ESTUDO DE CASO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA DO TIPO FISSURAS E TRINCAS COM A IMPERMEABILIZAÇÃO COMO FORMA DE TRATAMENTO NA LAJE DE UMA ESCOLA, NA REGIÃO DE JOINVILLE/SC.

BELOUS, Daiana Aparecida Cardoso[1], SOUZA, Lilian de Carvalho de [2]
(daiana.a.cardoso@gmail.com, liliandecarvalhosouza@gmail.com)

Professora orientadora:Msc. Michela Steluti Poleti FARIA

Coordenação de curso de Engenharia Civil

Resumo

As manifestações patológicas nas construções são problemas recorrentes nos dias atuais, por diversas vezes causadas por umidade adquirida ao decorrer do processo construtivo. Conhecer as técnicas construtivas e seu desenvolvimento correto torna-se essencial para evitar surpresas desse gênero. A impermeabilização é uma das etapas importantes da edificação, tendo a necessidade de avaliar o melhor método para cada local específico, evitando assim a influência da umidade e consequentemente manifestações patológicas. Este artigo tem como objetivo apresentar um estudo de caso na laje que apresentou fissuras e trincas, investigando os principais fatores e causas, para assim através de estudos embasados em revisão literária, apresentar a solução com maior eficácia e melhor custo benefício. Explorando as causas de patologias do tipo trinca e fissura, métodos de diagnósticos, alternativa de controle e solução, assim como a avaliação de custo e benefício. Para isso fez se necessário uma pesquisa minuciosa sobre possíveis causas e como tais problemas se propagam nas estruturas, com o intuito de aprofundar se sobre o assunto abordado, levantamento os problemas do local e com embasamento científico, avaliar a utilização do tratamento adequado, buscando melhor efetividade. Após a utilização do método de impermeabilização escolhido, que foi a combinação do poliuretano com aplicação de manta asfáltica, percebeu se a estabilização das fissuras e controle satisfatório da umidade, porém o estudo deixou explícito a necessidade de maior diversidade de pesquisa sobre o tema.

Palavras-chave: Patologia, Fissuras, Trincas, Impermeabilização.

1. INTRODUÇÃO

A técnica de impermeabilização em obras muitas vezes negligenciada em sua concepção pode acarretar diversos tipos de problemas abrangendo desde transtornos estético, estrutural, financeiro e até mesmo tornar o ambiente nocivo à saúde (Oliveira da Silva, 2021).

O estudo da utilização de técnicas de impermeabilização como forma de controlar ou solucionar manifestação patológica em uma laje nervurada de uma escola localizada na cidade de Joinville em Santa Catarina, onde apresentaram infiltrações nas fissuras causadas pela movimentação ou trepidação do solo, possíveis sobrecargas pontuais e percolação na junção da laje com a escada.

Trincas e fissuras podem aparecer decorrentes da retração do concreto, da atuação de sobrecarga, da exposição ao tempo como calor e chuva, ou mesmo a somatização destes problemas (Thomaz, 2020). A situação estabelecida propõe o desafio de encontrar maneiras de estabilizar ou até mesmo resolver o problema, se caso for possível, visando o equilíbrio entre eficiência e economia.

Por apresentar vários pontos críticos de fissuras na estrutura de concreto se faz necessário identificar os motivos do aparecimento de tais patologias e as opções de tratamentos delas, tendo um cuidado especial para tratar com eficácia e em menor tempo possível de manutenção.

Trincas e fissuras devem ser identificadas e previamente tratadas para que se evite problemas futuros. Analisando o comportamento de tais fenômenos, dentro da estrutura, quando não são tratadas antes de executar qualquer tipo de impermeabilização, podem apresentar falhas que com a penetração da água haverá uma deterioração dos materiais e descolamento da camada impermeabilizante, diminuindo a durabilidade da estrutura pela longa exposição.

O tratamento das fissuras tem a função de selar, com material flexível que estejam de acordo com a norma ABNT, NBR 9574 (2008) que garanta a estanqueidade por um longo período. Para a escolha desse material deve-se analisar o tipo de movimentação da fissura, pois o material deve selar a fissura e ser flexível para que resista a essas movimentações, que podem continuar ocorrendo.

A Impermeabilização representa um custo bem mais baixo em uma obra, comparado ao custo de reparos no caso de patologias (Oliveira da Silva, 2021).

Sendo bem executada, e através de mão de obra qualificada, traz a garantia e durabilidade na edificação, tendo como principal objetivo proteger a edificação das patologias como deterioração e degradação da edificação. Através de uma análise dos projetos pode-se aplicar o melhor sistema de impermeabilização de cada área, assim como as opções de tratamento em fissuras nos locais que apresentam infiltração (Rosin Modena, 2021).

Este artigo tem como objetivo principal um estudo de caso de manifestações patológicas do tipo fissuras e trincas com a impermeabilização como forma de tratamento na laje de uma escola, na região de Joinville/SC na área externa sem um tratamento impermeabilizante.

Foi realizado estudo de caso na laje que apresentou fissuras e trincas, investigando os principais fatores e causas, para assim através de estudos embasados em revisão literária, apresentar a solução com maior eficácia, e custo benefício. Explorando as causas de patologias do tipo trinca e fissura, métodos de diagnósticos, alternativa de controle e solução, assim como a avaliação de custo e benefício.

2 DESENVOLVIMENTO

Serão abordados neste capítulo conceitos referentes ao diagnóstico de patologias com suas possíveis causas, os tratamentos existem e utilizados assim como alguns métodos construtivos que poderiam ser utilizados na fase de execução da edificação.

2.1 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

O termo “Patologia” deriva do grego pathos, que significa doença, e logos, que significa estudo, ela estuda todos os aspectos da doença, analisando as alterações que as doenças provocam nas células, tecidos e órgãos. Esse termo vem sendo empregado em outras áreas do conhecimento, sendo o estudo das doenças e danos de algo ou alguém (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Oliveira (2013), descreve que a patologia das construções estuda os defeitos nos materiais construtivos, componentes e elementos na edificação buscando diagnosticar as origens, indo além de suas formas de manifestação.

Como nem sempre conseguimos identificar a origem das manifestações patológicas, faz se necessário seguir uma sequência nas inspeções, com diversos conceitos e termos utilizados, na Figura 1 estão os termos correlacionando as patologias das construções com a patologia médica, sendo mais fácil compreender o dano (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Figura 1 – Termos gerais do estudo da patologia das construções e exemplos

Termos	Definição	Patologia das construções	Patologia médica
Manifestação patológica	São os problemas visíveis ou observáveis, indicativos de falhas do comportamento normal	Fissuras, trincas, manchamentos, deformações, mofo	Dor de cabeça, enjoo, tontura
Fenômeno	É a raiz do problema, na qual se deve focar para a solução	Corrosão, eflorescência, recalque	Câncer, depressão
Inspeção	É o *check-up*, quando o patólogo ou médico avalia o seu paciente, aprovando a condição ou solicitando novos exames ou ensaios	Avaliar a estrutura regularmente ou quando houver um fato extraordinário de interesse	Avaliar a pessoa para saber a condição atual de saúde
Anamnese	É o estudo dos antecedentes; nessa etapa, deve-se escutar dos usuários e pacientes o que estão sentindo	Conversa com síndico e moradores antigos, análise de projeto, verificação do estado dos prédios vizinhos	Análise de histórico do paciente e dos familiares, verificação de exames anteriores
Ensaios não destrutivos	São ensaios/exames que não danificam o paciente	Esclerometria, pacometria, ultrassom	Medição de pressão e febre, ultrassom
Ensaios semidestrutivos	São ensaios/exames que causam pequeno dano ao paciente	Extração de corpos de prova, *pull-out*	Biópsia, exame de sangue
Diagnóstico	É a explicitação e o esclarecimento das origens, mecanismo, sintomas e agentes causadores do fenômeno ou problema patológico	Corrosão, eflorescência, recalque	Câncer, depressão

Fonte: (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019)

O aparecimento de sinais que visivelmente estão fora do padrão de normalidade podem levar a um diagnóstico de problema, e que originou se de alguma fase da construção é denominado manifestação patológica, caracteriza o sintoma de que algo de errado com essa construção está acontecendo. Essas

irregularidades se manifestam de variadas formas, necessitando de estudo de causa e consequentemente melhor método de reparo (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

O homem vem construindo desde as primeiras civilizações, adaptando às suas necessidades levantando edifícios cada vez maiores. A preocupação com os problemas nesses edifícios devem ter surgido na mesma época em que os edifícios foram construídos, corrigindo os problemas aparentes, não tratando a causa. Com o conceito de desempenho esses edifícios começam a serem analisados com um todo, tratando essa insatisfação entendendo a causa e não somente estancando as infiltrações. Um melhor desempenho da edificação vai ser alcançada se além do material adequado, termos mão de obra especializada com técnicas de execução apropriadas, fazendo a utilização dessa construção conforme descrito em projeto e respeitando as cargas impostas (SOUZA; RIPPER, 2009).

2.1.1 Origem das patologias

Existem várias origens das patologias, podendo ser classificadas pelos sintomas procurando a causa que gerou a patologia, no processo produtivo e nas falhas de controle de qualidade. Esse controle de qualidade deve garantir a satisfação do cliente, sendo de fácil execução e manutenção, garantido a execução das diretrizes listadas em projeto visando sempre a manutenção futura, detalhando bem no projeto os materiais a serem utilizados evitando desperdícios, retrabalhos e futuros problemas patológicos (OLIVEIRA, 2013).

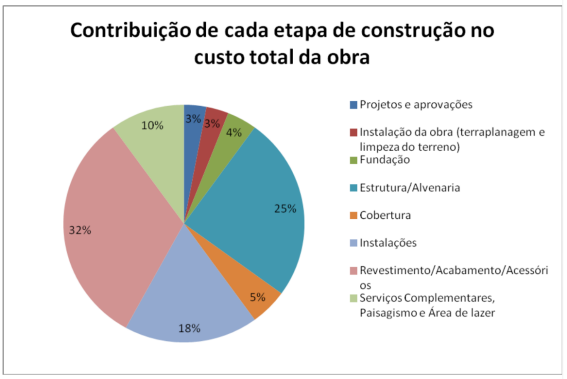
A origem dos problemas patológicos ocorre pela falha na realização de uma ou mais atividades das etapas da construção civil, estas etapas podem ser divididas em concepção, execução e utilização. Cada uma dessas etapas interfere na qualidade do resultado final e está ligada diretamente na satisfação do proprietário e no controle de incidência de manifestações patológicas (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

2.1.2 Concepção

A manutenção preventiva deve ser avaliada desde a concepção do empreendimento pois o custo costuma ser elevado e muitas vezes não se consegue

fazer a manutenção adequada devido à dificuldade de acesso para realizar a manutenção e de visualização das áreas a serem tratadas. Na realização do projeto podemos prever grande parte dos problemas patológicos, no Brasil esta etapa não é tratada com a importância devida conforme já é visto em outros países, o custo dessa fase gira em torno de 3 % do custo total da obra conforme apresentado na Figura 2 a seguir comparando as etapas de construção de uma obra. Nessa fase são tomadas as decisões de custos, velocidade e qualidade da obra (OLIVEIRA, 2013).

Figura 2 - Gráfico



Fonte:Projeto de uma residência, (2022).

A garantia de entrega de qualidade depende também da compatibilização de projetos, etapa fundamental para não ter soluções improvisadas, como furos em lajes e vigas, e deixando acesso livre às intempéries naturais tornando frequente soluções paliativas (MACEDO, 2017).

Para que seja executado o projeto a risca o mesmo deverá conter informações claras, rica em detalhes como especificação dos materiais e normas consultadas evitando dúvidas nos métodos construtivos a serem aplicados, impedindo assim a baixa qualidade ou incompatibilidade dos materiais, falta de padronização e erros de dimensionamento como a especificação do tamanho das caixarias (OLIVEIRA, 2013).

Devemos considerar os efeitos de retração térmica do concreto reduzindo as tensões internas impedindo a movimentação da estrutura, prevendo juntas de dilatação a cada 15m, ou juntas de concretagem para assegurar a aderência do

concreto novo ao já existente, estabelecendo as ancoragens para absorver esforços de tração , conforme descrito na ABNT, NBR 6118(2014) impedindo deformações.

Na etapa de manutenção futura devemos prevenir ou inibir deteriorações na edificação, tendo um olhar criterioso nos locais como lajes descobertas e marquises, seguindo as sugestões da ABNT, NBR 56774(2012), diminuindo o custo de manutenção e a frequência, aplicando a impermeabilização de acordo com os materiais e especificação dos projetos de impermeabilização descritas em norma ABNT, NBR 9575 (2010) e ABNT, NBR 9574 (2008).

É essencial um controle de qualidade rigoroso desde a aquisição dos materiais até a aplicação para garantir a qualidade desejada ABNT,NBR 16747(2020).

2.1.3 Execução

Os problemas patológicos podem surgir de diversas maneiras levando a graves erros em várias atividades como no escoramento, na locação das formas, nas armaduras, no recebimento do concreto, tudo que envolve a fabricação até a cura do concreto. Sem a fiscalização adequada e baixa capacidade profissional do engenheiro e do mestre de obra tornam suscetíveis a falhas de diversas naturezas, levando a soluções improvisadas. Uma execução de boa qualidade pode estar associada a qualidade no gerenciamento da obra, no recebimento dos materiais, equipamentos e na execução dos serviços, através do controle de qualidade da mão de obra e no cumprimento das etapas especificadas em projeto (OLIVEIRA, 2013).

2.1.4 Utilização

A vida útil de uma edificação deve durar no mínimo 50 anos conforme a ABNT, NBR 15575 (2013), que conta a partir do início da produção de cada etapa da construção, o usuário e os responsáveis técnicos, possui responsabilidade sobre cada processo e período de uso da edificação.

Por falhas dessas etapas, podem ocorrer anormalidades, reduzindo a efetividade dos processos e por consequência o tempo de vida útil (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

Algumas partes das estruturas têm uma vida útil diferente de tudo, como apoio e juntas de movimentação ABNT, NBR 6118 (2014).

As edificações precisam passar por uma manutenção para que sua vida útil tenha o desempenho previsto em projeto, para isso deve-se ter um programa de manutenção e implementá-lo com as atividades a serem executadas com a periodicidade proposta no manual do usuário ABNT, NBR 5674(2012).

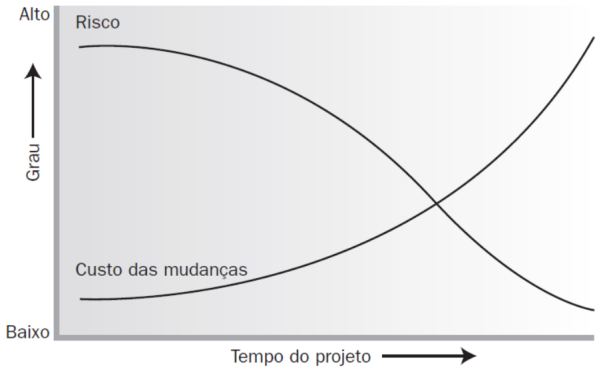
“A manutenção de edificações inclui todos os serviços realizados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho decorrente da deterioração dos seus componentes, ou de atualizações nas necessidades dos seus usuários ABNT, NBR 5674(2012)”.

O manual do usuário auxilia a correta utilização, e recomenda as medidas de conservação e manutenção da edificação, deve ser simples, claro e bem detalhado, contendo procedimentos recomendáveis para a manutenção, apresentando os riscos devido à falta de manutenção e carregamento excessivo. Toda obra tem suas limitações, e as patologias ocasionadas por uma manutenção inadequada ou até mesmo pela falta dela torna-se um problema econômico ABNT, NBR 5674(2012).

A Lei de Sitter foi criada por de Sitter, W. R. (1984), mostra os impactos econômicos na edificação pela falta de manutenção preventiva, quanto mais cedo essas manutenções foram executadas, será mais fácil de resolver e menos oneroso.

A figura 3 apresenta os custos nas mudanças em que o projeto se finaliza, onde os custos são baixos no início, aumentando à medida que é realizada a execução e caem na fase final do projeto , já os riscos são maiores no início , mas diminuem na medida que as decisões são tomadas (VICTOR , 2022).

Figura 3 - Lei da evolução dos custos



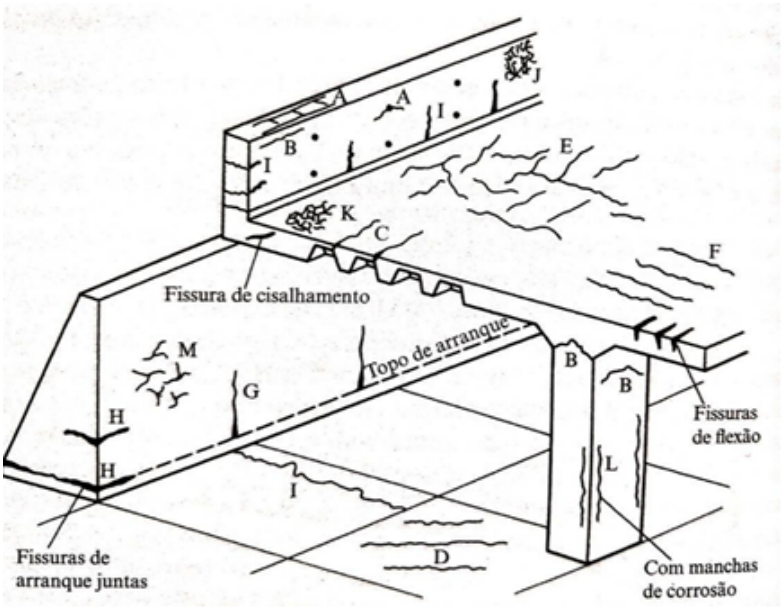
Fonte: Lei de Sitter. (2022).

2.1.5 Formação de Fissuras

Diversos elementos compõem uma construção, e cada um deles tem suas características próprias dos componentes que os formam, sujeitos a variação diária de temperaturas, sofrendo movimentações de dilatação ou contração, que quando restringidos por quaisquer vínculo acaba gerando tensões, ocasionando fissuras (THOMAZ, 2020).

As fissuras nas estruturas de edificações aparecem com o passar dos anos, a Figura 4 e a Figura 5 mostram fissuras de causas variadas.

Figura 4 - Variação de fissuras



fonte:CONCRETE SOCIETY,(2013)

Figura 5 - Legenda referente a Figura 4

Tipo de fissura	Símbolo na Fig.	Subdivisão	Localização mais comum	Causa principal (excluindo restrição)	Causas secundárias/ fatores	Correção (considerando que é impossível refazer o projeto); em todos os casos reduzir restrição	Tempo de aparecimento
Assentamento plástico	*A*	Sobre a armadura	Seções espessas	Exsudação excessiva	Condições para secagem precoce	Reduzir a exsudação (revibração ou incorporação de ar); revibrar	10 min a 3 horas
	B	Em arco	Topo de pilares				
	C	Mudança de espessura	Lajes nervuradas				
Retração plástica	*D*	Diagonal	Pisos e lajes	Secagem precoce	Velocidade de exsudação baixa	Iniciar a cura mais cedo	30 min a 6 h
	E	Aleatória	Lajes armadas				
	F	Sobre a armadura	Lajes armadas	Secagem precoce e armadura próxima à superfície			
Retração térmica inicial	*G*	Restrição externa	Paredes espessas	Geração excessiva de calor de hidratação	Resfriamento rápido	Reduzir calor e/ou isolar	Um a dois dias ou três semanas
	H	Restrição interna	Lajes espessas	Gradientes de temperatura excessivos			
Retração por secagem em longo prazo	*I*		Lajes e paredes finas	Juntas ineficientes	Retração excessiva Cura ineficiente	Reduzir quantidade de água Melhorar cura	Várias semanas a meses
Mapeadas	*J*	Junto às formas	Concreto aparente	Formas impermeáveis	Misturas ricas Cura inadequada	Melhorar cura e acabamento	Um a sete dias, algumas vezes mais tarde
	K	Concreto desempenado	Lajes	Excesso de desempeno			
Corrosão de armadura	*L*	Natural	Pilares e vigas	Cobrimento insuficiente	Concreto de baixa qualidade	Eliminar as causas listadas	Mais de dois anos
Reação álcali--agregado	*M*		Locais úmidos	Agregados reativos e cimento com alto teor de álcalis	Eliminar as causas		Mais de cinco anos

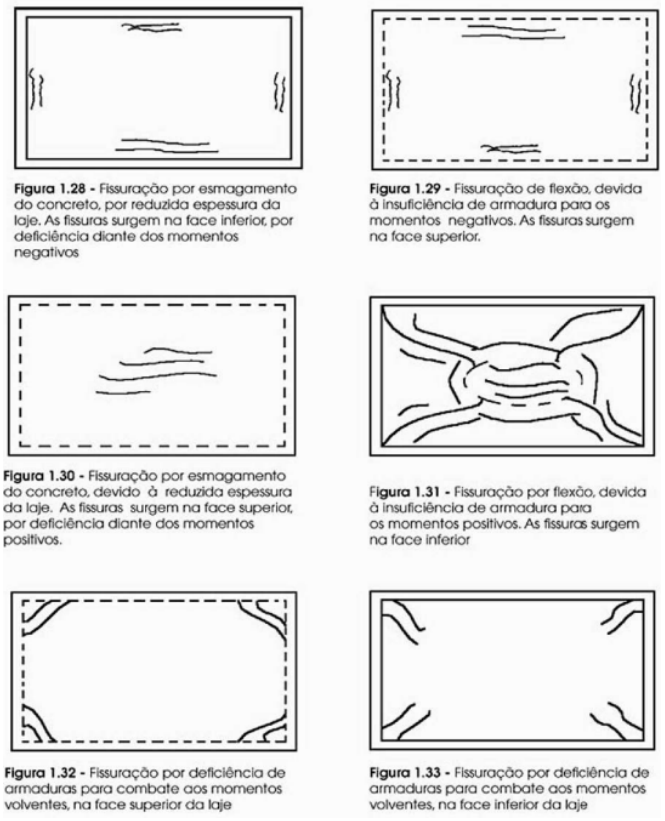
fonte: CONCRETE SOCIETY (2013)

Com a atuação de sobrecargas no elemento estrutural podem aparecer fissuras, tal situação pode ser decorrente de falhas de projeto ou mesmo falhas na execução quando ocorre o sub dimensionamento da armadura, em alguns casos pode acontecer pela deformação da estrutura resistente ou má utilização (SOUZA; RIPPER, 2009).

Para Ripper (2009) a falta ou o cálculo incorreto de armadura e da espessura do concreto são os principais fatores para o surgimento de problemas de sobrecargas gerando fissuras nas peças.

A Figura 6 mostra especificamente os tipos de fissuras que esses problemas podem causar em uma laje.

Figura 6 – Fissuras em laje



Fonte: SOUZA, RIPPER (2009).

2.2 PATOLOGIA POR INFILTRAÇÃO

As manifestações patológicas, em diversas vezes, são oriundas de três importantes fatores: falha de projeto, erro de execução e falta de vigilância no uso da água nas construções.

2.2.1 Umidade

A água é considerada um dos grandes agentes causadores de manifestações patológicas, seja por ela mesma ou como condutora de agentes degradantes.(Queruz 2007), Os problemas nas construções, que tem umidade como origem são diversos, tendo em vista que a umidade leva a expansão do material e logicamente com baixa umidade o material sofre contração, na presença de fatores que impeçam essa movimentação as manifestações patológicas podem aparecer.

A umidade pode ser causada de diversas formas:

a) Umidade proveniente do solo: a água existente no solo é conduzida por capilaridade, até os pisos e paredes da edificação, ocorre por níveis de lençóis freáticos superficiais e diâmetros elevados de poros e capilaridades (Lersch, 2003).
b) Absorção e penetração da água de chuva: ao acomodar os materiais a serem utilizados ocorre a negligência do armazenamento incorreto, deixando esses materiais expostos a fenômenos meteorológicos, como por exemplo a chuva. Desta forma umidade causada pela água da chuva acaba sendo conduzida a edificação .
c) Umidade de condensação: devido a alta umidade do ar e a existência de áreas com temperatura mais baixas, ocorre a transformação da água do estado gasoso para o estado líquido, podendo ocorrer acúmulos em alguns lugares (Righi, 2009).
d) Umidade incorporada durante o processo de construção: durante a execução da obra utiliza se a umidificação de alguns materiais, como por exemplo no processo de assentamento da alvenaria, esta técnica é correta pois evita a secagem precoce da argamassa, porém descuidos podem ocorrer ao elevar o teor de umidade de tais componentes, proporcionando uma expansão do material, que durante a cura evapora e provoca a contração do material, podendo trincar (Oliveira, 2012).
e) Umidade acidental: trata-se de umidade oriunda de falhas em tubulações de redes hidráulicas como redes pluviais, redes de esgoto e água potável, que ao se tratar de edificações com tempo de uso requer atenção a necessidade de manutenção (Righi, 2009).
f) Umidade devido à higroscopicidade dos materiais: devido a porosidade durante a fabricação dos materiais, acabam ficando mais propensos a absorção de umidade do ar, provocando diversos problemas (POLISSENI , 1986).

2..2.2 Corrosão da Armadura

As armaduras por serem utilizadas em sua maioria nas proximidades da superfície do concreto armado, e ocasionalmente ser mal adensado ou ter um cobrimento insuficiente sofrem a ação de corrosão por exposição ao ar e a água, podendo se estender por toda a armadura caso esteja mal protegida. A corrosão de armaduras pode ser resultante de um processo eletroquímico que ocorre em meio úmido,ficando ainda pior quando exposto a elementos agressivos e com o aumento da falta de homogeneidade da estrutura como variação de espessura de cobrimento, diferença do aço ou mesmo variação de tensões submetidas. Em destaque ao meios agressivos vale ressaltar o ambiente marinho com riquezas de íon de cloro, solos com elevados níveis de matéria orgânica contendo elevados níveis de ácido carbônico,ambientes de grandes cidades com atmosferas com grande poluição como as indústrias, paredes de galerias de esgotos domésticos, pela grande predisposição a presença de ácido sulfuroso e sulfúrico. Para a formação de corrosão contribuem diversos fatores como a permeabilidade do concreto à água e gases, nível de carbonatação do concreto, propriedades do ambiente como a umidade relativa do ar, composição química do aço (THOMAZ, 2020).

2.2.3 Eflorescência

A estrutura de uma laje é formada por materiais como alvenaria ou concreto, que possuem sais em seu interior que faz parte de sua composição química, que ser exposto ao um grau elevado de umidade sem ter realizado a técnica correta de proteção e ao receber umidade em excesso ocasiona o deslocamento desses sais para a superfície formando a Eflorescência.(Venturini Righi,2009)

2.10 IMPERMEABILIZAÇÃO

Conforme a ABNT, NBR 9575 (2003) o conjunto de produtos e serviços como técnicas de aplicação que garantem a estanqueidade a partes de uma construção é denominado Impermeabilização. As áreas que recebem água sob pressão positiva devem ser impermeabilizadas nas superfícies que estão expostas a água, desta

forma para tipos de impermeabilização que necessita de substrato seco a argamassa deve ter pelo menos 7 dias de cura.

Deve-se estancar a passagem de água por percolação selando as juntas de movimentação ou de dilatação ABNT NBR 6118 (2014).

2.11 CLASSIFICAÇÃO DE IMPERMEABILIZANTES

Para evitar problemas futuros é importante conhecer os componentes mais adequados para a impermeabilização correta em cada tipo de construção, sendo assim é essencial o conhecimento dos tipos existentes.

2.11.1 Impermeabilização Rígida

Os impermeabilizantes rígidos não acompanham a trabalhabilidade da estrutura principal, caracteriza-se por ser um aditivo agindo nos vazios e poros impedindo a percolação da água, atuando direto no sistema capilar. Utilizado principalmente para as vigas baldrames, tratamento em túneis e subsolos, revestimentos em reservatórios de água e impermeabilização de argamassa e revestimento (SALGADO, 2014).

2.11.2 Impermeabilização Semi Flexível

Este tipo de impermeabilizante é composto por propriedades que possuem dilatação e também são flexíveis, toleram bem pequenas movimentações das estruturas suportando pressões negativas e positivas. São bicomponentes prontos para uso que devem ser misturados imediatamente antes da aplicação, nem todas as marcas necessitam que o local de aplicação esteja totalmente livre de umidade, porém precisa estar limpo e livre de pó. Comumente é utilizado em pequenas lajes, terraços, revestimento de piscinas, caixa d'água, reservatórios, superfície de concreto, argamassa e alvenaria e aço (SALGADO, 2014).

2.11.3 Impermeabilização Flexível

São impermeabilizantes que possuem em sua composição polímeros e elastômeros, que modificam as características elásticas do produto, também absorvem significativamente a movimentação da estrutura e são divididos em emulsões e mantas. A emulsão pode ser de base acrílica ou de elastômeros sintéticos e betumes emulsionados, ao ser aplicado forma um filme impermeabilizante aderente e elástico, pode ser aplicado a quente ou a frio.Não podem ser expostos ao tempo pois o betume não resiste aos raios ultravioletas, para melhor durabilidade deve se realizar uma proteção mecânica sobre o produto, como uma argamassa aplicada em cima da emulsão. A manta é muito utilizada por ser um impermeabilizante flexível e garantir um surpreendente tratamento principalmente em lajes e coberturas, fornecida em rolos em diversas espessuras, bem conhecida como manta asfáltica. Pode ser aplicada também em banheiros, reservatórios e piscinas (SALGADO, 2014).

2.11.3.1 Injeção de Poliuretano

O sistema de injeção de impermeabilização é utilizado para solucionar as infiltrações de grandes áreas sujeitas a pressão negativa como barragens, fundações subsolos e galerias subterrâneas, é utilizado mais comumente para impermeabilização, selamento e recomposição estrutural devido a sua alta resistência, por isso é mais indicada para tratamento de trincas e fissuras em concreto, protegendo a estrutura e estancando as infiltrações. Essas resinas têm baixa viscosidade, boa aderência, se polimerizam com água e são impermeáveis, podendo ser flexíveis em forma de espuma e gel ou rígida utilizada para “colar” estruturas, recompondo da mesma forma que foi projetada. O poliuretano injetado pode ser hidroativado e contém as infiltrações expandido em contato com a água, preenchendo os vazios formando uma espuma flexível, ou hidroexpansivo que resiste a grande pressão negativa (SIMON, 2022).

Para fazer a aplicação deve-se fazer furos em 45 graus ao redor da fissura, deixar um furo para a válvula de retorno, neles devem ser instalados os bicos

mecânicos, a aplicação é concluída quando o material escoar para fora do bico utilizado como válvula de retorno (SOUZA; RIPPER, 2009).

2.11.3.2 Argamassa Polimérica

A adição de resina sintética polimérica à argamassa de cimento e areia permite reduzir a água de mistura necessária, além de manter a plasticidade deste material, reduzir a permeabilidade e dar ótimo poder de aderência com o concreto endurecido, sendo assim a argamassa polimérica é um produto bicomponente. Sua aplicação é feita com broxa ou trincha, entre duas ou quatro demãos cruzadas, intercalando o período de seis horas entre as demãos. A argamassa pode conter adesivo PVA para impermeabilizações que não tem contato direto com água ou adesivo acrílico para situações que tenham ou acrílico com adição de água respeitando a proporção de água e adesivo 1:1 é utilizado para reparos em ambientes sem contato, já a adição de resina epóxi é indicado para locais que necessitam de resistência mecânica e à abrasão (SOUZA; RIPPER, 2009).

3 METODOLOGIA

Este artigo foi elaborado com base em investigação de problemas patológicos em uma laje externa de uma escola, estudando possíveis causas e fatores de predisposição e também pesquisado sobre técnicas e materiais indicados para evitar o agravamento ou mesmo problemas de maior grandeza.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A construção do trabalho baseia-se na exploração de diversos fatores que podem ter ocorridos em uma laje que fica na parte externa de uma escola, procurando conhecer métodos de recuperação ou tratamento. Caracterizando-se como um artigo exploratório aplicado, pois através de embasamento teórico, optou-se por um método mais indicado que seja propenso ao objetivo de controlar e solucionar o problema existente.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

Para elaboração deste trabalho foi realizada uma análise crítica de estudo de caso em uma escola situada na cidade Joinville-SC, onde a laje que fica exposta ao tempo apresentou fissuras e trincas e consequentemente infiltrações.

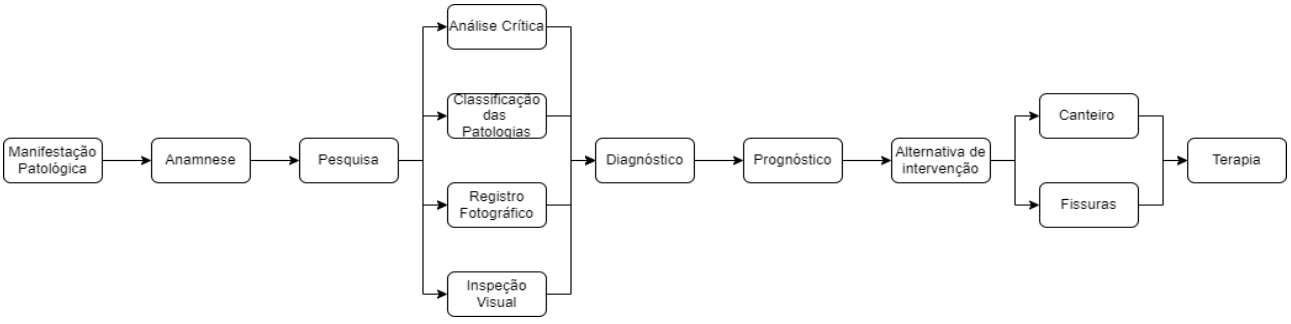
3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Neste capítulo serão conhecidas as etapas e os procedimentos aplicados nas manifestações patológicas relacionadas a infiltração evidenciadas na laje apresentada neste estudo de caso. Com a análise crítica dessas manifestações, foi possível diagnosticar o tratamento mais adequado. Os dados foram obtidos através da anamnese efetuada com a construtora, fornecedor e o engenheiro que fez o acompanhamento da obra.

Na Figura 7 está esquematizado através de um fluxograma o conjunto de métodos, ações e etapas para uma melhor compreensão do processo.

Ao identificar as manifestações patológicas, foi feito um minucioso levantamento de todos os pontos com problemas, efetuando uma pesquisa de possíveis causas e tratamento analisando criteriosamente, classificando e realizando registros fotográficos, estabelecendo um diagnóstico que caracteriza o estado da laje assim como seu nível de gravidade, efetuando seguidamente o prognóstico que significa que a caso não tenha intervenção, quão problemático pode se tornar estes sinais, sendo após isso estabelecido um plano de intervenção seguidamente de um tratamento que melhor atenderia as necessidades.

Figura 7 - Diagrama da pesquisa



Fonte: Autor, 2022

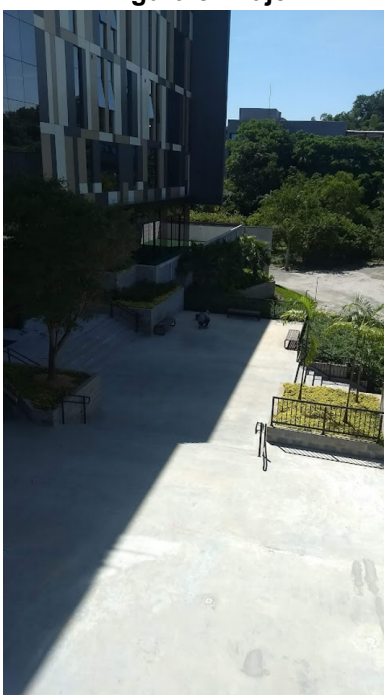
3.3.1 Processo de pesquisa

Através da insatisfação recebida, foi necessário realizar uma vistoria em toda a extensão da laje verificando os pontos que apresentavam algum tipo de patologia. Por se tratar de uma edificação que ainda estava na garantia de sua estrutura já que o edifício ficou pronto em 2019 e as patologias aparecem em 2020, foi acionado a construtora e o engenheiro que fez o acompanhamento da obra, ambos justificaram que o edifício foi construído conforme projeto e as decisões tomadas em reunião de acompanhamento da obra efetuada toda semana.

A laje foi feita em nível zero e encontra-se na parte externa sem cobertura, ficando exposta ao tempo sem impermeabilização ou proteção mecânica, em novembro de 2019, mesmo ano da entrega do edifício a laje que fazia cobertura do estacionamento já apresentava vários pontos de infiltração.

Na extensão da laje (Figura 8) foram encontrados pontos de infiltração na saída do edifício, na sacada das salas da educação infantil, na junção da escada e nos lugares onde se encontram três jardins próximos às escadas.

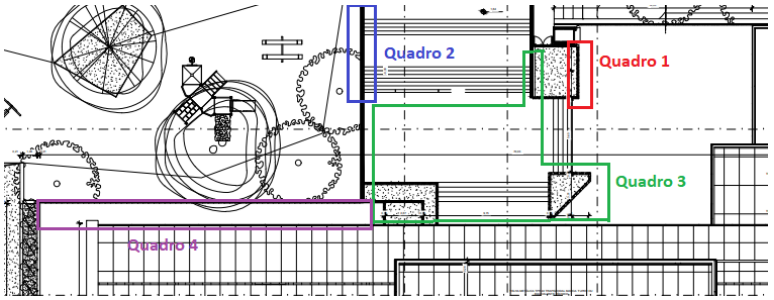
Figura 8 - Laje



Fonte: Autor, 2022

Para uma melhor compreensão da localização das patologias na Figura 9 foi demarcado em quadros distintos para uma melhor compreensão de localização.

Figura 9 - Localização das patologias



Fonte: Autor, 2022

Foram efetuados registros fotográficos das infiltrações e repassados à construtora, a mesma ficou a disposição para o auxílio das ações a serem tomadas visando a solução dos problemas .

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 10 são apresentados os registros efetuados da infiltração na junção da laje, a localização está apresentada na Figura 9 quadro 1.

Figura 10 - Junção da lajes

Registo Fotográfico		
Manifestação Patológica	**Diagnóstico**	
Infiltração na laje em fissura longitudinal	Falha no método Construtivo na junção da viga com a laje	

Inspeção Visual	Possível Causa
- Infiltração e lixiviação devido a ação na água em contato do concreto carregando para fora da estrutura o hidróxido de cálcio Ca(OH)2 produzido pela hidratação do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998); - Infiltração acima do painel de comando da plataforma elevatória colocando em risco toda a instalação, oxidando os painéis e com grande risco de choque elétrico.	- Mudança de espessura em laje nervurada (SANTOS, 2019) .

Fonte: A autora, 2022

Algumas ações foram tomadas para sanar as infiltrações e prevenir a abertura de mais trincas e fissuras. Para o tratamento da infiltração na junção das lajes, foi utilizado o método de injeção de poliuretano gel hidroativo conforme Figura 11, esse tratamento é indicado para recuperação de estruturas a fim de selar e recompor a estrutura, estancando também as infiltrações. Como sugestão de execução poderia ser utilizado a aplicação de fita expansiva para estancar a junta de concretagem.

Figura 11 – Injeção de poliuretano gel hidroativo

Fonte: Autor, 2022

Na Figura 12 são apresentados infiltrações da junção da escada com a parede de fechamento, nesta parede está apoiado todo o barro do jardim. Inicialmente esta

área seria ocupada com outro jardim, mas foi sugerido fechar esse local para ser utilizado como depósito, a localização está apresentada na Figura 9 no quadro 2.

Figura 12 - Junção escada

Registo Fotográfico	
Manifestação Patológica	**Diagnóstico**
-Infiltração na junção da escada com a parede; - Infiltração por capilaridade vindo do jardim. - Lixiviação; - Descolamento da manta aplicada na parede do pé da escada devido à infiltração.	- Infiltração por capilaridade vindo do jardim encostado da parede
Inspeção Visual	**Possível Causa**
- Infiltração na junção da escada com a parede estrutural; - Infiltração nas junções do espelho e piso dos degraus; - Infiltração através da parede com blocos de concreto vindo do jardim.	- Irregularidade nos degraus; - Fissuras por vibração incorreta do concreto; - Falta de impermeabilização na parede do jardim; - Falta de vedação na junção da escada com a parede de fechamento.

Fonte: A autora, 2022

Nesta junção da escada com a parede do jardim, foi aplicado poliuretano e na face com pressão positiva, a impermeabilização foi realizada com a aplicação de

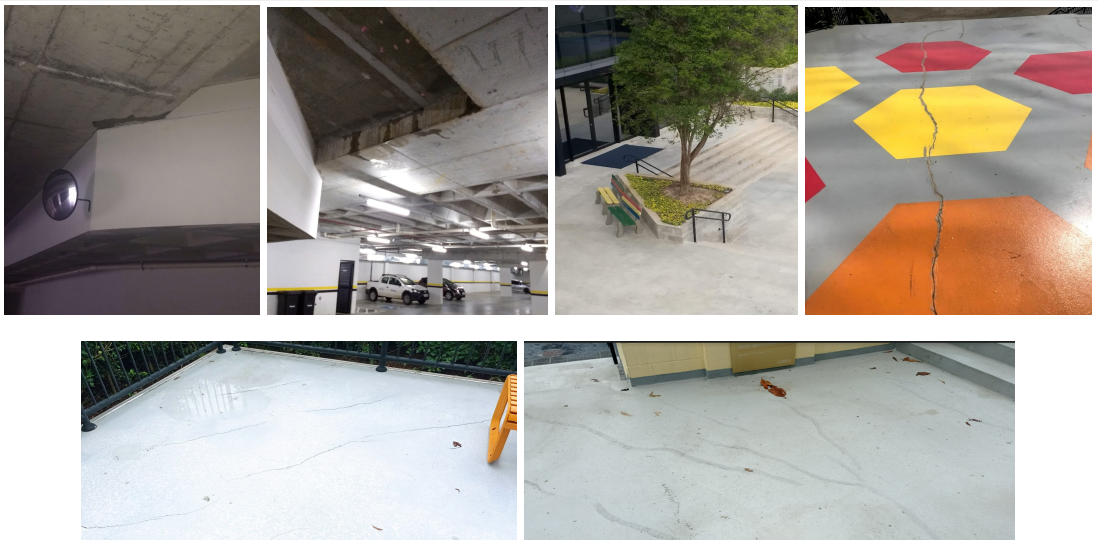
manta asfáltica impedindo a infiltração por capilaridade, para realizar essa aplicação todo o barro que encostava na parede foi retirado conforme indicado em vermelho na Figura 13. Essas mesmas tratativas poderiam ser sugeridas na fase de execução, assim como a aplicação de fita hidroexpansiva na junção da escada com a parede.

Figura 13 - Área onde foi aplicado a manta asfáltica

Fonte: Autor, 2022

Na figura 14 a infiltração da laje ocorre abaixo do jardim, a localização está apresentada na Figura 9 quadro 3.

Figura 14 - jardim sobre a laje

Registo Fotográfico	
	
Manifestação Patológica	**Diagnóstico**
-Infiltração, - Fissuras	- Preenchimento do jardim feito incorretamente aumentando o peso sobre

	a laje, fissuras existentes características de falta de armadura.
Inspeção Visual	**Possível Causa**
- Infiltração na laje onde se encontra um jardim; - Aplicação dentro do jardim de argamassa polimérica; - Enchimento do jardim com brita e barro; - Fissuras encontradas no decorrer da laje que caracterizam excesso de carga.	- Impermeabilização utilizada incorreta; - Fissuras que apresentam características de excesso de peso na laje e falta de armadura negativa.

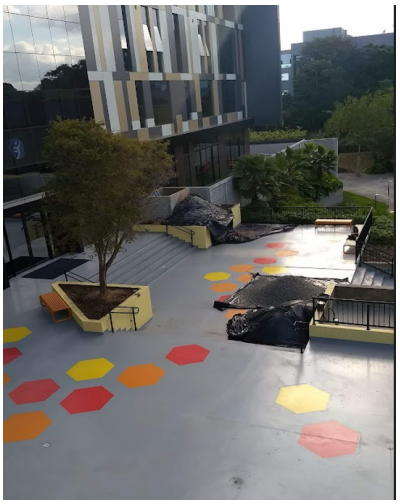
Fonte: A autora, 2022

O formato das fissuras na laje apresentada na Figura 14, acontece por falta de armadura, para diminuir o peso na laje foi retirado todo o barro e brita que preenchia os jardins, substituindo por blocos de poliestireno expandido, deixando apenas 30 cm de barro para a nova vegetação conforme Figura 15.

As trincas foram abertas e limpas, para maior aderência do produto aplicado, a aplicação foi efetuada de poliuretano com alta elasticidade, assim como nas extremidades.

Para evitar esses problemas, poderiam ter juntas de dilatação conforme ABNT, NBR 6118 (2014), com fita hidroexpansiva para impermeabilizar essas juntas.

Figura 15 – Barro sendo retirado para aplicação de manta asfáltica



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 16 a infiltração ocorre na área externa das salas do infantil, a localização está apresentada na Figura 9 quadro 4.

Figura 16 – área externa das salas do infantil

Registo Fotográfico	
Manifestação Patológica	**Diagnóstico**
- Infiltração; - Lixiviação.	- Fissuras características por flexão, provavelmente devido a movimentação natural dos pilares por se tratar de um edifício novo.
Inspeção Visual	**Possível Causa**
- Fissuras por toda a laje principalmente onde estão as portas e fechamento de paredes.	- Fissuras por flexão devido insuficiência de armadura para os momentos positivos, fissuras na face inferior.

Fonte: A autora, 2022

Nesta área externa destinada ao infantil, as fissuras foram limpas e receberam a aplicação de poliuretano Bi componente 200 micras (SELADOR, 2022) para a impermeabilização, a aplicação foi registrada conforme Figura 17.

Figura 17 – Aplicação de poliuretano bi componente 200 micras

Fonte: Autor, 2022

CONCLUSÕES

Todas as ações efetuadas foram para sanar as manifestações patológicas verificadas por grande extensão dessa laje, sendo que as fissuras tratadas com poliuretano deverão ser mantidas a manutenção preventiva para evitar o ressecamento que proporciona os problemas de infiltração recorrentes. O tratamento efetuado com injeção de poliuretano gel hidroativo e a aplicação de manta nas áreas de jardins são ações permanentes, pois estão protegidos de ações mecânicas.

Os problemas apresentados neste trabalho vêm reforçar a importância de serem previstos ações desde a concepção do projeto, tentando sempre prever os problemas que podem surgir em uma obra analisando o local onde a mesma será executada, como nesse caso, já que Joinville tem muitos períodos de chuva, sendo assim podemos prever que nas áreas externas sem cobertura, poderia ser previsto projeto de impermeabilização com especificações dos materiais a serem utilizados até as melhores técnicas a serem aplicadas. Este artigo vem reforçar a importância de um sistema de impermeabilização, aumentando a vida útil da edificação.Apesar do pouco tempo para realizar tal estudo conclui-se que com a escolha de uma mão de obra qualificada assim como o aperfeiçoamento de técnicas construtivas resulta na prevenção de problemas patológicos caso não sejam aplicados aparecerão em curto e longo prazo na edificação, gerando insatisfação do cliente e na falta de credibilidade das empresas envolvidas no mercado. O estudo deixou explícito a

necessidade de maior diversidade de pesquisa sobre os sistemas de impermeabilização, visto a deficiência de material no seguimento e nos métodos de aplicação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, por permitir ultrapassar os obstáculos encontrados ao longo de nossa formação acadêmica que foram além dos previstos devido a pandemia, por isso agradecemos a Ele pelas nossas vidas, de nossos familiares e dos professores, pois conseguimos passar esta dificuldade juntos.

Somos gratas às nossas famílias pelo carinho, apoio e compreensão dos momentos ausentes enquanto nos dedicamos a esse trabalho. Aos nossos esposos e amigos, por estarem ao nosso lado, demonstrando apoio ao longo deste processo de formação acadêmica.

Não podemos deixar de agradecer também aos nossos professores que estiveram conosco durante todo os anos de formação transmitindo conhecimento.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas - **ABNT NBR 9575: Impermeabilização Seleção e projeto**, Rio de Janeiro, 2010.

CONCRETE SOCIETY. Non-structural cracks in concrete. Technical Report, London, n.22, p. 38, 1982.

Injeção De Poliuretano: Tratamento E Impermeabilização. [*S. L.*], 9 Jun. 2022. Disponível Em: Http://Www.Simcon.Com.Br/Index.Php/Blog-Interna/Injecao-De-Poliuretano-Tratamento-E-Impermeabilizacao-11. Acesso Em: 9 Jun. 2022.

Lersch, Inês Martina Lersch. **Contribuição Para A Identificação Dos Principais Fatores E Mecanismos De Degradação Em Edificações Do Patrimônio Cultural De Porto Alegre.** Dissertação Apresentada Ao Programa De Pós-Graduação

Em.Engenharia Civil Da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Como Parte Dos Requisitos Para Obtenção Do Título De Mestre Em Engenharia Na Modalidade Acadêmico, [S. L.], P. 1 - 185, 30 Jan. 2013

LEI da Evolução de Custos ou Lei de Sitter. [*S. l.*], 9 jun. 2022. Disponível em: https://www.guiadaengenharia.com/lei-custos-sitter/. Acesso em: 9 jun. 2022.

Macedo, Eduardo Augusto Venâncio Britto. **Patologias Em Obras Recentes De Construção Civil: Análise Crítica Das Causas E Consequências**. 2017. Trabalho De Conclusão De Curso (Engenharia Civil) - Escola Politécnica Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro, [*S. L.*], 2017.

Oliveira Da Silva, Rafaela. **Custos De Manutenção E Reformas De Estruturas Por Falta Do Sistema De Impermeabilização**. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Da Paraíba Campus Cajazeiras , [*S. L.*], P. 1 - 46, 27 Abr. 2021.

Oliveira, Daniel Ferreira. **Levantamento De Causas De Patologias Na Construção Civil. Levantamento De Causas De Patologias Na Construção Civil**, [*S. L.*], P. 1-107, 17 Ago. 2018.

Oliveira, Alexandre Magno De Oliveira. **Fissuras, Trincas E Rachaduras Causadas Por Recalque Diferencial De Fundações. Universidade Federal De Minas Gerais.** Curso De Especialização Em Gestão Em Avaliações E Perícias, Belo Horizonte, P. 1 - 96, 30 Jun. 2012.

Oliveira, Daniel Ferreira. **Levantamento De Causas De Patologias Na Construção Civil**. 2013. Trabalho De Conclusão De Curso (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal Do Rio De Janeiro, [*S. L.*], 2013.

Patologia Das Construções. In: Longhi Bolina , Fabricio Fonseca Tutikian, Bernardo; Roberto Do Lago Helene, Paulo. **Patologia De Estruturas: Patologia Das Construções**. São Paulo: Oficina De Textos, 2019. Cap. 1, P. 7-53.

Polisseni , Antônio Eduardo. **Método De Campo Para Avaliar A Capacidade Impermeabilizante De Revestimentos De Parede - Método Do Cachimbo**. Dissertação Apresentada Ao Corpo Docente Do Curso De 5s- Graduação Em Engenharia Civil Da Escola De Engenharia Da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Como Parte Dos Requisitos Para A Obtenção Do Título De Mestre Em Engenharia Civil. , S. L.], P. 1 - 161, 1 Maio 1986.

Projeto De Uma Residência. [*S. L.*], 9 Jun. 2022. Disponível Em: Https://Sites.Google.Com/Site/Projetoresidencial2012/Orcamento-Da-Obra. Acesso Em: 9 Jun. 2022.

Queruz, Francisco. **Contribuição Para Identificação Dos Principais Agentes E Mecanismos De Degradação Em Edificações Da Vila Bélgica**. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Civil) - Universidade Federal De Santa Maria. , Santa Maria - Rs, P. 1-150, 30 Nov. 2007.

Rosin Modena, Gabriela. **Estudo Sobre As Patologias Prediais Relacionadas À Ineficiência Do Sistema De Impermeabilização E Proposição De Soluções Construtivas**. Centro Universitário – Católica De Santa Catarina Curso De Engenharia Civil Relatório De Tcc, [*S. L.*], P. 1 - 82, 30 Nov. 2021.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e Práticas Construtivas: Da Implantação ao Acabamento**.. [*S. l.*]: Saraiva, 2014.

Souza, Vicente Custódio Moreira; Ripper, Thomaz. **Patologia, Recuperação E Reforço De Estruturas De Concreto**. 1. Ed. São Paulo: Editora Pini, 2009.

Santos, Mateus Dierings Tanus Dos. **manual Básico Para Identificação De Fissuras Mais Comuns Em Estruturas De Concreto Armado Para Engenheiros Recém-Formados**. 2019. Trabalho De Conclusão De Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Escola De Engenharia, [*S. L.*], 2019.

Selador Poliuretano. [S. L.], 10 Jun. 2022. Disponível Em: Https://Polipiso.Com.Br/Literatura/Poliseal%20pu.Pdf. Acesso Em: 10 Jun. 2022.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios : Causas, Prevenção e Recuperação.** *In*: TRINCAS em edifícios : causas, prevenção e recuperação. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. p. 1 - 34.

Venturini Righi, Geovane. **Estudo Dos Sistemas De Impermeabilização: Patologias, Prevenções E Correções** – Análise De Casos. Dissertação De Mestrado, [*S. L.*], P. 1-95, 4 Dez. 2009.