



## III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

### **PATOLOGIAS EM CONCRETO PROTENDIDO EM LAJES DE MULTIPAVIMENTOS**

Ana Julia Morais Oliveira  
Luis Henrique Ribeiro da Rosa

#### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo identificar as patologias que por ventura possam ocorrer no concreto protendido em lajes de multipavimentos, a fim de encontrar soluções para evitar tais problemas. Este estudo emprega uma análise abrangente da literatura, adotando uma abordagem descritiva e qualitativa. Essa metodologia visa fornecer uma compreensão detalhada do panorama atual de conhecimento sobre o tema em questão. Ao longo dos anos, a tecnologia desenvolvida para a construção civil foi se modernizando, proporcionando diversos benefícios aos consumidores. Nesse sentido, as estruturas de concreto protendido destacam-se como uma melhoria em relação ao concreto armado. Nos elementos protendidos, a protensão é empregada para aprimorar sua resistência e desempenho estrutural. Desta forma, a utilização desta tecnologia requer mão de obra especializada, pois o uso incorreto pode levar a manifestações patológicas, que são indícios de que os elementos protendidos foram alteração adversas.

**Palavras-chave:** Patologias. Concreto protendido. Metodologia.

### **PATHOLOGIES IN PRETENDED CONCRETE IN MULTI-FLOOR SLABS**

#### **ABSTRACT**

This work aims to identify potential pathologies that may occur in prestressed concrete in multi-storey slabs, in order to find solutions to prevent such problems. This study employs a comprehensive literature review, adopting a descriptive and qualitative approach. This methodology aims to provide a detailed understanding of the current state of knowledge on the subject. Over the years, technology developed for the construction industry has been modernizing, providing various benefits to consumers. In this sense, prestressed concrete structures stand out as an improvement over reinforced concrete. In prestressed elements, prestressing is employed to enhance their strength and structural performance. Therefore, the use of this technology requires specialized labor, as incorrect usage can lead to pathological manifestations, which are indicators that the prestressed elements have undergone adverse alterations.

**Keywords:** Pathologies. Prestressed Concrete. Methodology.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

## 1. INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil é uma das atividades mais antigas conhecidas, realizada manualmente desde os primórdios da humanidade, produzindo diversos tipos de resíduos de subprodutos, como tijolos, concreto, argamassa, terra, pedras, metais, resinas, colas, tintas, madeira, compensados, forros, gesso, telhas, pavimentação asfáltica, vidros, plásticos, tubos, fios, blocos cerâmicos, blocos de concreto e blocos de cimento (Costa, 2021).

A evolução da construção civil é um fato que acompanha o ser humano. Com a sedentarização, surgiu a necessidade de construir habitats, o que deu início à análise, planejamento, busca por materiais resistentes e implementação de estratégias de habitação segura para a arquitetura civil, melhorando continuamente ao longo do tempo (Daitx, 2017).

A Engenharia Civil está sempre adaptando e realinhando seus processos para atender às necessidades dos clientes, que buscam soluções rápidas para seus projetos, impulsionados pelo avanço tecnológico e acesso ágil à informação. Essas mudanças impactam os projetos, exigindo inovação e atendimento às expectativas dos clientes de forma qualitativa e eficiente (Gomes; Almeida, 2021).

No contexto dos projetos de Engenharia Civil, Vargas (1998) define projeto como um processo não repetitivo, com uma sequência lógica de eventos que possui começo, meio e fim. Consiste em desenhos e documentos formais em forma escrita, divididos em documentos gráficos contendo plantas arquitetônicas, estruturais, hidráulicas e elétricas, além de documentos escritos, como orçamentos, memoriais, especificações técnicas, cronogramas e contratos (França, 2022).

Complementando Vargas (1998), Silveira (2022) destaca que o desenvolvimento de um projeto de construção civil envolve múltiplos profissionais de áreas diversas, como engenheiros estruturais, mecânicos e elétricos, prestadores de serviços, fornecedores de materiais, gestores e clientes. Por exemplo, edifícios multipavimentos apresentam características como o uso de elementos pré-fabricados, construídos com componentes de menor peso e tamanho. O âmbito de aplicação inclui edifícios industriais, comerciais, garagens, escritórios, escolas, hospitais, entre outros.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Com base no exposto, as lajes protendidas, também conhecidas como lajes com armadura ativa, utilizam concreto protendido projetado para aumentar a resistência. Assim, são indicadas para grandes espaços e vãos, garantindo que as barras de aço suportem a carga e apresentem resistência eficaz (Melo, 2022).

De acordo com França (2022), a Engenharia Civil expandiu-se nas últimas décadas, tornando necessário buscar tecnologias para abastecer a indústria. O crescimento acelerado demanda novas soluções, e o concreto protendido surge como alternativa ao concreto armado tradicional, oferecendo vantagens como melhor controle de fissuras e deslocamentos laterais em lajes.

A análise antecipada dos projetos permite um planejamento adequado, evitando transtornos e ajustes desnecessários durante a obra, o que poderia gerar patologias no concreto. Com base nisso, surgiu a problemática: como o bom uso do conhecimento em Engenharia Civil pode contribuir para evitar patologias no concreto protendido em lajes de multipavimentos?

É fundamental que, além de um projeto bem planejado e eficaz, haja manutenção nas estruturas de concreto protendido, garantindo segurança e prevenindo patologias. Investigar essas ações é essencial para validar os serviços prestados, resolver problemas estruturais e utilizar tecnologias como sensores de detecção de tensões e deformações, além de simulações estruturais, que facilitam a prevenção de patologias.

Este trabalho tem como objetivo identificar como e por que ocorrem as patologias, além de quais tipos são comuns em concreto protendido em lajes de multipavimentos, buscando soluções para evitá-las. O método de pesquisa é amplo, baseado em evidências, combinando dados de literatura empírica e teórica, incluindo estudos experimentais e não experimentais. Seu principal objetivo é integrar a pesquisa científica à prática profissional (Mendes, Silveira, Galvão, 2008).

O presente trabalho está estruturado em seções distintas. Inicialmente, serão caracterizados projetos na construção civil; em seguida, será feita uma descrição detalhada das patologias em concreto protendido em lajes de múltiplos pavimentos. Posteriormente, serão apresentados os resultados e discussões, seguidos das conclusões finais do estudo.



## III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

### 2. DESENVOLVIMENTO

#### 2.1 PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção envolve uma variedade de atividades que exigem etapas como planejamento, desenvolvimento de projetos e locação de equipamentos, sendo todas fundamentais para o cumprimento de prazos, custos e qualidade pré-determinados na construção civil (Guimarães; Qualharini, 2019). De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 2012), um projeto é a descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de engenharia ou construção, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais.

Segundo Farmer (2016), o termo “projeto” possui diferentes definições, dependendo do contexto em que está inserido ou da situação que representa. De fato, tudo ao nosso redor (eletrodomésticos, máquinas, edifícios, móveis, etc.) que não faz parte da natureza foi projetado por alguém. Entre os muitos conceitos de projeto existentes, a maioria está relacionada ao design como processo ou prática de criação. Uma das ideias centrais expressas em determinados conceitos é que o projeto constitui uma prévia abstrata do produto que se espera realizar.

De acordo com o Project Management Institute (2008), um projeto é “um esforço temporário destinado a criar um produto ou serviço único”, o que resume as principais características de um projeto. Assim, os projetos não são empreendimentos contínuos, mas envolvem a criação de algo novo. No que diz respeito aos edifícios de multipavimentos, estes apresentam características interessantes para o uso de elementos pré-fabricados, uma vez que utilizam peças de maior peso e tamanho em sua construção.

É importante ressaltar que o projeto tem uma finalidade específica e decorre de um ambiente social e produtivo específico, que deve respeitar uma série de prescrições e limitações de acordo com as necessidades, capacidades de produção, legislação vigente e o nível mais recente do conhecimento humano. Portanto, o projeto de construção também é um sub-processo industrial sujeito a um ambiente de produção específico (Soares, 2022).



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

A concepção de projetos é essencial para a engenharia de construção civil, pois é um ato criativo e intuitivo. Os projetos precisam seguir um caminho que envolva delineamento, implementação e a busca por métodos eficazes para o sucesso da obra. Para Carvalho (2018), a articulação do projeto proporciona um mapeamento das possibilidades de execução da obra, permitindo a identificação de possíveis falhas e patologias.

Nesse contexto, as manifestações patológicas que as estruturas de concreto protendido podem apresentar são diversas, sendo a ocorrência de fissuras a mais comum. Muitos estudos têm sido realizados sobre a fissuração do concreto protendido em diferentes períodos e por diversos motivos. Além disso, conforme mencionado por autores anteriores, estruturas de aço fissurado ou de concreto protendido facilitam a entrada de agentes corrosivos no aço e, mais gravemente, no caso do aço protendido, são mais suscetíveis à fissuração por corrosão sob tensão (Farmer, 2016).

Segundo Caporrino (2018), a patologia das edificações é a ciência que estuda suas origens, as formas de manifestação, aspectos, possíveis soluções e maneiras de evitar que qualquer componente da edificação deixe de atender aos requisitos para os quais foi projetado. Esses requisitos incluem segurança estrutural, estanqueidade à água, conforto térmico e acústico, e durabilidade.

Entender tais fatores é essencial para determinar as medidas adequadas diante de uma estrutura que apresenta alguma manifestação patológica, possibilitando um diagnóstico correto da anomalia e, assim, permitindo uma ação eficiente (Tutikian e Pacheco, 2013).

Sena (2020) afirma que as manifestações patológicas são as degradações identificadas na edificação, que podem ser geradas durante a execução da obra, seja por métodos construtivos inadequados, uso de materiais de má qualidade, ou falhas na elaboração do projeto, além de poderem ser adquiridas ao longo do tempo devido ao uso da edificação.

## 2.2 CONCRETO PROTENDIDO

A NBR 6118 (ABNT, 2003) define o concreto simples como aquele sem qualquer tipo de armadura de aço ou com teor de aço inferior ao mínimo exigido para o concreto armado,



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

enquanto o concreto armado é aquele com teor de aço igual ou superior ao mínimo exigido pela norma, não sendo aplicáveis alongamentos iniciais.

Na elaboração do projeto, a geometria, os materiais e as tensões externas devem ser considerados na determinação das dimensões do concreto armado a ser utilizado, para garantir o escoamento durante a execução do projeto. Técnicas como métodos de ação e resistência e estados limites são adotadas para um melhor aproveitamento do concreto e do aço (Yudonago, 2021). Pinheiro (2018) destaca algumas técnicas de reforço em estruturas de concreto armado, tais como: incorporação de barras de aço, aumento de seção por revestimento de peças (encapsulamento), adição de chapas, perfis metálicos ou fibras poliméricas.

Adicionalmente, de acordo com a NBR 6118/2014, o concreto protendido pode ser definido como o concreto no qual partes das barras de aço foram pré-estendidas por meio de equipamentos especiais de pretensão, com o objetivo de evitar ou limitar fissuras e deslocamentos da estrutura sob condições de uso, fornecendo resistência no estado limite último (ELU), onde o aço de alta resistência é melhor aproveitado (França, 2022).

Esse pré-tensionamento consiste basicamente no estiramento de barras de aço ativas, criando compressão em elementos estruturais como vigas protendidas, reduzindo ou eliminando a tensão no concreto. Isso aumenta a resistência do componente, pois força o concreto a resistir ao movimento, permitindo que ele tenha um desempenho ideal (Rodrigues; Ferreira Júnior, 2021). Os autores também observam que a engenharia civil se expandiu nas últimas décadas, tornando-se necessário buscar tecnologias para abastecer o setor. O crescimento acelerado da construção civil demanda a adoção de novas tecnologias, sendo o concreto protendido uma opção atraente para a área.

As estruturas protendidas surgiram como alternativa ao concreto armado convencional, oferecendo vantagens como melhor controle de fissuras e deslocamentos laterais das lajes. Melo (2022) enfatiza que o concreto protendido é um concreto armado com cargas adicionais aplicadas através de cabos protendidos. Assim como o concreto armado, o concreto protendido pode ser feito no local ou ser pré-moldado. Contudo, devido à estrutura complexa, que exige equipamentos e mão de obra especializada, tais materiais são geralmente pré-fabricados.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Um dos benefícios do concreto protendido é a redução das dimensões transversais dos membros estruturais, o que reduz o peso dos elementos e de toda a estrutura, permitindo vãos longos e diminuindo os custos de fundação, além de minimizar o uso de materiais. No caso do concreto protendido, o aço utilizado é de alta resistência, o que não é viável no concreto armado, pois este requer a abertura de fissuras para tal. No entanto, elementos estruturais de concreto protendido podem suportar cargas maiores sem o desenvolvimento de patologias, que são definidas como anomalias ou problemas resultantes da má execução da obra, seja no projeto, na execução ou no mau funcionamento dos produtos utilizados (França, 2022).

Ainda segundo França (2022), a solução mais viável para evitar patologias em concreto protendido em lajes de multipavimentos é a impermeabilização, um sistema responsável por vedar, colmatar ou selar materiais porosos e seus defeitos, sejam eles causados por momentos estruturais ou falhas técnicas na preparação e execução.

Como a maioria dos elementos de concreto protendido no Brasil é pré-moldada, há um melhor controle de qualidade e menor geração de resíduos. Este material também tem uma vida útil mais longa, pois as fissuras são melhor controladas. A desvantagem do uso desse tipo de concreto é que o sistema é mais complexo, exigindo projetos e cálculos mais elaborados, além de mão de obra e equipamentos especializados. O concreto protendido é utilizado em projetos maiores e mais complexos, como edifícios de multipavimentos, edifícios industriais, comerciais, edifícios-garagem, escritórios, escolas e hospitais (Melo, 2022).

#### **2.3 LAJES PROTENDIDAS DE MULTIPAVIMENTOS**

As lajes são elementos planos bidimensionais, em que o comprimento e a largura são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a espessura. Também são conhecidas como elementos de superfície ou placas. As lajes podem ser de concreto armado ou protendido, madeira ou aço. Elas fazem a interface entre os pisos de uma edificação e podem suportar contrapisos ou servir como tetos. Geralmente, são sustentadas por vigas, que, por sua vez, são sustentadas por pilares, proporcionando uma distribuição adequada das cargas da edificação (Silveira, 2021).



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

As lajes protendidas, também conhecidas como lajes com armadura ativa, utilizam concreto protendido projetado para aumentar a resistência. Dessa forma, podem ser empregadas em grandes espaços e vãos, garantindo que as barras de aço suportem a carga e apresentem excelente resistência (Doermann et al., 2020).

As técnicas de construção de lajes protendidas são projetadas para aumentar a resistência do concreto, possibilitando obter uma placa com armadura ativa capaz de suportar maiores tensões e, conseqüentemente, aumentar significativamente sua resistência. Esse tipo de laje é frequentemente recomendado para estacionamentos, hospitais, shoppings e locais com grande área útil, ou seja, as lajes protendidas são utilizadas em construções de multipavimentos (Silveira, 2021).

A protensão é um termo derivado de "protender", que significa alongar ou estender. Por isso, a laje protendida leva esse nome, já que, na construção civil, são aplicadas forças instantâneas que esticam o aço, aumentando a resistência da estrutura. Dessa forma, é possível construir uma laje grande que não desenvolva fissuras com o tempo, pois as técnicas empregadas aumentam a resistência de toda a estrutura (Bertram et al., 2019).

É importante destacar que um painel protendido é uma estrutura com características muito específicas, tais como: uso de concreto e aço em armaduras ativa e passiva, estrutura que pode ser pré-moldada ou receber tração in situ; com o aço sendo aplicado antes ou depois do concreto ser derramado na laje. A protensão aumenta a resistência do concreto, garantindo maior capacidade de suportar as cargas da edificação. Em média, uma laje protendida pode alcançar vãos de até 13 metros (Silveira, 2021).

Outro aspecto interessante dessa tecnologia é que, apesar de serem lajes utilizadas em projetos de grandes vãos, não há necessidade de se aumentar a espessura das lajes. Elas podem ter uma espessura menor, utilizando menos concreto e reduzindo assim o peso próprio. Dessa forma, os painéis protendidos atendem a uma variedade de necessidades, sendo viáveis para eliminar deformações, aproveitar melhor a altura, alcançar maiores vãos ou reduzir o peso próprio (Bertram et al., 2019).



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

## 2.4 PATOLOGIAS

De acordo com Santos (2014), estudos especializados na área da construção civil apontam uma série de manifestações patológicas decorrentes de fatores internos, externos e vícios de construção, além da falta de preparo por parte dos profissionais que executam as obras. Essa falta de preparo pode ocasionar patologias, assim como o uso de materiais inadequados, resultando no surgimento de irregularidades nas edificações. A seguir, exploraremos em detalhes algumas das patologias mais comuns associadas ao concreto protendido, incluindo suas causas, consequências e as melhores práticas para prevenção e remediação.

### 2.4.1 Fissura por Retração Plástica

De acordo com a Norma DNIT 061 (2004), a fissuração por retração plástica é uma patologia superficial, com profundidade inferior a 0,5 mm, que ocorre durante o processo de cura do concreto, especialmente quando ele ainda está fresco. Esse fenômeno é causado pela rápida evaporação da água da superfície do concreto antes que ele alcance a rigidez necessária. A perda de água provoca uma contração que, se não for controlada, resulta em fissuras superficiais. Essas fissuras podem comprometer a resistência do material, tornando-o mais suscetível a outros tipos de danos e diminuindo a durabilidade da estrutura.

A evaporação rápida pode ser influenciada por vários fatores, incluindo altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, ventos fortes e a exposição direta à luz solar. Essas condições podem acelerar a perda de umidade na superfície do concreto. As fissuras resultantes da retração plástica não apenas afetam a estética da estrutura, mas também podem permitir a infiltração de água e agentes corrosivos, o que pode levar a problemas secundários, como a corrosão das armaduras (DNIT 061/2004).

Para mitigar esse problema, recomenda-se a utilização de curing compounds, produtos aplicados na superfície do concreto para ajudar a reter a umidade. Além disso, é importante planejar a concretagem em horários em que a temperatura seja mais amena, evitando as horas



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

mais quentes do dia. Coberturas úmidas e a proteção da superfície com plásticos também são práticas recomendadas para manter a umidade e evitar fissuras.

**Figura 1** – Fissura por Retração Plástica



**Fonte:** DNIT (2004)

#### 2.4.2 Fissura por Retração Térmica

A fissura por retração térmica é um fenômeno que ocorre em resposta a variações de temperatura, resultando na expansão e contração do concreto. Quando o concreto é exposto a calor intenso e, em seguida, resfriado rapidamente, as tensões internas geradas podem levar à formação de fissuras. Esse tipo de fissuração é especialmente preocupante em regiões onde as variações térmicas são acentuadas, como em climas desérticos ou em estruturas expostas ao sol durante o dia e à sombra à noite (Mehta; Monteiro, 1994).

As tensões térmicas surgem devido a diferenças de temperatura entre as superfícies expostas do concreto e seu interior. A rápida variação térmica pode provocar uma contração desigual, resultando em tensões que o concreto não consegue suportar. Essas fissuras podem não apenas comprometer a estética da estrutura, mas também permitir a penetração de água e



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

agentes agressivos, levando a uma degradação acelerada do concreto e das armaduras (Gomes; Ruggeri, 2013).

Para prevenir fissuras térmicas, é essencial um planejamento adequado do projeto, incluindo o uso de juntas de dilatação que permitam a movimentação do concreto sem gerar tensões excessivas. O uso de misturas de concreto que incluam aditivos que aumentem a resistência térmica e a elasticidade também pode ajudar a minimizar o risco de fissuração. Além disso, a implementação de um regime de monitoramento de temperatura durante a cura pode ser benéfica (Neville, 1997).

**Figura 2 – Fissura por Retração Térmica.**



**Fonte:** Cascudo (2014)

#### **2.4.3 Fissuras por Corrosão das Armaduras**

As fissuras por corrosão das armaduras são uma das patologias mais críticas para a durabilidade das estruturas de concreto. Esse problema ocorre quando o aço embutido no



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

concreto é exposto a ambientes agressivos, como áreas com alta umidade, salinidade ou a presença de substâncias químicas. A corrosão do aço provoca sua expansão, resultando em fissuras ao redor e na superfície do concreto (Helene, 1986).

Fatores como a presença de água e cloretos, frequentemente encontrados em ambientes costeiros, são as principais causas da corrosão. Além disso, a qualidade do concreto, especialmente sua impermeabilidade, desempenha um papel crucial na proteção das armaduras. A corrosão reduz a quantidade de aço em boas condições, enfraquecendo a estrutura. A perda de aderência entre o aço e o concreto compromete a capacidade do material de suportar cargas e tensões, aumentando o risco de falhas estruturais (Mangat; Molloy, 1992).

Para combater a corrosão, é fundamental utilizar armaduras tratadas ou revestidas com materiais anticorrosivos. A aplicação de aditivos impermeabilizantes na mistura do concreto também pode ajudar a proteger as armaduras. Inspeções regulares para detectar sinais de corrosão e o uso de técnicas de monitoramento, como a correlação elétrica, são medidas preventivas que podem aumentar a durabilidade das estruturas (Helene, 1986).

#### 2.4.4 Deslocamento

O deslocamento é caracterizado pela soltura de fragmentos de concreto da superfície da estrutura. Esse fenômeno geralmente é causado pela corrosão das armaduras, que, ao enferrujar, se expandem e empurram o concreto circundante até que ele se desloque. Além da corrosão, impactos mecânicos ou falhas na qualidade do concreto também podem contribuir para esse problema. A deterioração do concreto, combinada com a expansão das armaduras, é a principal causa do deslocamento. Fatores como a qualidade do concreto utilizado, a má execução de juntas e a exposição a condições climáticas adversas também desempenham um papel significativo (Helene, 1986).

Helene (1986) também destaca que o deslocamento não apenas afeta a estética da estrutura, mas também pode reduzir sua resistência e segurança, apresentando riscos significativos para a integridade da edificação. Em casos severos, o deslocamento pode levar à necessidade de demolição parcial ou total da estrutura.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

De acordo com o IBRACON (2018), para prevenir o deslocamento, é importante garantir a qualidade do concreto utilizado na obra, além de implementar um controle rigoroso durante a execução. O reforço das armaduras, bem como a utilização de sistemas de proteção contra impactos mecânicos, são medidas eficazes. Inspeções regulares também ajudam a identificar sinais de deslocamento antes que se tornem problemas mais sérios.

**Figura 3 – Deslocamento.**



**Fonte:** Asope (2012)

#### **2.4.5 Furação para Fixação de Drywall**

A furação para a fixação de drywall é uma prática comum na construção civil, mas pode ser considerada uma patologia quando não é realizada com cuidado. Durante a instalação de forros de drywall, a perfuração da laje para a fixação dos elementos pode expor as armaduras e cordoalhas, criando pontos de vulnerabilidade. Essas aberturas podem atuar como portas de entrada para agentes corrosivos, aumentando o risco de corrosão das armaduras e, conseqüentemente, comprometendo a durabilidade e segurança da estrutura.

De acordo com Cauduro (2003), as perfurações podem comprometer a integridade da estrutura se não forem feitas com precisão. A falta de planejamento e a execução apressada



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

podem levar a cortes inadequados que expõem as armaduras à umidade e a agentes corrosivos. As perfurações mal realizadas podem causar fissuras adicionais e acelerar a degradação das armaduras, reduzindo a vida útil da estrutura. Em casos extremos, isso pode levar a falhas estruturais que exigem reparos significativos e caros.

Para minimizar os riscos associados à furação, é essencial que essa etapa do projeto seja cuidadosamente planejada. A utilização de técnicas de fixação que não exijam perfurações extensivas ou a aplicação de revestimentos protetores nas áreas perfuradas são alternativas a considerar. Além disso, a capacitação de profissionais para executar essas tarefas com precisão é crucial (Oliveira, 2013).

A compreensão e o monitoramento dessas patologias são fundamentais para a manutenção da integridade estrutural do concreto. A adoção de práticas adequadas de construção, aliada ao uso de materiais de qualidade e à realização de manutenções periódicas, pode minimizar a ocorrência dessas patologias e garantir a durabilidade das edificações (Mehta; Monteiro, 2014).

A NBR 6118, estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2014, desempenha um papel crucial ao fornecer diretrizes específicas para a utilização de armaduras em elementos de concreto protendido (CP). Essa norma classifica as armaduras em dois tipos principais: pré-tensionadas e pós-tensionadas, sendo que as últimas podem incluir ou não colagem posterior. Essa classificação é fundamental para a compreensão e aplicação das técnicas de protensão, que visam aumentar a resistência e a durabilidade das estruturas de concreto.

De acordo com Alves e Santos (2020), o processo de pré-tensionamento é caracterizado pela aplicação de tensões nas barras de aço antes mesmo da concretagem do elemento. Essa técnica é realizada em etapas bem definidas. No caso dos elementos pré-tensionados, apoios localizados na parte externa do elemento são utilizados para esticar as barras de aço antes que o concreto seja vertido. Essa pré-tensão é um aspecto essencial, pois cria uma força que, quando o concreto é finalmente colocado e se endurece, mantém as barras firmemente ancoradas.

Após a concretagem, as barras de aço são liberadas, permitindo que a tensão previamente aplicada seja transferida para o concreto endurecido, resultando em uma estrutura mais resistente e capaz de suportar cargas significativas. O resultado desse processo



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

é uma interação otimizada entre o aço e o concreto, onde a força do aço ajuda a compensar as tensões de compressão que o concreto naturalmente enfrenta.

O método de pré-tensionamento oferece várias vantagens, como o aumento da capacidade de carga das estruturas e a melhoria da performance do concreto em situações de estresse e carga. Essa técnica também facilita o transporte dos elementos até o canteiro de obras. Conforme ilustrado na Figura 1, os cabos são tensionados antes da concretagem, garantindo que os elementos de concreto protendido pré-tensionados mantenham suas propriedades mecânicas e possam ser manipulados com segurança durante a fase de montagem.

Além disso, a utilização de elementos pré-tensionados pode reduzir o peso total das estruturas, permitindo o uso de vãos maiores sem a necessidade de suportes intermediários, o que resulta em maior flexibilidade de design. Essa característica é especialmente valorizada em projetos arquitetônicos modernos, onde a estética e a funcionalidade coexistem.

As diretrizes da norma NBR 6118 e os processos de pré-tensionamento discutidos por Alves e Santos são essenciais não apenas para garantir a eficácia e a segurança das estruturas de concreto protendido, mas também para otimizar a logística e a execução das obras. A metodologia permite maior durabilidade dos elementos, minimizando os riscos de fissuras e outros problemas estruturais ao longo do tempo.

É importante ressaltar que a adoção das práticas descritas na norma requer um planejamento detalhado e a supervisão de profissionais qualificados. Engenheiros civis devem considerar as condições específicas do projeto e do local de construção, garantindo que todas as etapas do processo de pré-tensionamento sejam seguidas rigorosamente.

Em suma, a norma NBR 6118 e os processos de pré-tensionamento discutidos por Alves e Santos são fundamentais para a construção de estruturas de concreto protendido que atendem aos requisitos técnicos, destacando-se em termos de eficiência e durabilidade. A combinação de uma abordagem metódica no planejamento, execução e supervisão das obras assegura que as construções sejam seguras, funcionais e esteticamente agradáveis, atendendo às demandas contemporâneas do setor de construção civil. Investir na capacitação das equipes e na implementação rigorosa das diretrizes normativas é uma estratégia inteligente para alcançar edificações de alta qualidade e longevidade.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

**Figura 4** - Pistas de protensão em fábrica para produção de pré-fabricados protendidos



**Fonte:** Cauduro (2002)

Linck (2013) destaca que a utilização de concreto protendido pode resultar em uma significativa redução no número de vigas, pilares e cabeceiras em comparação aos sistemas tradicionais de concreto armado. Essa característica torna o concreto protendido uma opção atrativa em diversos projetos de engenharia, especialmente quando se busca otimizar a eficiência estrutural. Embora os painéis de concreto protendido, conforme ilustrado na Figura 5, sejam raramente aplicados na construção residencial, eles oferecem uma série de vantagens notáveis. Entre essas vantagens, podemos mencionar a capacidade de cobrir grandes vãos sem a necessidade de suportes intermediários, além da possibilidade de projetar lajes mais finas em comparação às de concreto armado.

Entretanto, como apontam Alves e Santos (2020), a adoção do concreto protendido não é isenta de desafios. Existem algumas barreiras que precisam ser consideradas antes da implementação dessa tecnologia. Um dos principais problemas é o impacto da corrosão nas armaduras ativas de aço. Essa corrosão pode comprometer a segurança estrutural, levando à degradação das propriedades mecânicas e, em última instância, colocando em risco a integridade da obra. Além disso, a execução de projetos em concreto protendido pode ser mais suscetível a danos durante a construção, exigindo atenção redobrada por parte dos profissionais envolvidos.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Outro aspecto importante a ser considerado é a complexidade dos projetos que utilizam concreto protendido. Esses projetos requerem um nível de detalhamento superior, demandando uma abordagem meticulosa durante a fase de planejamento. Para garantir o sucesso da execução, é fundamental um controle de qualidade rigoroso, que envolva a utilização de equipamentos especiais e a contratação de mão de obra especializada. Esses fatores podem aumentar os custos e o tempo necessário para a conclusão da obra, o que deve ser avaliado em comparação aos benefícios que o concreto protendido pode oferecer.

Portanto, embora o concreto protendido apresente uma série de vantagens que podem contribuir para a eficiência e a estética das construções, sua adoção deve ser cuidadosamente planejada e executada, considerando as particularidades de cada projeto e as exigências técnicas envolvidas. Essa análise abrangente é essencial para garantir que os benefícios do concreto protendido sejam plenamente aproveitados, minimizando ao mesmo tempo os riscos associados à sua utilização.

**Figura 5** - Armadura de protensão em uma laje a ser concretada



**Fonte:** Cauduro (2002)



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Bertram et al. (2019) destacam uma série de aspectos relevantes da tecnologia do concreto protendido que devem ser cuidadosamente considerados ao analisar possíveis alternativas para projetos de construção. Uma das principais vantagens dessa tecnologia é a capacidade de controlar fissuras de maneira mais eficaz ou até mesmo eliminá-las completamente. Isso se deve ao uso de aço de alta resistência, que pode ser incorporado ao projeto sem causar fissuras inaceitáveis. Além disso, a possibilidade de utilizar concreto de maior resistência contribui para a redução do peso da estrutura, o que é um fator crucial em projetos que exigem otimização de materiais e eficiência.

Além das melhorias na resistência e controle de fissuras, a adoção do concreto protendido permite o desenvolvimento de novas técnicas construtivas. A protensão pode ser um fator determinante não apenas no peso próprio dos elementos pré-formados, mas também na colaboração entre os diferentes componentes da estrutura. Isso é conseguido através de um melhor aproveitamento das seções transversais do concreto não fissurado, o que, por sua vez, melhora o comportamento da estrutura sob deformação. Arruda (2018) enfatiza que esse controle aprimorado é essencial para garantir a integridade e a funcionalidade das edificações.

As estruturas de concreto são projetadas com o objetivo de serem duráveis, devendo resistir a diversos fatores, como condições ambientais adversas, ataques químicos e cargas impostas. Nesse contexto, Carvalho e Filho (2016) afirmam que a durabilidade deve ser entendida como um conjunto de medidas inter-relacionadas, e não como um fator isolado. Para garantir que uma edificação mantenha sua segurança, estabilidade e desempenho adequado ao longo do tempo, é fundamental seguir rigorosamente essas diretrizes de durabilidade.

Contudo, apesar dos avanços na tecnologia dos materiais, Arruda (2018) observa que não é incomum a ocorrência de danos e patologias nas estruturas de concreto. Essas falhas podem ser atribuídas a problemas relacionados à composição dos materiais ou ao uso inadequado destes durante a construção. O autor ressalta que muitas dessas falhas decorrem do uso de materiais fora das especificações do código, resultando em estruturas que não conseguem resistir adequadamente aos efeitos ambientais ou que apresentam desempenho inferior ao esperado, afetando diretamente sua durabilidade.

Segundo Soares (2022), as manifestações patológicas nas estruturas de concreto podem ser divididas em várias categorias. Uma das mais comuns é a indicação de intrusão de



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

água, que geralmente resulta da falta ou falha nas medidas de impermeabilização. A corrosão das armaduras é uma das manifestações patológicas mais frequentes e pode ser desencadeada por diversos fatores, incluindo a deterioração dos sistemas de proteção contra a umidade. Essa corrosão não só compromete a estética da estrutura, mas também afeta sua integridade e segurança, evidenciando a importância de um projeto bem elaborado e da execução cuidadosa das obras.

Assim, a análise aprofundada das tecnologias de concreto protendido, aliada ao conhecimento das patologias associadas, é essencial para garantir a durabilidade e a segurança das construções contemporâneas.

**Figura 6:** Corrosão das armaduras em multipavimentos



**Fonte:** Cauduro (2002)

De acordo com Souza (2014), as manifestações patológicas que surgem durante o processo construtivo de estruturas de concreto podem ter consequências significativas, especialmente no que diz respeito à impermeabilização. Entre essas manifestações, as fissuras



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

se destacam como um dos problemas mais relevantes a serem considerados. Elas não apenas afetam a estética das edificações, mas também podem estar associadas a questões críticas relacionadas ao revestimento, à integridade estrutural e à estanqueidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Manifestações Originárias do Processo Construtivo

O processo construtivo é complexo e envolve uma série de etapas que, se não forem executadas corretamente, podem levar a falhas. As fissuras podem se originar de diversos fatores durante a construção, como a aplicação inadequada de materiais, a falta de controle nas condições ambientais, ou até mesmo falhas no projeto. Por exemplo, se a mistura de concreto não for devidamente proporcionada ou se a cura não for realizada de forma adequada, a estrutura pode sofrer fissuras por retração. Essas fissuras, embora possam ser inicialmente superficiais, têm o potencial de evoluir para problemas mais graves se não forem tratadas (Souza, 2014).

### 3.2 Fissuras e Problemas de Revestimento

Um dos aspectos mais críticos das fissuras é a sua relação com o revestimento das estruturas. Quando o concreto apresenta fissuras, mesmo que pequenas, essas aberturas podem comprometer a eficácia do sistema de impermeabilização. O revestimento, que tem a função de proteger o concreto e evitar a penetração de água, pode se tornar ineficaz se houver fissuras que permitam a infiltração. A água que entra por essas fissuras pode causar deterioração dos materiais, resultar em corrosão das armaduras de aço e, eventualmente, comprometer a durabilidade da estrutura (Cascardo, 2014).



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Além disso, fissuras em áreas expostas podem levar à formação de manchas e mofo, afetando a saúde dos ocupantes e a qualidade do ambiente interno. A identificação e correção de fissuras devem, portanto, ser uma prioridade na manutenção de edifícios, garantindo que o revestimento permaneça funcional e eficaz.

#### **3.3 Indicativos de Problemas Estruturais**

Cascudo (2014) ressalta que as fissuras também podem ser um sinal de problemas estruturais subjacentes. Quando aparecem fissuras significativas ou em locais não esperados, isso pode indicar que a estrutura não está suportando as cargas para as quais foi projetada. Por exemplo, fissuras em lajes ou pilares podem sugerir sobrecargas ou deficiências no projeto estrutural. Esse tipo de manifestação patológica não pode ser ignorado, pois, se não abordado, pode levar a falhas estruturais graves, colocando em risco a segurança dos usuários e a integridade da edificação. É crucial que engenheiros e profissionais da construção realizem inspeções regulares para identificar fissuras em estágios iniciais. Uma abordagem proativa pode prevenir a progressão de danos e garantir a segurança estrutural ao longo do tempo.

#### **3.4 Problemas de Estanqueidade**

Além dos aspectos relacionados ao revestimento e à estrutura, as fissuras também podem indicar problemas de estanqueidade. A estanqueidade é fundamental para a preservação das características do concreto e para evitar a entrada de água que pode resultar em danos. De acordo com Cascudo (2014), fissuras que permitem a passagem de água não controlada podem levar a uma série de problemas, incluindo a formação de mofo e o comprometimento das propriedades mecânicas do concreto. Isso pode resultar em um ciclo vicioso, onde a entrada de água agrava as fissuras, levando a mais infiltração e, conseqüentemente, a um maior dano à estrutura.

Em suma, as fissuras nas estruturas de concreto são manifestações patológicas que podem ter origens diversas no processo construtivo e que possuem implicações significativas



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

para a impermeabilização, a segurança estrutural e a estanqueidade. A identificação precoce dessas fissuras e a implementação de medidas corretivas são essenciais para garantir a durabilidade e a segurança das edificações (Polisseni, 1993). Profissionais da área devem estar sempre atentos a esses sinais, promovendo práticas construtivas adequadas e manutenção regular para assegurar que as estruturas permaneçam seguras e funcionais ao longo do tempo.

**Figura 7:** Trincas e fissuras em estruturas de concreto em multipavimentos



**Fonte:** Cauduro (2002)

O resultado deste estudo revela que a água é uma das principais causas de lesões em edificações, destacando a importância da impermeabilização como um elemento crucial para a manutenção da integridade estrutural. A função da impermeabilização é clara: garantir que as manifestações de lesões provocadas pela água não ocorram. No entanto, é importante salientar que a origem das patologias não está apenas no projeto em si, mas sim na escolha correta dos materiais e na dedicação da mão de obra envolvida (Gomes; Almeida, 2021).



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

#### 3.5 A Importância do Projeto para a Impermeabilização

Para que uma impermeabilização seja eficaz, é fundamental que o projeto seja bem planejado desde o início. Esse planejamento deve incluir não apenas o sistema de impermeabilização a ser utilizado, mas também os materiais e as técnicas de aplicação adequadas. O tipo de sistema de impermeabilização a ser definido depende de vários fatores, e um dos primeiros passos no desenvolvimento do projeto é o estudo do terreno onde o edifício será construído (Farmer, 2016). A análise do solo e das condições ambientais é essencial para garantir que a solução de impermeabilização escolhida seja a mais adequada para a situação específica, contribuindo para a durabilidade da edificação.

Para proteger a estrutura de concreto e evitar a ação de microrganismos que possam ser favorecidos pela presença de água, é necessário implementar uma série de medidas preventivas. Isso inclui o isolamento dos detritos da água, a drenagem eficiente, a manutenção regular das superfícies e o aparo da vegetação próxima, que pode reter umidade e prejudicar a impermeabilização. A manutenção adequada de edifícios, especialmente aqueles com múltiplos pavimentos, é crucial para prevenir patologias. Limpezas regulares, reparos de danos e a substituição de materiais desgastados são práticas que devem ser incorporadas na rotina de gestão de qualquer edificação. Além disso, o uso adequado das instalações também desempenha um papel importante na prevenção de problemas (França, 2016).

As manifestações patológicas nas edificações não decorrem apenas da ausência de impermeabilização, mas também de falhas na execução do projeto e do uso incorreto de materiais por profissionais não qualificados. Essas inadequações podem comprometer os serviços realizados e, conseqüentemente, a vida útil da edificação. É fundamental que os projetos sejam elaborados sob a supervisão de engenheiros civis experientes, que possuam o conhecimento necessário sobre as patologias que podem resultar de um planejamento inadequado (Silveira, 2021).

Casos de falhas na interpretação dos projetos de impermeabilização são comuns, e muitas vezes essas falhas de execução se devem à falta de conhecimento de profissionais. Assim como um designer precisa ter uma compreensão profunda para criar um projeto



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

eficiente, é essencial que quem executa a obra tenha uma formação sólida para realizar suas tarefas com competência (Gomes; Almeida, 2021).

Erros em pequenos detalhes podem resultar em problemas graves, muitas vezes irreparáveis, que causam inconvenientes para os usuários. Em situações críticas, esses problemas podem até obrigar os ocupantes a deixar suas propriedades para que as correções necessárias sejam feitas. Dessa forma, a impermeabilização não deve ser vista como um custo adicional, mas como um investimento imprescindível no orçamento da obra. O custo da prevenção é significativamente menor do que o custo da correção de falhas que poderiam ter sido evitadas desde o início. Portanto, a escolha dos profissionais adequados, tanto aqueles que preparam o projeto quanto os que executam a obra, é de extrema importância (Silveira, 2021).

Em síntese, a água representa um dos maiores desafios para a durabilidade das edificações, sendo um fator crítico que pode comprometer sua integridade estrutural e funcionalidade ao longo do tempo. A infiltração de água não apenas prejudica a estética das construções, mas também pode levar a uma série de manifestações patológicas, como corrosão das armaduras, eflorescência, mofo e deterioração dos materiais. Nesse contexto, a impermeabilização emerge como uma medida fundamental para proteger as estruturas contra os efeitos nocivos da umidade.

#### **3.6 Importância da Impermeabilização**

De acordo com Venturini (2009), a impermeabilização é uma técnica que visa impedir a passagem de água e umidade em elementos estruturais, como lajes, paredes e fundações. Um projeto de impermeabilização bem elaborado deve considerar as especificidades de cada edificação, incluindo seu uso, localização geográfica e condições climáticas. É imprescindível que o sistema de impermeabilização escolhido seja adequado às características do terreno e ao tipo de estrutura. Por exemplo, edifícios localizados em áreas com alta umidade ou sujeitos a inundações requerem soluções mais robustas e eficientes.

A escolha de materiais adequados é igualmente essencial. Existem diversos tipos de produtos impermeabilizantes disponíveis no mercado, como mantas asfálticas, argamassas poliméricas e resinas epóxi, cada um com suas particularidades e aplicações específicas. Um



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

entendimento profundo das propriedades desses materiais e de suas interações com a estrutura é vital para garantir a eficácia da impermeabilização.

#### **3.7 Execução Cuidadosa e Profissionais Qualificados**

Além do planejamento e da escolha de materiais, a execução da impermeabilização deve ser realizada com extremo cuidado. Cada etapa do processo construtivo deve ser cuidadosamente monitorada, desde a preparação da superfície até a aplicação do material impermeabilizante. Qualquer falha nessa execução pode comprometer a eficácia do sistema e resultar em infiltrações futuras (Venturini, 2009).

Segundo Ischakewitsch (1996), o comprometimento de profissionais qualificados é, portanto, um aspecto fundamental para o sucesso da impermeabilização. Engenheiros e técnicos experientes devem estar envolvidos em todas as fases do projeto, garantindo que as melhores práticas sejam seguidas e que o trabalho seja realizado dentro dos padrões de qualidade exigidos. A capacitação contínua das equipes é igualmente importante, pois o conhecimento sobre novos materiais e tecnologias evolui constantemente. Profissionais bem treinados são capazes de identificar e corrigir problemas antes que se tornem sérios, evitando assim custos elevados com reparos e manutenção.

#### **3.8 Manutenção Preventiva**

A adoção de práticas de manutenção preventiva é outro fator crucial para prolongar a vida útil das edificações. Manter a impermeabilização em bom estado requer inspeções regulares e a realização de reparos assim que qualquer sinal de deterioração for identificado. Isso inclui a limpeza de calhas, desobstrução de drenos e a verificação de possíveis fissuras ou falhas na camada impermeabilizante. A manutenção adequada não apenas preserva a funcionalidade do sistema de impermeabilização, mas também contribui para a durabilidade geral da edificação (Villanueva, 2015).



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Portanto, investir em impermeabilização e na capacitação de equipes é uma estratégia inteligente para garantir a segurança e a funcionalidade das edificações ao longo do tempo. O custo da impermeabilização deve ser considerado não como uma despesa adicional, mas sim como um investimento fundamental na proteção do patrimônio. É amplamente reconhecido que o custo da prevenção é muito menor do que o custo da correção de problemas que poderiam ter sido evitados com uma impermeabilização adequada desde o início.

#### 4. CONCLUSÃO

Em conclusão, a água representa um desafio significativo para a durabilidade das edificações, sendo a impermeabilização uma linha de defesa essencial contra suas consequências. Um projeto cuidadosamente elaborado, aliado a uma execução precisa e à escolha dos materiais corretos, é crucial para prevenir as manifestações patológicas causadas pela umidade. A manutenção preventiva e o comprometimento de profissionais qualificados são igualmente fundamentais para prolongar a vida útil das estruturas e evitar custos elevados com reparos.

Assim, ao investir adequadamente na impermeabilização e na capacitação das equipes envolvidas, proprietários e gestores de edificações garantem não apenas a segurança estrutural, mas também a funcionalidade e a preservação do patrimônio ao longo do tempo.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

#### REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5674:**

Manutenção de Edificações: Procedimentos. Norma técnica. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Norma técnica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BERTRAM, N. et al. **Modular Construction:** From projects to products, Capital Projects & Infrastructure, Reino Unido, 2019.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologia em Alvenaria.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CARVALHO, Matheus Folly de. **Análise qualitativa da operação de desmonte da pedra de Abre Campo.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2018. 35f.

CASCUDO, O. **Patologia e terapia das construções – EEC – UFG:** fissuração do concreto. (Notas de aula). Goiânia: Escola de Engenharia Civil da UFG, 2014c.

CAUDURO, C. **Manual para a boa execução de estruturas protendidas usando cordoalhas de aço engraxadas e plastificadas.** UNESP. São Paulo, SP, 2003.

COSTA, H. D. O. **Manual de uso, operação e manutenção de lajes planas protendidas.** Aracaju-SE. Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Sergipe, 2021.

DAITX, M. C. Arquitetura e nomadismo contemporâneo: Desafios atuais da inserção de edificações móveis no espaço urbano. Risco: **Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo** (online), v. 15, p. 36-50, 2017.

DE SENA, G. O.; NASCIMENTO, M. L. M.; NETO, A. C. N.; LIMA, N. M. **Patologia das Construções.** Salvador: 2B Educação, 2020.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

**DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.** 061/2004-TER: pavimento rígido - defeitos: terminologia. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

**DOERMANN, J. et al. High rise modular construction,** 2020.

**FARMER, M. The Farmer Review of the UK Construction Labour Model,** CLC, 80 p., 2016.

**FRANÇA, E. T. Y. Materiais empregados na construção modular:** cenário atual e potencialidades. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Materiais) – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos.

**GOMES, L. N.; ALMEIDA, D. H.** Impacto da ausência de compatibilização de projetos na execução de uma obra residencial. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, p. 1-9, 2021.

**GOMES, F. M. P.; RUGGERI, E. R. F. Modelo termoviscoelástico com envelhecimento para concreto massa.** In: XXXIV CILAMCE, 2013, Pirenópolis-GO.

**HELENE, P. R. L. Corrosão das Armaduras para Concreto Armado.** São Paulo: IPT, PINI, 1986.

**IBRACON. Concreto e Construção. Procedimentos, normas e estudos para inspeção, diagnóstico e reforço para estruturas de concreto.** Instituto do Concreto. São Paulo: IBRACON, 2018.

**ISCHAKEWITSCH, G. T. Projeto, Acompanhamento e controle.** Caminho da qualidade. Revista Impermeabilizar, São Paulo-SP, 1996.

**LINCK, G. Estudo sobre lajes protendidas em edifícios residenciais.** Florianópolis: UFSC, 2013.

**MANGAT, P. S.; MOLLOY, B. T. Factors influencing chloride-induced corrosion of reinforcement in concrete.** **Materials and Structures**, v. 25, 1992, p. 404-411.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials**. McGraw-Hill Education, 2014.

MELO, Enio Yure Lopes de. **Análise comparativa entre o dimensionamento à flexão de lajes lisas em concreto armado e protendido com monocordoalhas engraxadas utilizando o Método dos Pórticos Equivalentes do ACI 318** (2019). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. 187f.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto** – tradução Salvador E. Giammusso. 2ª edição, rev. atual. São Paulo: PINI, 1997.

OLIVEIRA, F. M. **Forro de gesso**. UFRGS. Porto Alegre, RS, 2013.

PINHEIRO, Luís Henrique Bueno. **Reforço de pontes em concreto armado por protensão externa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2018.

POLISSENI. **Lajes de Cobertura dos Edifícios: Interação entre a qualidade do concreto e o sub-sistema Estrutura Portante e o sub-sistema Impermeabilização**. In: Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 8., São Paulo-SP.

RODRIGUES, H. F.; FERREIRA JUNIOR, E. L. **Construção Offsite**: Um estudo sobre o Método Modular de Construção. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

SILVEIRA, A. de A. **Construção modular off-site no Brasil**: desafios e revisão de custos. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

SOARES, L. F. O. **Roadmap de implantação de um sistema de produção para a indústria da construção modular.** Dissertação de Mestrado (Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade do Minho, Braga, 2022.

SOUSA, R. U. A. **As Patologias da Construção Civil.** Paraná, 2014.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil.** ALCONPAT Internacional Boletim Técnico. 1. ed. Unisinos, Brasil, 2013.

VARGAS, R. **Gestão de Projetos.** 6ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 1998.

VENTURINI, J. M. **Estudos dos Sistemas de Impermeabilização: Patologias, Prevenções e Correções - Análise de Casos.** Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Tecnologia, Santa Catarina, 2009.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação.** Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, 2015.

YUDONAGO, Bruce Kambo. **Estudo comparativo entre fundações radier de concreto armado e protendido para edificações em alvenaria estrutural.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. 117f.