva. Tais achados estão diretamente ligados à meta de analisar metodologias e técnicas de diagnóstico presentes nos estudos revisados.

Estevão (2017), ao estudar um galpão industrial de aproximadamente 9.000 m², constatou que a ausência de sondagem, o uso de dados de solo vizinho e

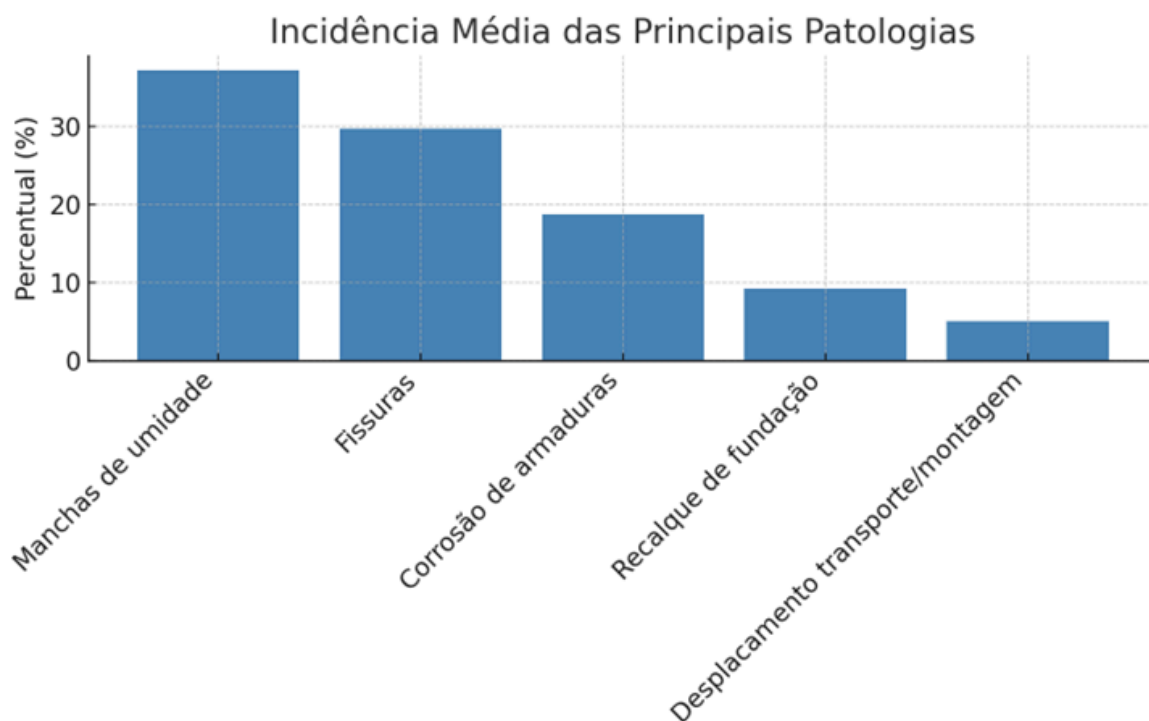
decisões construtivas improvisadas geraram patologias generalizadas, comprometendo a viabilidade econômica de recuperação total. Essa situação ilustra a necessidade de práticas construtivas mais seguras e eficientes.

Tabela 04 - Incidência das principais patologias

Patologia	Estudo 1 (%)	Estudo 2 (%)	Estudo 3 (%)	Estudo 4 (%)	Média (%)
Manchas de umidade	35	40	38	36	37.25
Fissuras	30	28	32	29	29.75
Corrosão de armaduras	20	18	15	22	18.75
Recalque de fundação	10	9	10	8	9.25
Deslocamento transporte/montagem	5	5	5	5	5.0

Fonte: Autor, 2025

Gráfico 02 - Incidência das principais patologias



Fonte: Autor, 2025.

4.1 Principais Patologias, Causas e Soluções

- Manchas de umidade e eflorescência: Causadas por infiltrações decorrentes de falhas de vedação, porosidade elevada do concreto ou fissuras pré-existentes. O transporte capilar de sais solúveis provoca eflorescência (Helene; Andrade, 2011).

Solução: Limpeza mecânica, aplicação de hidrofugante e recomposição do revestimento com argamassa polimérica.

- Fissuras estruturais: Associadas a recalques diferenciais, retração e concentrações de tensão (Velloso; Lopes, 2004).

Solução: Injeção de resina epóxi, associada à correção da causa.

- Corrosão de armaduras: Decorrente de carbonatação ou penetração de cloretos, provocando perda de seção de aço (Mehta; Monteiro, 2008).

Solução: Remoção do concreto deteriorado, limpeza das armaduras, aplicação de inibidor e recomposição com microconcreto.

- Recalques diferenciais: Relacionados a fundações sem investigação geotécnica adequada (Milititsky; Consoli; Schnaid, 2008).

Solução: Estabilização com injeção de calda de cimento ou reforço de fundações com estacas raiz.

- Deslocamento por transporte e montagem: Causado por impacto ou atrito inadequado durante movimentação de peças (Serra, 2005).

Solução: Reparo com argamassa de alta aderência, respeitando preparo do substrato e cura.

A prevenção das patologias observadas requer inspeções periódicas, manutenção de dispositivos de drenagem, tratamento precoce de fissuras e proteção contra agentes agressivos, conforme diretrizes da ABNT NBR 15575:2021 e ABNT NBR 9452:2019. Essas ações contribuem para práticas construtivas mais seguras e eficientes, atendendo ao objetivo geral e aos específicos delineados no trabalho.

5 CONCLUSÃO

A proposta deste estudo foi analisar as produções acadêmicas existentes sobre o tema de patologias de estruturas em galpões industriais no estado de Santa Catarina, com o objetivo de identificar as principais causas mais recorrentes, avaliar qual a possível causa destas patologias e sugestão de correção dos problemas.

Com a análise inicial de material bibliográfico para as referências, foi possível primeiramente encontrar na literatura técnica quais eram os principais fatores que contribuía negativamente para o aparecimento destas patologias, e, posteriormente, com a análise central do tema, focando em galpões de Santa Catarina, foi possível verificar como a literatura técnica e os estudos de casos práticos convergiam tanto na incidência dos fatos, quanto nas soluções.

A análise dos estudos avaliados revelou que as patologias mais recorrentes em galpões industriais pré-moldados de Santa Catarina incluem manchas de umidade, fissuras, corrosão de armaduras, recalques diferenciais e deslocamentos de concreto.

As manchas de umidade destacaram-se como a manifestação mais incidente, associadas principalmente a falhas de vedação, infiltrações e sistemas de drenagem ineficientes, que, quando não corrigidos, favorecem processos de deterioração como eflorescência e corrosão.

As fissuras apresentaram tipologias estruturais e não estruturais, sendo observadas em elementos como consolos e painéis, e frequentemente relacionadas a recalques diferenciais, retração do concreto e sobrecargas.

A corrosão de armaduras foi identificada como consequência direta de infiltrações e da carbonatação, comprometendo a resistência e integridade da estrutura.

Os recalques diferenciais, embora menos frequentes, mostraram potencial significativo para gerar deformações e instabilidades, sendo associados à ausência ou insuficiência de sondagens geotécnicas.

Já o deslocamento por transporte e montagem esteve ligado a falhas no manuseio e na logística das peças pré-moldadas.

Os dados consolidados indicam que as principais causas dessas

manifestações envolvem deficiências construtivas, ausência de manutenção preventiva e utilização inadequada de materiais ou técnicas. A correlação entre as patologias e as metodologias construtivas reforça a importância de diagnósticos técnicos precisos, execução conforme normas, e implantação de programas sistemáticos de inspeção e manutenção. As soluções propostas pelos estudos analisados incluem desde intervenções localizadas, como tratamentos de fissuras e recomposição de cobrimentos, até medidas de reforço estrutural e readequação de fundações, oferecendo diretrizes práticas para prolongar a vida útil e preservar o desempenho das edificações industriais.

Sendo assim, os objetivos foram alcançados com o levantamento das manifestações patológicas mais incidentes, 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.

Como sugestão, deve-se ainda se aprofundar ao tema, visto que, em nossas faculdades é nítido a falta de abordagem deste tipo de construção, e conseqüentemente o material encontrado na internet em artigos acadêmicos produzidos por acadêmicos de Engenharia Civil, escasso, o que dificulta um pouco a compreensão e o auxílio de quem busca trabalhar com este tema.

OVERVIEW OF STRUCTURAL PATHOLOGIES OF INDUSTRIAL WAREHOUSES IN SANTA CATARINA: SYSTEMATIC STUDY OF ACADEMIC PRODUCTIONS

ABSTRACT

Industrial warehouses, essential elements for logistics and production in Santa Catarina, can present structural pathologies that compromise the stability, durability, and safety of buildings. This study aims to analyze, through a systematic review of the academic literature, the main structural pathologies identified in industrial warehouse foundations in the state, seeking to understand their causes, consequences, and preventive methods. Scientific literature addressing construction flaws, design, execution, and maintenance deficiencies, as well as geotechnical and environmental factors that influence the emergence of these pathologies, was evaluated. The results indicate that problems such as differential settlements, cracks, and instability are often associated with the lack of adequate geotechnical studies, the use of low-quality materials, and the absence of preventive maintenance. The research highlights the importance of preventive construction and management practices to extend the lifespan of foundations and reduce the costs of corrective interventions, contributing to the advancement of technical knowledge on this topic in the Santa Catarina context.

Keywords: Foundation Pathology. Foundation Settlement. Foundation. Piles. Structures.

REFERÊNCIAS

ACKER, A. **Estruturas pré-moldadas: conceitos e aplicações**. São Paulo: PINI, 2002.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122:2022 – Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2017.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de fundação**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2019.

BARROS, C. **Apostila de fundações**. Pelotas: Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

BAUER, Alberto. **Fundações: teoria e prática**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, diagnóstico e intervenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BORGES, A. **Patologia das estruturas de madeira**. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

CAMPANTE, E.; BASTOS, P. **Impermeabilização: projeto, execução e manutenção**. São Paulo: PINI, 2001.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

CAPUTO, Homero Pinto. **Solos colapsíveis e expansivos: comportamento e soluções de engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CINTRA, João C. A.; AOKI, Sérgio; ALBIERO, J. R. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

DAL MOLIN, Denis Cará; VITTORINO, Fábio. **Patologia das construções: identificação, prevenção e terapias**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

DE MELLO, Francisco R. **Considerações sobre fundações em solos tropicais**. São Paulo: IPT, 1975.

FRANCO, Vanessa; NIEDERMEYER, Francieli. **Manifestações patológicas geradas por recalque de fundações**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 2017. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recalque-de-fundacoes>. Acesso em: 04 maio 2025.

FERNANDES, José Roberto. **Fundações e obras de terra: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

GONZALES, R.; OLIVEIRA, M.; AMARANTE, R. **Patologias nas construções: causas, manifestações e soluções**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 7, n. 12, p. 92–110, 2020.

HACHICH, W.; FRANZIN, S.; MASULLO, R. L. **Fundações diretas e profundas**. In: **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998.

HELENE, Paulo. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo: EPUSP, 1993.

HELENE, Paulo. **Patologia das construções: identificação, diagnóstico e prevenção**. São Paulo: PINI, 2003.

HELENE, Paulo; FERREIRA, William Rosário. **Patologia das estruturas: causas, mecanismos, controle e prevenção**. São Paulo: IBRACON, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Santa Catarina: panorama. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/panorama>. Acesso em: 12 ago. 2025.

KOERICH, Francine. **[Título do TCC revisado – verificar capa do trabalho no repositório]**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/261676/TCC_Francine_Koerich- Revisado.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 24 ago. 2025.

KRAUS, Karl. Photogrammetry: **geometry from images and laser scans**. 2. ed. Berlin: Walter de Gruyter, 2004.

LEIXO, J. G.; ELOY, R.; JUNIOR, A. V. S. **Patologia das construções: uma especialidade da engenharia civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 2, n. 5, p. 45-60, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342064783_Patologia_das_Construcoes_-_Uma_especialidade_da_Engenharia_Civil. Acesso em: 9 ago. 2025.

MEDEIROS, Marcílio Alves de; HELENE, Paulo. **Patologia das construções: identificação, diagnóstico e prevenção**. São Paulo: PINI, 2007.

MEDEIROS, S. S.; BITTENCOURT, T. N. **Produção e montagem de estruturas pré-moldadas: práticas e cuidados**. Revista Concreto & Construções, v. 81, p. 45-52, 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MILANI, C. J.; BOESING, R.; PHILIPPSSEN, 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, José; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Fundações: ensaios e projeto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MORAES, A. B. G. M.; TORRES JUNIOR, R. G.; FURTADO, A. S. **Fatores críticos da gestão do processo de projetos na engenharia simultânea: um estudo de caso em obra de infraestrutura urbana**. In: VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. IBMEC, 2012.

NAZÁRIO, A.; ZANCAN, A. **Patologia das construções: causas, manifestações e prevenção**. Florianópolis: UFSC, 2011.

NIELSEN, Fernanda Aparecida; OLIVO, Rubia Aparecida; MORILHAS, Leopoldo. **Metodologia científica: teoria e prática**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2017.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Solos tropicais e o projeto de pavimentação**. São Paulo: Editora Villibor, 1995.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, G. C. M. **Análise de manifestações patológicas em edificações residenciais: um estudo de caso**. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

PAULANI, E. **Concreto pré-moldado: tecnologia e execução**. São Paulo: PINI, 2008.

PINTO, R. S. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. São Paulo: PINI, 1998.

POWERS, M. C.; PIERSON, L. A. **Foundation engineering handbook**. New York: Springer, 2013.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

RIPPER, Tomás Januário; MENEZES, Carlos Alberto de Souza. **Patologia das fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

SABBATINI, Francisco H. **Fundações: ensaios e projetos**. São Paulo: PINI, 1986.

SABBATINI, Francisco H. **Processos construtivos: análise e racionalização**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.

SCHEIBE, Lino. **Geologia do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1986.

SCHNAID, Fernando. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SILVA, Décio de Souza. **Patologia das construções**. São Paulo: PINI, 2006.

SILVA, Décio de Souza; AOKI, Sérgio. **Fundações: teoria e prática**. 12. ed. São Paulo: PINI, 2019.

SILVA, Marina. **Controle de recalque para monitoramento estrutural em edificações**. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/monitoramento-estrutural-em-edificacoes/>. Acesso em: 05 Junho de 2025.

SILVA, Roberto Alves da; RANGEL, Eliane de Fátima. **Manual de patologias em edificações: causas, manifestações e controle tecnológico**. São Paulo: PINI, 2010.

SIPRIANO, J. A. P. **Fundações: teoria e prática para engenheiros e arquitetos**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2007.

SOUZA, Chrystian de; NUNES, Esther; OLIVEIRA, Hugo Medeiros de. **Análise diagnóstica da patologia de recalque diferencial**. Cataguases: Rede de Ensino Doctum, 2021.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2009.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

TEIXEIRA, Sidney de Almeida; MACEDO, João Rufino de. **Reconhecimento do subsolo para fundações**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2012.

TOMLINSON, M. J.; BOOGAARD, F. C. **Fundações**. 7. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

VARGAS, Manoel Henrique. **Introdução à mecânica dos solos**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 1980.

VELLASCO, P. C. G. S.; LOPES, F. R. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: PINI, 2008.

VELLOSO, Delson Eulálio; LOPES, Francisco Silva. **Fundações: teoria e prática**. 13. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.