



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MESSIAS NETO DO PRADO AQUINO

**ESTUDO DE PATOLOGIAS EM LAJES DE COBERTURA DE RESERVATÓRIOS
DE EDIFICAÇÕES NO SETOR LESTE VILA NOVA DE GOIÂNIA - GO**

**Palmas/TO
2022**

MESSIAS NETO DO PRADO AQUINO

**ESTUDO DE PATOLOGIAS EM LAJES DE COBERTURA DE RESERVATÓRIOS
DE EDIFICAÇÕES NO SETOR LESTE VILA NOVA DE GOIÂNIA - GO**

Projeto de Pesquisa apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Civil para obtenção de nota e aprovado na disciplina de Projeto de Graduação I em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Me. Fernando Moreno Suarte Júnior

**Palmas/TO
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- A657e Aquino, Messias Neto do Prado.
ESTUDO DE PATOLOGIAS EM LAJES DE COBERTURA DE
RESERVATÓRIOS DE EDIFICAÇÕES NO SETOR LESTE VILA NOVA DE
GOIÂNIA -GO. / Messias Neto do Prado Aquino. – Palmas, TO, 2022.
46 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2022.
Orientador: Fernando Moreno Suarte Júnior
1. Analisar os sistemas de impermeabilização mais utilizados em lajes de
cobertura de reservatórios no setor Leste Vila Nova de Goiânia - GO. 2.
Verificar as principais manifestações patológicas encontradas nas lajes dos
reservatórios, seguindo as recomendações da norma de inspeção
predial, ABNT NBR 16747:2020. 3. Sugerir procedimentos de reparos,
intervenção, recuperação e/ou manutenção das lajes de cobertura de
reservatórios das edificações. 4. Análise de manifestações patológicas em
lajes de reservatórios de prédios antigos. I. Título

CDD 624

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

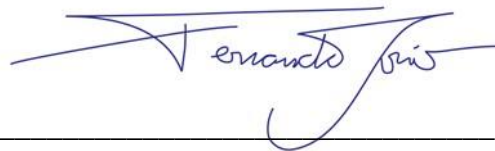
Messias Neto do Prado Aquino

**ESTUDO DE PATOLOGIAS EM LAJES DE COBERTURA DE RESERVATÓRIOS
DE EDIFICAÇÕES NO SETOR LESTE VILA NOVA DE GOIÂNIA - GO**

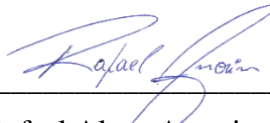
Tese apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Civil Foi avaliado para a obtenção do título de Bacharel (a) em Engenharia Civil e aprovada (o) em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 29 / 06 / 2022

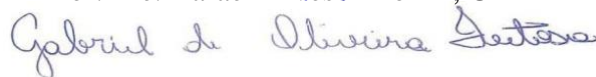
Banca Examinadora



Prof. Me. Fernando Moreno Suarte Júnior, UFT



Prof. Me. Rafael Alves Amorim, UFT



Eng. Civil Gabriel de Oliveira Feitosa

RESUMO

As lajes de reservatórios são elementos estruturais que estão expostas às ações das intempéries, por isso é comum o surgimento de manifestações patológicas nesses locais, sobretudo provenientes da umidade. Para reduzir problemas nas lajes de reservatórios é necessário que na fase de projeto e execução sejam realizados projetos de impermeabilização compatíveis com cada tipo de estrutura. Vale ressaltar que também é extremamente necessária a realização de inspeções periódicas, para que em caso de algum erro construtivo consiga haver a localização da manifestação patológica em seu início, conseguindo agir efetivamente em estratégias de intervenção. Nesse sentido, o presente trabalho consistiu em uma pesquisa de caráter qualitativo em edificações no setor Leste Vila Nova de Goiânia – GO, no qual foi realizada uma análise das manifestações patológicas em lajes de cobertura. As edificações passaram por uma inspeção e diagnóstico para que fossem localizadas as causas mais recorrentes do surgimento de patologias nesse tipo de estrutura, de forma a auxiliar as práticas construtivas futuras na execução de lajes de reservatórios nessa região.

Palavras-chave: Laje; Manifestação Patológica; Inspeção; Diagnóstico.

ABSTRACT

Cover slabs are structural elements that are exposed to the actions of the weather, so the emergence of pathological manifestations in these places is common, especially from humidity. To reduce problems in roof slabs, waterproofing projects compatible with each type of structure must be carried out in the design and execution phase. It is worth mentioning that it is also extremely necessary to carry out periodic inspections, so that in case of any type of error, it is possible to locate the pathological manifestation at its beginning, thus managing to act effectively in intervention strategies. One of the obstacles of the present work will be in getting access to residences and buildings that the person in charge releases the study of the pathological manifestations found. In this sense, the present work consists of a qualitative research in buildings in the region of Goiânia - GO, in which an analysis of the pathological manifestations in roof slabs will be carried out. The buildings will undergo an inspection and diagnosis so that the most recurrent causes of the emergence of pathologies in this type of structure can be located, thus helping in future constructive practices in the execution of roof slabs in this region.

Keywords: Slab; Pathological Manifestation; Inspection; Diagnosis.

AGRADECIMENTOS

Venho por meio deste texto agradecer a Deus por ter abençoado todos os dias com uma vida maravilhosa, cercado de boas pessoas e por sempre está comigo em todos os momentos.

Agradeço aos meus pais, José Eduardo e Keila por sempre me ajudar e me apoiar em todos os momentos da minha vida, sempre se sacrificando pra darem a melhor condição de vida pra mim e educando da melhor forma. A minha irmã Ana Carolina, que é uma pessoa que me incentiva a ser melhor todos os dias e que torce incondicionalmente pelo meu sucesso.

Agradeço a todos meus professores que também foram meus amigos e grandes referências, sempre transmitindo conhecimento e experiência das melhores formas possíveis, sempre dispostos a ajudar. Faço um agradecimento especial aos meus amigos: Professor Me. Rafael Alves Amorim e ao Professor Antonio Carlos da Silva Junior, pelo grande apoio e excelente orientação ao longo de toda trajetória de graduação, e terem aceitado com muita honra e prontidão o convite para fazerem parte dessa banca de avaliação. Agradecimento especial também para o Professor Me. Fernando Moreno Suarte Júnior, por me orientado da melhor forma ao longo da elaboração do presente trabalho de conclusão de curso, sendo meu conselheiro, sempre atencioso e dedicado, me ajudando muito nessa importante etapa da minha formação acadêmica.

E por fim, mas não menos importante, agradeço aos meus amigos e colegas que participaram dessa jornada acadêmica comigo. Em especial aos meus amigos Rodrigo Queiroz, Gabriel Feitosa, Eduardo Aguiar, Kalleb Luan, Lucas Vinicius, Victor Hugo e Lucas Cavasin, por sempre estarem ao meu lado quando precisei e me ajudar em diversos momentos na faculdade, vocês sempre farão parte, não só da minha caminha acadêmica, mas pra toda minha vida.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Armaduras de laje maciça.....	16
Figura 2 - Esquema explicativo de uma laje lisa.	17
Figura 3 - Laje nervurada.	18
Figura 4 - Camadas da impermeabilização rígida.	20
Figura 5 - Camadas da impermeabilização flexível.	20
Figura 6 - Localização do setor Leste Vila Nova.	30
Figura 7 - Fluxograma da metodologia de inspeção predial.	31
Figura 8 - Panorâmica da Superfície Externa do Reservatório I.	34
Figura 9 - Trincas na superfície externa do reservatório I.....	35
Figura 10 - Imagem panorâmica da Superfície Interna da laje do Reservatório I.....	36
Figura 11 - Manifestações Patológicas na Entrada do Reservatório I.....	37
Figura 12 – Lado esquerdo no interior da Laje do Reservatório I.....	37
Figura 13 - Lado Direito do Interior do Reservatório I.....	38
Figura 14 - Panorâmica da Superfície Externa do Reservatório II.....	39
Figura 15 - Fissura no Lado Externo da Laje do Reservatório II.....	39
Figura 16 - Lado esquerdo do interior da Laje do Reservatório II.....	40
Figura 17 - Lado Direito do Interior do Reservatório.....	40
Figura 18 - Manifestações Patológicas na Entrada do Reservatório II.....	41
Figura 19 - Panorâmica da Superfície Externa do Reservatório III.....	42
Figura 20 – Deslocamento do concreto no lado externo do reservatório III.....	43
Figura 21 - Lado esquerdo do interior da Laje do Reservatório III.....	44
Figura 22 - Lado direito do interior da Laje do Reservatório III.....	44
Figura 23 - Manifestações Patológicas na Entrada do Reservatório III.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicação da origem da umidade na construção.....	23
Quadro 2 - Principais manifestações patológicas causadas pela umidade	24
Quadro 3 - Quadro referencial da espessura da abertura e sua classificação.	35

LISTA DE ABREVIATURAS

ICOMOS - *International Council of Monuments and Sites*

ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnica

NBR – Norma Brasileira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.1.1. Hipótese	14
1.1.2. Justificativa	14
1.2. OBJETIVO	15
1.2.1. Objetivo Geral.....	15
1.2.2. Objetivo Específico	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. LAJE	16
2.1.1. Laje Maciça	16
2.1.2. Laje Lisa	17
2.1.3. Laje Nervurada.....	17
2.1.4. Laje de Reservatório	18
2.2. IMPERMEABILIZAÇÃO	18
2.2.1. Impermeabilização Rígida	19
2.2.2. Impermeabilização Flexível	20
2.3. PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO	21
2.4. PATOLOGIA.....	21
2.4.1. Patologias devido à ausência de impermeabilização	22
2.4.2. Patologias em lajes de cobertura	24
2.5. MÉTODO DE INSPEÇÃO PREDIAL.....	25
2.5.1. Tipos de Inspeção.....	26
2.5.2. Diagnóstico	26
2.5.3. Prognóstico	27
2.6. MÉTODOS DE REPARO	27

3. METODOLOGIA.....	29
3.1. METODOLOGIA DA PESQUISA	29
3.2. ÁREA DE ESTUDO.....	29
3.3. MÉTODO PARA INSPEÇÃO PREDIAL	30
4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	33
4.1. LAJE DE RESERVATÓRIO I.....	34
4.1.1. Superfície Externa Reservatório I.....	34
4.1.2. Superfície Interna Reservatório I	36
4.2. LAJE DE RESERVATÓRIO II.....	38
4.2.1. Superfície Externa do Reservatório II.....	38
4.2.2. Superfície Interna do Reservatório II.....	40
4.3. LAJE DE RESERVATÓRIO III	42
4.3.1. Superfície Externa do Reservatório III	42
4.3.2. Superfície Interna do Reservatório III	43
5. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

Em uma obra a estrutura é o elemento mais importante, por trazer resistência à construção transmitindo os esforços atuantes através de lajes, colunas, pilares e fundação. Os sistemas estruturais mais utilizados são os que utilizam o aço, madeira e concreto armado, sendo esse último bastante utilizado no Brasil (COSTA, 2020).

As lajes de cobertura são elementos estruturais que recebem as cargas fixas e variáveis atuantes no topo da edificação, além disso, por estarem expostas, também recebem ações diretas das intempéries. As ações do sol e chuva podem provocar o surgimento de manifestações patológicas nesse tipo de estrutura, principalmente se já houver outros tipos de problemas, como fissuras, descolamento de revestimento e deterioração do sistema de impermeabilização (CECHINEL *et al.*, 2009).

A ausência de impermeabilização ou a falha da mesma é um dos fatores que mais geram transtornos em uma construção. A umidade pode se tornar bastante indesejável quando atua sob a estrutura através de infiltração, capilaridade, vazamento ou percolação. Esses problemas podem ser prevenidos na fase de projeto e execução, executando um sistema de impermeabilização na laje de cobertura e sempre fazendo manutenção. Conhecer os métodos e materiais utilizados para impermeabilizar tal estrutura, pode agir efetivamente na prevenção no surgimento de muitas manifestações patológicas (RODRIGUES; JÚNIOR; LIMA, 2016).

A construção dá sinais quando está “doente” e cabe aos usuários ficarem atentos ao surgimento de tais problemas que comprometem a integridade da edificação, geralmente esses sinais externos a olhos leigos se tornam imperceptíveis ou menores do que realmente são mesmo podendo está comprometendo a estrutura (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

Segundo Nunes (2016), a realização de um diagnóstico e prognóstico efetivo das manifestações patológicas encontradas durante uma inspeção, é dever de um profissional habilitado, que por meio de inspeções seguindo recomendações da ABNT NBR 16747:2020, que fornece os procedimentos de inspeção predial, conseguirá identificar as ações adequadas para cada tipo de situação.

Visto isso, esta pesquisa de caráter qualitativa teve como objetivo o estudo dos sistemas de impermeabilização utilizados em lajes de reservatórios no setor Leste Vila Nova de Goiânia - GO, com o propósito de identificar os possíveis motivos que ocasionam falhas nessas estruturas, analisando as manifestações patológicas. Contribuindo para possíveis intervenções e melhora do sistema construtivo da região.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Um dos elementos estruturais que é importante fazer a impermeabilização são as lajes de reservatórios, por se tratar de elementos expostos às ações do calor e da chuva, sofrendo grande desgaste, podendo ocasionar sérios problemas patológicos.

No setor Leste Vila Nova de Goiânia - GO há várias edificações com idade superior a 5 anos que possuem reservatórios construídos com estrutura de concreto exposta, observa-se que as manutenções prévias não foram realizadas dentro do prazo sugerido pelo executor do sistema de impermeabilização. Quais as condições das lajes estudadas?

1.1.1. Hipótese

A presença de patologias é comum em qualquer obra, devido principalmente a erros construtivos e ausência de manutenção na edificação. Em lajes de cobertura de reservatórios não é diferente, quando não há as devidas manutenções no sistema de impermeabilização dentro do prazo previsto pelo projetista ou executor, pode haver o surgimento de uma série de patologias na superfície interna e externa da laje.

As edificações ainda que novas vão apresentar patologias nas lajes de reservatórios, visto que esta é uma estrutura que está em contato direto com o meio externo, tornando-a mais propícia para o surgimento de patologias em sua estrutura.

1.1.2. Justificativa

São comuns em edificações que tenham lajes de cobertura de reservatório encontrar problemas patológicos devido à falta de inspeções periódicas e manutenções, tais erros podem vir a ocasionar em sérios problemas para a estrutura da laje, tanto na superfície interna, quanto na externa, que pode vir a gerar custos onerosos para o responsável pela manutenção.

Fazer estudos e análises da efetividade dos sistemas construtivos utilizados nas obras gera uma série de benefícios para as futuras construções, onde podem ser constatados os vícios e erros que estão ocasionando tais problemas, possibilitando a melhora da indústria da construção civil e dos métodos construtivos utilizados naquela região.

As lajes de reservatório por serem estruturas que ficam em contato direto com as ações das intempéries necessitam de bastante cuidado, inspeções periódicas e manutenções

devem sempre ser realizadas, um estudo mais amplo das práticas construtivas e patologias encontradas acarretam em muitas melhorias para a construção civil.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. Objetivo Geral

Realizar estudo das manifestações patológicas em lajes de cobertura de reservatórios em edificações no setor Leste Vila Nova de Goiânia – GO.

1.2.2. Objetivo Específico

- Analisar os sistemas de impermeabilização mais utilizados em lajes de cobertura de reservatórios no setor Leste Vila Nova de Goiânia - GO;
- Verificar as principais manifestações patológicas encontradas nas lajes dos reservatórios, seguindo as recomendações da norma de inspeção predial, ABNT NBR 16747:2020;
- Sugerir procedimentos de reparos, intervenção, recuperação e/ou manutenção das lajes de cobertura de reservatórios das edificações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. LAJE

Segundo Costa (2020), as lajes são elementos planos, em sua maioria horizontal, com duas dimensões maiores se comparadas com a espessura. São elementos estruturais utilizadas para receber cargas fixas e variadas aplicadas sob a edificação, como por exemplo, de pessoas, móveis, pisos, paredes e as demais cargas que devem ser aplicadas durante a fase de concepção do projeto.

Castro e Viana (2015) definem laje como sendo estrutura laminares, planas feitas de concreto usinado ou não, que possui inúmeras utilizações, como cobertura, forro ou piso de uma edificação. Essa estrutura proporciona segurança, conforto e isolamento acústico, entretanto aumenta os custos para a construção. Em lajes de cobertura é mais comum encontrar lajes de concreto armado ou pré-moldadas, e devido estarem expostas às ações das intempéries se torna necessário haver um bom sistema de impermeabilização para evitar o surgimento de manifestações patológicas. Há vários tipos de lajes, das quais as mais utilizadas na construção civil são as maciça, lisa e nervurada.

2.1.1. Laje Maciça

Segundo Cardoso e Godinho (2016), lajes maciças são elementos estruturais moldados *in loco*, sendo composta por armaduras e concreto. Essas estruturas têm por finalidade receber as cargas atuantes na edificação e distribuir as suas reações nas vigas que as apoiam. A figura 1 a seguir mostra a distribuição das armaduras de uma laje maciça, onde é montada de modo a fazer a distribuição das tensões de flexão longitudinais e transversais.

Figura 1 - Armaduras de laje maciça.



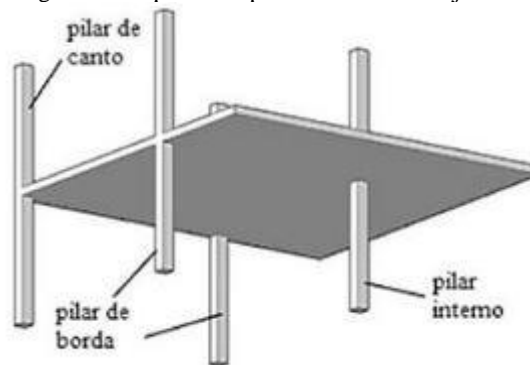
Fonte: Moura (2019).

As lajes maciças convencionais são as mais utilizadas por possuírem formas mais simples. São formadas por placas com espessura uniforme, que são apoiadas ao longo do seu contorno por vigas ou alvenarias, formando assim uma superfície plana e lisa tanto na parte superior, quanto na inferior (CASTRO; VIANA, 2015).

2.1.2. Laje Lisa

Segundo Nolasco (2014), as lajes lisas são elementos estruturais diferente dos demais, pois esta que não se apoia em vigas. O apoio da laje lisa é feito diretamente sobre os pilares. A figura 2 a seguir apresenta um esquema explicativo de como as lajes lisas são construídas.

Figura 2 - Esquema explicativo de uma laje lisa.

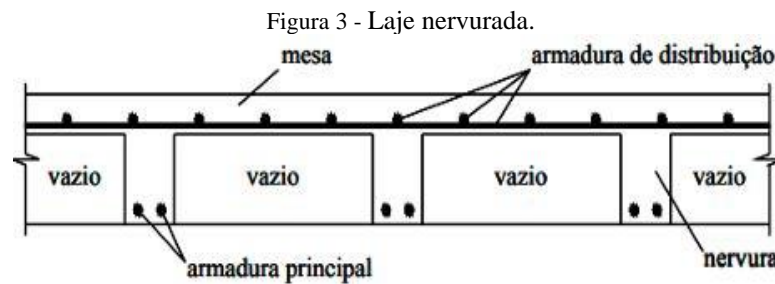


Fonte: Nolasco (2014).

Costa (2020) lista algumas vantagens desse tipo de laje, que são: facilidade em adaptação em diversos tipos de ambiente, facilidade na execução das formas e utilização de menos revestimentos. Entretanto esse método construtivo apresenta uma desvantagem, o puncionamento da laje devido à concentração de tensões nas juntas entre laje e o pilar.

2.1.3. Laje Nervurada

A laje nervurada é uma estrutura composta por um conjunto de vigas que se cruzam, solidarizadas pela mesa. São lajes moldadas *in loco* ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é composta de nervuras que pode colocar o material inerte. Esse tipo de estrutura proporciona um aumento dos vãos e são mais viáveis economicamente pela quantidade de formas (ABNT NBR 6118, 2004). A figura 3 a seguir mostra a configuração dos componentes da laje nervurada.



Fonte: Silva (2005).

Silva (2005) afirma que as lajes nervuradas são compostas por mesa, nervura, armadura principal e armadura de distribuição, podendo sua execução ser feita com formas ou utilizando materiais inertes que permaneceram na estrutura da laje após passar pela concretagem.

2.1.4. Laje de Reservatório

Os reservatórios elevados de concreto armado são formados por uma estrutura de conjuntos de pilares e vigas embutidas. O abastecimento por esse tipo de reservatório é através da gravidade, isto é, quanto maior for a altura do reservatório, maior será a pressão nas tubulações (SOUZA, 2011).

Os reservatórios localizam-se em pontos estratégicos para garantir a distribuição de água na edificação, sendo os tipos mais comuns os semienterrados e os elevados. Os elevados, foco do presente estudo, devem conter em seu projeto informações sobre a pressão mínima na rede (COSTA; MAIA; BARBOSA, 2017).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), nenhum material é propriamente durável, entretanto a ocorrência de manifestações patológicas em lajes de reservatório pode indicar falhas durante a execução da estrutura. As falhas decorrentes da interação com o ambiente também devem ser consideradas. A estrutura de concreto armado somente preservará a sua qualidade de uso original caso exposta ao ambiente e esforços ao qual foi previamente projetado.

2.2. IMPERMEABILIZAÇÃO

Um dos avanços que a construção civil teve foi com o desenvolvimento tecnológico dos materiais utilizados para a impermeabilização, que antes era feita com materiais provenientes diretamente da natureza sem que houvesse tratamento ou garantia da sua

eficácia, de forma empírica era utilizado na época um composto conhecido como betume (RODRIGUES; JÚNIOR; LIMA, 2016).

Segundo Rodrigues, Júnior e Lima (2016), o betume é um aglomerante que não necessita de água para fazer a “pega”, possui força adesiva, é hidrófobo e sensível à temperatura. Ainda hoje é uma matéria prima presente na fabricação dos impermeabilizantes, sendo encontrado nos derivados de asfalto e alcatrões.

Cechinel *et al.* (2009) afirma que, para compreender melhor os problemas relacionados a infiltração é preciso entender as causas do fenômeno, que pode ocorrer por meio da umidade por erros no processo de construção, umidade por capilaridade e a umidade através da precipitação, além de outras causas mais pontuais de cada ambiente que se abrange desde os defeitos na construção até a falta de manutenção periódica do sistema de impermeabilização.

Dessa forma entende-se a importância de haver um projeto de impermeabilização para uma obra, principalmente pela dificuldade em se tratar as patologias já existentes, que incomodam os usuários e geram elevados custos para fazer a manutenção.

Para Sousa (2011), de modo geral em substratos com características de comportamento rígido e não sofrem movimentos de nenhuma forma pode se realizar impermeabilizações chamadas de rígidas, enquanto que para os substratos que contém estrutura rígida que sofre deformações, recomenda-se a aplicação de impermeabilização flexível. Em substratos e estruturas que se deformam e estão expostos ao intemperismo, deve-se sempre optar por impermeabilizações flexíveis.

2.2.1. Impermeabilização Rígida

A impermeabilização rígida deve ser utilizada em todos os locais em que as estruturas não sofram deformação, que não sejam submetidos a alterações significativas de temperatura ou que não tenham tendência a fissuras, como cisternas e piscinas enterradas. É indicado para construções em subsolos, por serem consideradas regiões estáveis. (MOBUS, 2017).

Esse método de impermeabilização acontece através da utilização de aditivos químicos hidrófugos, em conjunto do teor granulometria dos agregados correto, reduzindo o teor de porosidade da impermeabilizada. A barreira de estanque é aplicada diretamente sobre a base, não necessitando de camadas complementares (SOUSA, 2011).

A figura 4 mostra as camadas da impermeabilização rígida.

Figura 4 - Camadas da impermeabilização rígida.



Fonte: Cunha (2013).

A impermeabilização rígida pode ser feita utilizando-se impermeabilizante de pega ultrarrápida, materiais cristalizantes, argamassa impermeável com aditivo hidrófugo e argamassa polimérica.

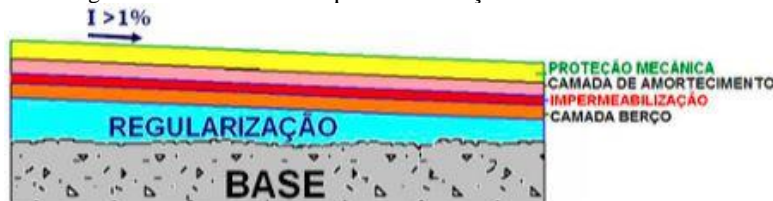
2.2.2. Impermeabilização Flexível

Segundo Righi (2009), a argamassa flexível corresponde ao conjunto de materiais ou produtos que podem ser aplicados nas áreas da estrutura que estão sujeitas à fissuração, sendo assim, em estruturas que contem risco de movimentação.

Para Soares (2014), esse método pode ser classificado em duas categorias: moldadas no próprio local (membranas ou elastômeros) e as pré-fabricadas (mantas). Podendo ser fixada através de aderência à camada de regularização e as flutuantes (não aderentes).

As mantas são geralmente indicadas para uso em lajes planas onde a impermeabilização é revestida com qualquer pavimentação ou lastro, enquanto os revestimentos feitos com pintura ou melação devem ser usados limitados em geometrias, para manter o concreto em compressão, evitando assim a ocorrência de trincas e fissuras (SOUZA; PASCOAL; BOASQUIVES, 2011). A figura 5 mostra as camadas da impermeabilização flexível.

Figura 5 - Camadas da impermeabilização flexível.



Fonte: Cunha (2013).

A impermeabilização flexível pode ser empregada com materiais como: membrana acrílica; membrana de polímero modificado com cimento; manta asfáltica; membrana

asfáltica e manta de PVC. A aplicação de tais impermeabilizantes necessita de mão-de-obra especializada (SOARES, 2014).

2.3. PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Segundo a ABNT NBR 9575:2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003), o projeto de impermeabilização é classificado em projeto básico e o projeto executivo. Sendo o projeto básico contém um guia para que a aplicação do impermeabilizante seja realizada de modo correto, para que não haja falhas na proteção contra a umidade.

O projeto executivo possui especificações detalhadas de todos os sistemas de impermeabilização a serem utilizados na construção. A concepção do projeto deve ser realizada levando em consideração os projetos arquitetônico, estrutural, hidro sanitário, águas pluviais, de gás e elétrico, para evitar sobrecarga, detalhamento e influenciar de maneira negativa na estética do prédio (ABNT NBR 9575, 2003).

A ABNT NBR 13532:2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003), recomenda que a aplicação do impermeabilizante seja realizada em obras de edificações multifamiliar, comerciais e mistas, industriais, bem como para túneis, barragens e obras de arte, pelo mesmo responsável pelo projeto legal de arquitetura.

A ABNT NBR 9575:2010 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010), afirma que no projeto deve informar os locais a serem impermeabilizados, além do detalhamento da aplicação para compatibilizar com os outros projetos. Deve conter ainda o tipo de impermeabilizante que será utilizado, considerando o substrato a ser impermeabilizado, podendo ser mais de um tipo em uma única obra.

2.4. PATOLOGIA

Deutsch (2011) afirma que, as patologias podem ter diversos tipos de origens nas edificações, por isso é bom haver um estudo mais preciso quando se realizar uma perícia. Alguns problemas podem vir a surgir devido a alguns fatores, sendo eles endógenos, exógenos, funcionais e naturais.

Existe na literatura uma pequena diferença nos termos patologia e manifestação patológica, sendo patologia a ciência que estuda o mecanismo e a causa do surgimento das

manifestações patológicas, já a segunda é a expressão que nomeia o mecanismo de degradação (SILVA, 2011).

Um dos principais fatores causadores de manifestações patológicas em lajes de cobertura é a umidade, que pode acontecer por falhas construtivas, principalmente no processo de cura dos revestimentos. Geralmente tal patologia surge quando o ambiente está com o clima mais úmido, acelerando o processo de formação das manifestações patológicas (CECHINEL *et al.*, 2009).

A umidade através da precipitação acontece quando as chuvas são associadas ao vento, fazendo com que a água penetre as falhas existentes nas fachadas, podendo também afetar as lajes que estão expostas e com falhas no sistema de impermeabilização, como as lajes de cobertura total ou parcial (BARROSO *et al.*, 2015).

As manifestações patológicas mais comuns são as oriundas da umidade, trincas, fissuras, patologias no revestimento e corrosão. Em lajes de cobertura, um dos grandes problemas está no sistema de impermeabilização utilizado, que se apresentar falha na vedação pode gerar muitas manifestações patológicas, podendo se tornar pior se combinado com outros tipos de patologias (CECHINEL *et al.*, 2009).

2.4.1. Patologias devido à ausência de impermeabilização

Souza (2008) afirma que, os problemas oriundos da umidade podem surgir em diversos lugares da edificação, como: paredes, pisos, fachadas, elementos de concreto armado, etc. Normalmente a causa para o surgimento das manifestações patológicas são variados.

As manifestações patológicas nas edificações podem surgir através de diversos fatores, como: a umidade utilizada na própria construção que é dispersa com o passar do tempo, pela capilaridade em contato com o solo úmido, com as infiltrações das chuvas, pelos vazamentos na rede hidro sanitária e através da condensação da umidade na superfície da estrutura, esta última é comumente encontrada em lajes de cobertura (SOUZA, 2008).

Para Righi (2009), tais fatores que contribuem para o surgimento das manifestações patológicas são provenientes da idade da construção, as intempéries, qualidade dos projetos e materiais utilizados, além das técnicas construtivas mal aplicadas, má utilização pelos usuários e o nível de controle empregado durante a execução da obra.

Embora muitos não saibam ou negligenciam na construção da edificação, um dos maiores problemas causadores de manifestações patológicas é a umidade, por isso é muito importante fazer a proteção da estrutura de forma correta com profissionais capacitados que especificarão as práticas construtivas e materiais adequados para cada situação.

O surgimento excessivo de umidade na edificação gera um desconforto por parte dos usuários, devido o rápido surgimento de manifestações patológicas e ainda possuir soluções onerosas, é um dos problemas mais difícil de solucionar nas construções. Devido a isso surge a importância de manter todas as recomendações para atuar na prevenção, contribuindo de forma efetiva na impermeabilização e consequentemente evitando o surgimento das manifestações patológicas (RIGHI, 2009).

O quadro 1 a seguir relaciona as origens da umidade e os locais onde costuma ser identificado.

Quadro 1 - Indicação da origem da umidade na construção.

ORIGENS	PRESENTE NA
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto
	Confecção de argamassas e execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Telhados
	Paredes
	Lajes de terraços
Umidade trazida por capilaridade (ascensional)	Terra, através dos lençóis freáticos
Umidade resultante de vazamento da rede hidro sanitária	Paredes
	Telhados
	Pisos
	Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos
	Peças com pouca ventilação
	Banheiros, cozinha e garagem

Fonte: Klein *apud* Souza, 2008.

Para Bauer (2011), a ausência ou má execução do sistema de impermeabilização em edificações com problemas de umidade pode explicar o surgimento das seguintes manifestações patológicas: manchas, bolor ou mofo, goteiras, eflorescência, deterioração e ferrugem.

2.4.2. Patologias em lajes de cobertura

Segundo Righi (2009), as infiltrações pelas lajes acontecem pelo fato delas sofrerem retração e dilatação, que conseqüentemente ocasionam fissuras e trincas que permitem a percolação da água. A melhor maneira de evitar problemas é aplicando um sistema de impermeabilização flexível, devido este material acompanhar as movimentações da laje sem romper.

Pode haver o surgimento de manifestações patológicas devidas fissuras ou trincas em lajes de cobertura de concreto armado, devido principalmente à má impermeabilização ou a falta de proteção térmica, sendo muitas vezes a aplicação mal feita ou até mesmo não realizada (YAZIGI, 2016).

Constatado que há o surgimento de manifestações patológicas na laje de cobertura, o primeiro passo é certificar que no local há o sistema de impermeabilização, a partir daí se inicia todo o processo para o tratamento das patologias encontradas, principalmente localizando as causas dos problemas (YAZIGI, 2016).

O principal causador de manifestações patológicas em lajes de cobertura é a umidade. A quadro 2 a seguir apresenta as principais manifestações patológicas causadas pela umidade.

Quadro 2 - Principais manifestações patológicas causadas pela umidade

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	ASPECTOS OBSERVADOS	PROVAVEIS CAUSAS ATUANTES
Eflorescência	Manchas de umidade	Umidade constante
	Pó branco acumulado sobre a superfície	Sais solúveis presentes no elemento da alvenaria
		Sais solúveis presentes na água de amassamento ou umidade infiltrada
		Cal não carbonatada
Bolor	Manchas esverdeadas ou escuras	Umidade constante
	Revestimento em desagregação	Área não exposta ao sol
Descolamento com empolamento	A superfície do reboco descola do emboço formando bolhas, cujos diâmetros aumentam progressivamente	Infiltração de umidade
	O reboco apresenta som cavo sob percussão	Hidratação retardada do óxido de magnésio da cal

Fonte: Perez *apud* Hanauer, 2016.

Segundo Venturini (2009), os problemas de impermeabilização em lajes de cobertura podem ser resolvidos inicialmente certificando-se o local e a extensão do problema, constatando o grau de desgaste do sistema de impermeabilização já existente. A partir daí é necessário fazer a reimpermeabilização completa do local com algum sistema flexível. As membranas asfálticas, acrílicas ou mantas asfálticas são as recomendadas para esse tipo de problema, devendo ser analisado o local de aplicação para a escolha do melhor tipo de impermeabilizante.

Outra solução utilizada para quando a laje possui revestimento cerâmico, é a aplicação de membrana acrílica que dá a aparência de um piso cimentado. Sua desvantagem é que não haverá uma camada protetora da membrana, necessitando assim de se realizar manutenções periódicas (CASTRO; VIANA, 2015).

2.5. MÉTODO DE INSPEÇÃO PREDIAL

A ABNT NBR 16747:2020 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020), é a norma que fornece diretrizes, conceitos, terminologia e procedimentos relativos à inspeção predial, uniformizando a metodologia estabelecendo métodos e etapas da atividade. As atribuições profissionais recomendadas devem ser realizadas apenas por profissionais habilitados, respeitando a legislação vigente.

Segundo essa norma o procedimento de inspeção predial se baseia nas condições técnicas, de uso, operação, manutenção e funcionalidade da edificação, considerando os seus sistemas e subsistemas construtivos, no qual é feita de forma sistêmica predominantemente sensorial com o observado no dia da vistoria, sendo considerados os requisitos do usuário. A avaliação é feita contatando a situação da edificação em atender as funções projetadas para ela, devendo ser registrada as manifestações patológicas nos diversos componentes da edificação, além de verificar se houve falhas de manutenção, no uso e operação (ABNT NBR 16747, 2020).

A avaliação de desempenho durante a inspeção predial deve abranger no mínimo os seguintes requisitos do usuário (ABNT NBR 16747, 2020):

- Segurança estrutural, contra incêndio, no uso e na operação;
- Quesitos de habitabilidade como estanqueidade, saúde, higiene, qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade;
- Sustentabilidade, durabilidade e manutenibilidade.

2.5.1. Tipos de Inspeção

A inspeção preliminar é o primeiro passo do profissional capacitado para fazer a inspeção predial, onde será realizada uma visita ao local para se familiarizar, além de fazer a identificação das áreas com maiores problemas, analisar os documentos disponíveis e entrevista com os usuários da edificação, por fim deve ser redigido um relatório preliminar com as evidências e recomendações a serem seguidas nas próximas etapas da inspeção e diagnóstico (LANZINHA, 2018).

Segundo o *International Council of Monuments and Sites* - ICOMOS (2016), o próximo passo a ser seguido em uma inspeção é a investigação visual como sendo uma avaliação sistemática e detalhada de um edifício. Nessa etapa da inspeção, o profissional devidamente habilitado deve fazer a coleta do maior número de informações disponíveis para que possa fazer uma análise mais precisa e detalhada das manifestações patológicas encontradas.

2.5.2. Diagnóstico

Logo após a parte de inspeção preliminar e a detalhada é fazer o diagnóstico, que consiste em utilizar um conjunto de procedimentos que tem como finalidade conhecer de forma detalhada a edificação, avaliando o seu estado de conservação e a integridade estrutural, e também determinar as causas das manifestações patológicas localizadas durante as inspeções (COSTA, 2006).

Após formar e descartar hipóteses na inspeção é possível revelar qual é a origem, a causa e o mecanismo de deterioração de cada manifestação patológica levando em consideração todo o processo, como ele irá evoluir e afetar a segurança da construção. Nunca há uma certeza na eficácia de um diagnóstico, devido “doenças” distintas possuírem um mesmo tratamento, este sucesso só pode ser considerado após uma resposta efetiva da estrutura ao tratamento a que ela foi dada (LAPA, 2008).

O diagnóstico periódico das estruturas de uma edificação é muito importante em termos de monitoramento de seus respectivos “Estados”, “desempenhos funcionais” e “expectativas de vida útil”. Estes são os principais e indispensáveis parâmetros e em uma análise técnica de diagnóstico de edificações. O objetivo principal é estabelecer planos de periodicidade e manutenção, ou adequação dos existentes, referentes aos diversos

componentes construtivos de um edifício. Não realizar inspeções periódicas utilizando um bom diagnóstico, além de comprometer o nível de qualidade técnica funcional dos parâmetros citados, ainda acarreta em falhas / acidentes de componentes construtivos com danos técnico-operacionais, financeiros e até humanos. (PIMENTEL, 2021).

2.5.3. Prognóstico

Lapa (2008) afirma que, o próximo passo após o diagnóstico é realizar o prognóstico, no qual será realizada a escolha da conduta, levantando hipóteses sobre a evolução futura do problema. A partir daí o profissional habilitado poderá definir o objetivo da intervenção, que pode ser para: erradicar o problema, controlar a evolução, não intervir, fazer estimativa da vida útil da edificação, limitar o seu uso e indicar sua demolição.

O prognóstico é a resposta dada depois de realizado o diagnóstico das manifestações patológicas, no qual é tomada medidas de controle, que pode ser dividida em dois grupos: reabilitação do imóvel em que está acontecendo à manutenção da estrutura ou utilizar reforço que aumente a capacidade de resistência (NUNES, 2016).

2.6. MÉTODOS DE REPARO

Para promover a resistência da estrutura contra a umidade é necessário fazer a utilização de revestimentos que supram os requisitos de uso recomendados pelo projetista diante da necessidade de cada ambiente. Podem ser utilizados revestimentos de impermeabilização ou de estanqueidade (COIMBRA, 2010).

Segundo Coimbra (2010), um método eficaz para reduzir a capilaridade na alvenaria é a ventilação natural do ambiente ou também associado com dispositivo de ventilação mecânica. Esse tipo de patologia apesar de ser mais encontrada no pé da parede, também ocorre a percolação da água através da capilaridade em lajes de cobertura.

Há muitos métodos que podem ser utilizados quando a estrutura já sofre por problemas de umidade, é necessário fazer a utilização de alguns métodos, como com a eliminação total da umidade através da injeção de produtos cristalizantes em furos executados na base do local danificado, impedindo a ascensão da umidade. Pode também ser feita uma intervenção para que ocorra a retirada da argamassa danificada pelas manifestações patológicas, logo após fazendo a limpeza com uma solução quente de água sanitária, aplicar

impermeabilizante no substrato e prosseguir com a aplicação do revestimento (LOTTERMANN, 2013).

Há vários tipos de soluções para cada tipo de problema, e o responsável técnico habilitado é quem deve indicar a melhor solução para cada tipo de problema, entretanto ações preventivas podem ser utilizadas para evitar o surgimento de muitas manifestações patológicas. A utilização de materiais menos porosos em contato com zonas úmidas e o uso de impermeabilizantes são ações são algumas das medidas preventivas que podem ser utilizadas para lajes de cobertura. Essas ações apenas serão viáveis do ponto de vista econômico na fase de projeto e execução (SILVA; ABRANTES, 2007).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa consiste em um estudo de caso sobre as manifestações patológicas encontradas em lajes de cobertura de reservatórios na região do setor Leste Vila Nova de Goiânia - GO, através de uma inspeção e diagnóstico das condições encontradas de tais estruturas na data em que foi realizado o procedimento de perícia. Os procedimentos de inspeção e diagnósticos serão feitos seguindo as recomendações técnicas da ABNT NBR 16747:2020 e com isso determinar a melhor escolha de prognóstico para cada situação.

3.1. METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa teve caráter, exclusivamente, qualitativo. De acordo com Bulmer *apud* Terence e Filho (2006), esse tipo de pesquisada é utilizado para interpretar fenômenos, os quais ocorrem por meio da interação constante entre a observação e a formulação conceitual, entre a pesquisa empírica e o desenvolvimento teórico, entre a percepção e a explicação.

3.2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi determinada com a coleta de informações em escritórios de engenharia e moradores locais do setor Leste Vila Nova de Goiânia – GO. Seguindo o foco da pesquisa, as informações coletadas em campo foram a respeito do conhecimento de manifestações patológicas em lajes de cobertura, investigando quais os sistemas de impermeabilização mais utilizados na região e em seguida foi requisitada a autorização para a realização dos procedimentos de inspeção e diagnóstico nas edificações.

Nessa primeira etapa foi possível realizar uma inspeção preliminar, observando as áreas com maiores problemas, além da entrevista com o síndico e verificação de documentos pertinentes.

A inspeção preliminar serviu de preparatório para o início da inspeção detalhada, servindo de guia para a necessidade da utilização de algum equipamento específico para a realização das análises da melhor maneira possível das manifestações patológicas. Foi importante a anotação de informações preliminares do que foi observado durante a primeira inspeção, para a realização conforme planejado na próxima etapa. A Figura 6 mostra a localização do setor Leste Vila Nova.

Figura 6 - Localização do setor Leste Vila Nova.



Fonte: Google 2022, adaptado pelo autor, 2022.

A área de estudo foi delimitada dentro de 131.826 m², sendo o setor Leste Vila Nova vizinho do setor Nova Vila Nova, setor Leste Universitário e setor Central. Suas coordenadas de localização são 16.683135° e 49.235178°.

3.3. MÉTODO PARA INSPEÇÃO PREDIAL

A ABNT NBR 16747:2020 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020), guia o responsável técnico devidamente habilitado no conselho de classe com as recomendações que devem ser utilizadas durante o procedimento de perícia, detalhando a metodologia de inspeção predial nas seguintes etapas:

- Levantamento de dados e documentação;
- Análise dos dados e documentos solicitados e disponibilizados;
- Anamnese para identificação de características construtivas da edificação;
- Vistoria da edificação de forma sistêmica;
- Classificação das irregularidades constatadas;

- Recomendação das ações necessárias para restaurar ou preservar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos da edificação afetados por falhas de uso operação ou manutenção;
- Organização das prioridades, em patamares de urgência;
- Avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 5674:2012.
- Avaliação do uso;
- Redação e emissão do laudo técnico de inspeção.

A partir disso foi possível conduzir o procedimento de inspeção predial, contatando a capacidade da edificação em atender às suas funções, sendo registradas as anomalias, falhas de manutenção, uso e operação.

A figura 7 traz as etapas utilizadas na metodologia de inspeção predial em forma de fluxograma.

Figura 7 - Fluxograma da metodologia de inspeção predial.



Fonte: Aatoria Própria, 2022.

Para a inspeção detalhada foi feita uma organização prévia para que a perícia realizada seja a mais completa possível. Alguns instrumentos serão imprescindíveis, como: prancheta para anotação; câmera fotográfica para registro das manifestações patológicas e trena para medição em caso de trincas na estrutura.

Durante a realização do diagnóstico e prognóstico, todas as informações encontradas foram levadas em consideração, para que a análise das patologias encontradas seja a mais completa possível. Nessa etapa foi realizada uma análise das manifestações patológicas através de fotografias e dados coletados, apresentando o diagnóstico e prognóstico com medidas de prevenção e intervenção.

A partir das análises feitas foi possível ter uma compreensão mais específica dos tipos de sistemas de impermeabilização utilizados na região e as manifestações patológicas mais recorrentes, para assim poder considerar possíveis causas para a ocorrência desse tipo de patologias na região, além de prestar auxílio no método construtivo utilizado.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

O procedimento de perícia foi realizado em três prédios de um mesmo condomínio na região do setor Leste Vila Nova de Goiânia - GO, que a partir de dados coletados com o síndico, pôde-se constatar que as construções tem idade superior a 40 anos, não tendo sido possível ter acesso ao projeto ou demais informações mais precisas a respeito de reformas realizadas nos prédios, sobretudo nas coberturas.

Os três edifícios são idênticos, possuindo cada um seis andares, mais o reservatório. Dessa forma foram analisados os três reservatórios, constatando-se o grau de conservação e a ocorrência de patologias em suas superfícies externas e internas. Para tanto foi utilizado uma câmera de celular para realizar as fotografias. Nas partes internas dos reservatórios, por ser de difícil acesso, foi necessário a utilização de um bastão de apoio do celular, para poder alcançar pontos mais distantes e obter imagens mais nítidas.

Os reservatórios foram nomeados para facilitar a explicação em I, II e III, e preliminarmente foi possível constatar uma maior ocorrência de manifestações patológicas no interior do reservatório II.

Por não possuir acesso aos dados técnicos de projeto e demais documentos pertinentes, tornou-se difícil analisar com exatidão as causas e os reais efeitos que as manifestações patológicas estão causando na estrutura, tornando difícil até mesmo para apontar uma solução de prognóstico mais eficiente.

Não foi possível adentrar os 3 reservatórios, por estarem em uso. Para que fosse possível realizar as fotografias do interior do reservatório foi utilizado um bastão de apoio da câmera, assim conseguindo algumas imagens do estado de conservação das superfícies interna das lajes.

Numa análise mais preliminar dos reservatórios e das superfícies analisadas, percebe-se que aparentemente não houve nenhuma obra de reparo e manutenção recentemente, e talvez nunca tenha houve, segundo informações do próprio síndico do condomínio. Isso justifica a grande ocorrência de manifestações patológicas no interior dos reservatórios, principalmente por se tratar de áreas de difícil acesso. Nota-se que não há aplicação de camada impermeabilizante para promover a estanqueidade da estrutura, um dos principais erros na construção de coberturas com lajes expostas, principalmente se tratando de um reservatório.

A seguir foi feito um detalhamento por meio de fotografias das manifestações patológicas encontradas nas superfícies internas e externas dos reservatórios, apontando as causas através do diagnóstico e o prognóstico com ações que serão necessárias de restauração ou preservação.

4.1. LAJE DE RESERVATÓRIO I

4.1.1. Superfície Externa Reservatório I

Numa análise preliminar feita na superfície externa do reservatório I, nota-se que o grau de conservação é baixo, com manchas provenientes de chuva e poluição da área urbana. As manifestações patológicas encontradas na superfície externa são pequenas e não afeta a funcionalidade da estrutura, tendo sido notado apenas a presença de pequenas fissuras, possivelmente provenientes da dilatação térmica. Na figura 8 a seguir é possível observar o estado de conservação da superfície externa do reservatório I.

Figura 8 - Panorâmica da Superfície Externa do Reservatório I.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Por ser uma superfície exposta às ações das intempéries, há a ocorrência de manifestações patológicas relacionadas ao excesso de umidade, principalmente por não estar havendo as devidas manutenções periódicas. As manchas formadas por bolor, fungos a procura de matéria orgânica, são fruto de ações biológicas que em estruturas de concreto, costumam aparecer nas superfícies mais úmidas e escuras (MOTA *et al.*, 2020).

Nota-se que não há presença de nenhum sistema de impermeabilização e apesar de não haver manifestações patológicas na superfície externa, não ausenta da necessidade de uma superfície impermeabilizante, tal erro pode afetar em toda a estrutura interna da laje do reservatório provocando patologias não aparentes, que só são percebidas em uma análise mais detalhada.

O quadro 3 classifica as anomalias de acordo o tamanho das aberturas, auxiliando na classificação das fissuras encontradas na superfície externa das lajes.

Quadro 3 - Quadro referencial da espessura da abertura e sua classificação.

Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	0,5 até 1,5
Rachadura	1,5 a 5
Fenda	5 a 10
Brecha	Acima de 10

Fonte: Oliveira (2012).

A figura 9 apresenta indícios de ter ocorrido na estrutura uma retração térmica causada ao longo dos anos pelas mudanças climáticas e exposição da estrutura às ações das intempéries. Essas fissuras auxiliam na percolação da água através da estrutura, contribuindo para o processo corrosivo da armadura presente no interior da laje.

Figura 9 - Trincas na superfície externa do reservatório I.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

As fissuras podem ser resolvidas com aplicação de argamassa para regularizar e depois fazer a aplicação de uma superfície impermeabilizante para auxiliar na vedação do

exterior da estrutura. As manchas de umidade causadas pelo excesso de infiltração podem ser resolvidas através da limpeza com aplicação de uma solução de água quente e água sanitária, além de ser necessária a impermeabilização para impedir a proliferação de novas manchas ocasionadas pelo bolor.

4.1.2. Superfície Interna Reservatório I

Numa análise preliminar feita através de imagem panorâmica da superfície interna do Reservatório I do lado esquerdo, conforme mostra a figura 10 a baixo, observa-se o elevado grau de deterioração da armadura que está exposta em praticamente toda extensão da laje do reservatório, além também do deslocamento do concreto.

Figura 10 - Imagem panorâmica da Superfície Interna da laje do Reservatório I.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Nota-se que o grau de conservação interna do reservatório encontra-se precário, provavelmente por não haver manutenção e pelas manifestações patológicas ainda não apresentarem maiores problemas para os moradores do prédio, contudo pode-se presumir que a qualidade da água pode estar sendo afetada pelo grau de conservação que se encontra o reservatório, por haver armaduras sofrendo oxidação devido à percolação da água no interior da estrutura, devido a falta impermeabilizante na superfície externa da laje do reservatório.

A deficiência na impermeabilização é a principal causa de manifestações patológicas em lajes de coberturas, pelo fato dessas estruturas ficarem expostas, e tal erro construtivo se

manifesta principalmente no lado interno da construção, como visto em análise do reservatório I.

Na entrada do reservatório I conforme a figura 11 a baixo há a presença de fissura, podendo ser devido o excesso de umidade, além do deslocamento do concreto conforme indicado pela seta.

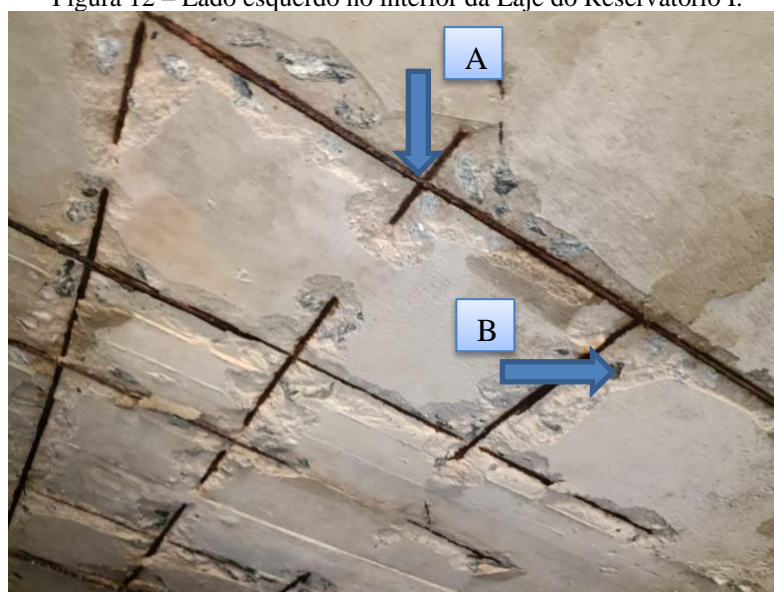
Figura 11 - Manifestações Patológicas na Entrada do Reservatório I.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Na figura 12, nota-se um início de corrosão, sendo apontada na seta A, que está sendo ocasionada na armadura, razão pela qual pode estar ocasionando o deslocamento do concreto, apontada na seta B. Apesar de provocar pequenas manifestações patológicas no lado externo da laje, no lado interno se nota as consequências desse grave erro de manutenção da superfície impermeabilizante, especialmente em lajes de cobertura, podendo estar colocando a estrutura da laje em risco, como já pode ser percebido com a exposição da armadura.

Figura 12 – Lado esquerdo no interior da Laje do Reservatório I.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

À direita da entrada do reservatório, figura 13, nota-se a ocorrência das mesmas manifestações patológicas presentes no lado esquerdo, mostrando que toda a estrutura interna da laje do reservatório está com a armadura sendo oxidada e exposta devido o deslocamento do concreto.

Figura 13 - Lado Direito do Interior do Reservatório I.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Para o reservatório I seria necessário inicialmente fazer a aplicação de uma camada impermeabilizante na superfície externa da laje para impedir a percolação da água na estrutura, que está ocasionando as principais patologias. Na superfície interna deve ser feita a limpeza da armadura com escova de aço e retirada do concreto em volta que foi corroído, e em seguida fazer o cobrimento da armadura reforçando a superfície concretada que foi deteriorada, repetindo o procedimento de concretagem na entrada do reservatório que está deteriorada.

4.2. LAJE DE RESERVATÓRIO II

4.2.1. Superfície Externa do Reservatório II

Analisando preliminarmente a superfície externa do segundo reservatório, figura 14, percebe-se que é pouca a ocorrência de manchas de umidade provenientes de bolor, se comparado com as do reservatório I. Em toda a laje há algumas poucas fissuras. Os restos de resíduos de demolição indicados pela seta são decorrentes de reparos realizados nas tampa do reservatório.

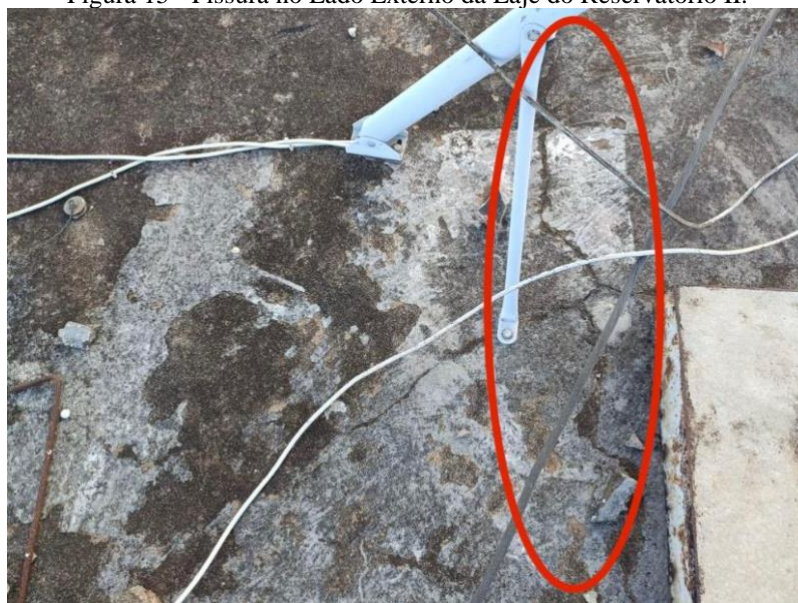
Figura 14 - Panorâmica da Superfície Externa do Reservatório II.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Na figura 15 a baixo nota-se a fissura citada, por causa da sua espessura só dá de ser percebida ao se aproximar, sendo provavelmente proveniente de dilatação térmica ou excesso de umidade na estrutura.

Figura 15 - Fissura no Lado Externo da Laje do Reservatório II.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

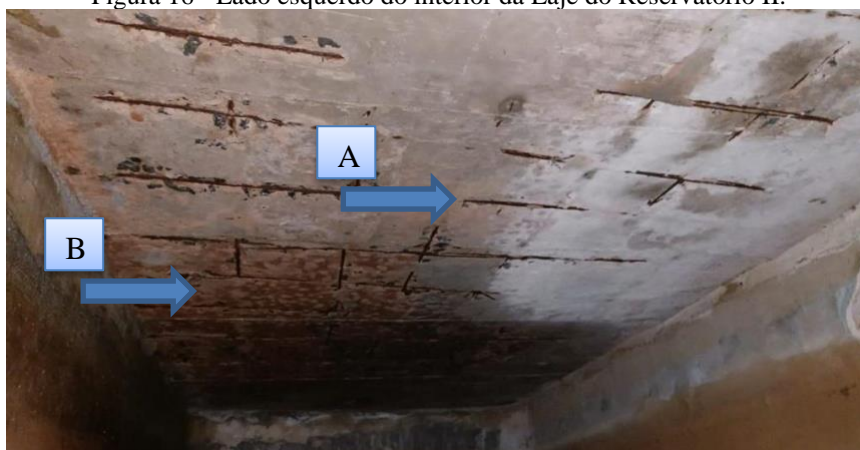
Pelos problemas de patologias indicados, percebe-se que a ocorrência é devido a ausência de um sistema de impermeabilização eficaz no lado externo da estrutura que está

exposta ao meio. A conduta a ser seguida seria fazendo uma limpeza da área com a retirada dos restos de resíduo de demolição e aplicação de camada impermeabilizante.

4.2.2. Superfície Interna do Reservatório II

No lado interno do reservatório II, assim como no reservatório I, o lado interno foi o que mais apresentou manifestações patológicas. Podendo ser observada a exposição da armadura “A” e processos de corrosão “B” que já está bem mais avançado no lado esquerdo da superfície interna, conforme visto na figura 16.

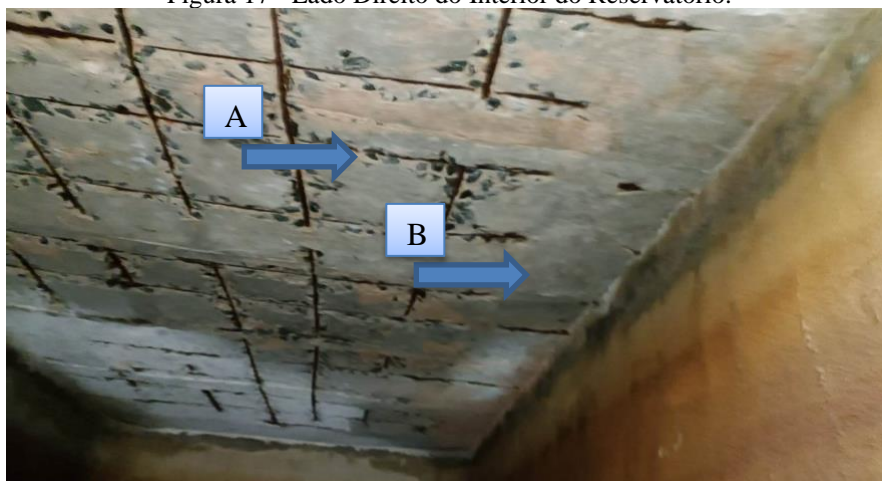
Figura 16 - Lado esquerdo do interior da Laje do Reservatório II.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Já no lado direito da superfície interna do reservatório II, nota-se a exposição da armadura “A” e manchas de umidade “B” indicando o excesso de água na estrutura, razão pela qual está havendo a ocorrência de tantas manifestações patológicas, conforme indicado na figura 17 abaixo.

Figura 17 - Lado Direito do Interior do Reservatório.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

A figura 18 a seguir, mostra ambos os lados da entrada do reservatório que há várias manifestações patológicas ao redor de toda a entrada. Houve a troca da estrutura da tampa do reservatório, mas as patologias não receberam os devidos tratamentos. Nota-se a exposição da armadura “A” e o deslocamento do concreto “B”, conforme visto na figura 18.

Figura 18 - Manifestações Patológicas na Entrada do Reservatório II.



Fonte: Aatoria Própria, 2022.

As manifestações patológicas encontradas no interior do reservatório II e na sua entrada foram ocasionados devido o excesso de água na estrutura, podendo ser percebido que o prédio não vem passando por inspeções periódicas para notar as falhas presentes na estrutura, a falta de sistema impermeabilizante está ocasionando falhas estruturais, que com o tempo podem aumentar a tal ponto de necessitar de uma interdição. Para corrigir tais manifestações patológicas é muito importante que seja feita a impermeabilização da estrutura externa, para que não haja a percolação da água através da estrutura da laje, e logo após realizar os devidos procedimentos de recuperação em toda a estrutura interna e entrada do reservatório, que seria a limpeza com escova de aço e retirada do concreto em volta que foi corroído, seguida do cobrimento da armadura reforçando toda a superfície deteriorada.

4.3. LAJE DE RESERVATÓRIO III

4.3.1. Superfície Externa do Reservatório III

Analisando preliminarmente o lado externo da superfície da laje do reservatório III, é visível que nessa laje no lado externo há maior ocorrência de manifestações patológicas que na observada nas outras duas lajes, com grande destaque para o deslocamento do concreto que está ocorrendo em toda a superfície da estrutura conforme visto na figura 20. Há também a ocorrência a formação de bolor, proveniente do excesso de umidade no local. A figura 19 a seguir apresenta uma imagem panorâmica da superfície externa do reservatório III.

Figura 19 - Panorâmica da Superfície Externa do Reservatório III.



Fonte: Autorial Própria, 2022.

Aproximando a imagem é possível observar o elevado grau de deslocamento do concreto na camada de proteção que está sobre a manta impermeabilizante, que aparenta estar bastante desgastada. Além do tubo de água que ficou exposto, que se estiver com muita pressão é necessário que ele seja grauteado para que fixe e não gere movimentação que ocasionam trincas. A figura 20 abaixo mostra o deslocamento do concreto no lado externo do reservatório III.

Figura 20 – Desplacamento do concreto no lado externo do reservatório III.



Fonte: Aatoria Própria, 2022.

Para resolver tais problemas é recomendada a retirada de todo o concreto que está sobre o sistema impermeabilizante, fazer a reaplicação da manta e o cobrimento com as demais camadas.

4.3.2. Superfície Interna do Reservatório III

O lado direito da superfície interna do reservatório III se encontra semelhante às demais estruturas, com armadura exposta sendo oxidada por causa da percolação d'água no interior da laje de cobertura, devido à falta de sistema impermeabilizante. Tais manifestações patológicas podem ser percebidas abaixo na figura 21.

Figura 21 - Lado esquerdo do interior da Laje do Reservatório III.



Fonte: Aatoria Própria, 2022.

Já no lado direito no interior do reservatório III as manifestações patológicas são bem menores se comparados com o mesmo lado dos outros dois reservatórios, mas ainda assim apresenta início de oxidação da armadura que esta começando a ficar exposta, podendo chegar ao estado em que as outras estruturas se encontram.

Figura 22 - Lado direito do interior da Laje do Reservatório III.



Fonte: Aatoria Própria, 2022.

A entrada do reservatório III se encontra bastante deteriorada, bem pior que a dos outros dois reservatórios. O deslocamento do concreto levou à exposição da armadura, ação

ocasionada devido à infiltração d'água no interior da estrutura, como pode ser visto na figura 23.

Figura 23 - Manifestações Patológicas na Entrada do Reservatório III.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

Após análise preliminar e mais detalhada da estrutura interna do reservatório III é possível indicar um prognóstico com as ações necessárias para o tratamento das manifestações patológicas, que são muito semelhantes às dos outros reservatórios, por ser 3 edificações com estruturas idênticas e com o mesmo sistema construtivo. A ausência do sistema de impermeabilização é o principal fator que leva a ocorrência das manifestações patológicas, pois a oxidação da armadura interna faz com que o ferro se expanda e cause as demais patologias, como o deslocamento do concreto e formação de trincas, além da exposição da armadura. O mais indicado é haver reparos urgentes para que as manifestações patológicas não se agravem e comprometam a estrutura toda.

A aplicação de sistema impermeabilizante segue sendo a primeira medida de reparo, seguido de tratamento das armaduras com limpeza com escova de aço e retirada do concreto em volta que foi corroído, e logo após fazer o cobrimento da armadura e dos locais onde houve o deslocamento do concreto.

5. CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas nas lajes dos três reservatórios foi possível observar o quão importante é fazer inspeções periódicas em toda a edificação, especialmente em locais que apresentam mais contato com a água, pois esta é a causadora da maioria das manifestações patológicas.

As lajes de cobertura de reservatórios necessitam de maiores cuidados, tanto pelo fato de estar em contato direto com o meio externo sujeita às intempéries, quanto por no seu interior haver água. Tais estruturas necessitam de vistorias periódicas regulares e de obras de reparo assim que observado algum indício de se formar patologias no local, assim evitando que haja maiores reparos que são mais difíceis devido ao difícil acesso, principalmente no interior do reservatório que está em uso.

Na região analisada foi possível constatar que o sistema de impermeabilização mais utilizado foi o flexível, com foco nas mantas asfálticas, principalmente devido as lajes de coberturas serem estruturas expostas ao ambiente.

Nos três casos analisados foi possível observar que há a formação de muitas manifestações patológicas idênticas em todas as três estruturas. Com as informações obtidas com o síndico a respeito de inspeções periódicas e obras de reparo, que nunca havia tido, já se imaginava que poderia haver a formação de muitas patologias.

Comparando as três estruturas, apesar de terem manifestações patológicas parecidas, a superfície interna da laje I foi a que apresentou pior estado, com muitas armaduras expostas e sofrendo bastante oxidação, esta necessita de reparos urgentes para que não piore e comprometa toda a estrutura. O interior das outras duas também têm as mesmas manifestações patológicas que necessitam de reparos para que não cheguem a um estado mais avançado como da laje I ou até pior.

As superfícies internas das três lajes também apresentam manifestações patológicas bem semelhantes, apenas com algumas trincas e formação de bolores, mas na superfície externa da laje III apresentou um estado pior em relação às outras, que está tendo deslocamento do concreto deixando exposta até mesmo uma tubulação.

Pelo estado de conservação apresentado nas três lajes é nítido que o sistema de impermeabilização utilizado não está mais fazendo o isolamento da estrutura, sendo necessário em todas as três lajes fazer a troca de todo o sistema de impermeabilização para que a causa de tantas manifestações patológicas seja tratada. As manifestações patológicas do

interior das lajes dos reservatórios devem ser tratadas com urgência, para evitar o avanço das manifestações que pode afetar a segurança da estrutura, devido à armadura de aço estar exposta e sofrendo oxidação, levando ao deslocamento do concreto que faz o cobrimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13532**. Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16747**. Inspeção Predial – Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118** - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9575** Impermeabilização Execução e Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BARROSO, Gustavo Ferreira; MENESES, Flávio Marcio Caetano de; CAMPOS JÚNIOR, Dejanir José; MAGALHÃES, Sérgio Ricardo. **Sistemas de Impermeabilizações (Ênfase em Manta Asfáltica)**. Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde, v. 5, n. 1, 2015.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção** 2. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

CARDOSO, Eduardo Leffa; GODINHO, Daiane dos Santos da Silva. **Estudo do dimensionamento de lajes maciças para análise de custo X benefício para fins de utilização em habitação residencial: estudo de caso**. 2016. 22 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Unesc - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Sul Catarinense, 2016.

CASTRO, Diêgo Ferreira de; VIANA, Gabriela Aparecida Xavier. **Estudo dos sistemas de impermeabilização em lajes de cobertura de edificações: Técnicas e patologias**. 2015. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Instituto de Educação e Tecnologia de Caratinga, Caratinga, 2015.

CECHINEL, Bruna Moro; VIEIRA, Fábio Linemberg; MANTELI, Priscila; TONEL, Sávio. **Infiltração em alvenaria** - Estudo de caso em edifício na Grande Florianópolis. Caderno de Publicações Acadêmicas, v. 1, n. 1, p. 16, 2011.

COIMBRA, T.L.A. **Patologias em Alvenarias de preenchimento induzidas por deformação dos suportes**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, 2010.

COSTA, A., *et al.* 2º Seminário: **A Intervenção no Património Práticas de Conservação e Reabilitação**. Porto, FEUP, 2006.

COSTA, Mateus Victor Araujo da. **Análise estrutural simplificada de lajes: estudo comparativo do comportamento de uma laje de cobertura simples e uma laje com cobertura verde**. 2020. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2020.

CUNHA, Eduardo Henrique da. **IMPERMEABILIZAÇÃO**. Goiás: Slide, 2013. 105 slides, color.

DEUTSCH, S. F. **Perícias de engenharia: a apuração dos fatos**. São Paulo: Leud, 2011.

GOOGLE EARTH (Estados Unidos) (Comp.). Software baixável. 2001. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 1 fev. 2022.

HANAUER, Davi de Andrade. **Análise de manifestações patológicas provenientes da umidade através de estudo de caso em boa vista do buricá/rs.** 2016. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, 2016.

ICOMOS. **Recomendações para a análise, conservação e restauro do patrimônio arquitetônico.** 2016.

LANZINHA, João C. G.. **Reflexões sobre inspeção técnica, diagnóstico de patologias e reabilitação do edificado.** Rio de Janeiro: Apresentação do Power Point, 2018. 137 slides, color.

LAPA, José Silva. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.** 2008. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LOTTERMANN, A.F. **Patologias em estruturas de concreto: Estudo de caso.** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2013.

MOBUS, Construção. **Sistema de Impermeabilização.** 2017. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/sistema-de-impermeabilizacao/>. Acesso em: 18 jan. 2022.

MOTA, Gabriel Luan Paixão et al. **PATOLOGIAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO - ESTUDO DE CASO: BLOCO I DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.** Revista Fumec, Palmas, v. 11, p. 12-23, 04 jun. 2020. Semestral.

NOLASCO, Gláucia. **Tipos de Laje.** 2014. Disponível em: <<https://maisengenharia.wordpress.com/2014/10/06/tipos-de-laje/>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

NUNES, Adriana Maria Ferreira. **Inspeção, Diagnóstico e Propostas de Reforço de Igreja da Rota Românico.** 2016. 216 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2016.

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

PIMENTEL, Fabiano Carvalho. **DIAGNÓSTICO DE EDIFICAÇÃO: autovistoria predial.** 2021. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, Universidade Santa Úrsula, Rio de Janeiro, 2021.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – análise de casos [dissertação de mestrado].** Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria, 2009.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções - análise de casos.** 2009. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - Rs, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7741>. Acesso em: 20 jan. 2022.

RODRIGUES, Renato Moura; SOBRINHO JÚNIOR, Antônio da Silva; LIMA, Evelyne Emanuelle Pereira. Erros, Diagnósticos e Soluções de Impermeabilização na Construção Civil. **InterCientia**, João Pessoa, v. 4, n. 2, p. 19-33, 2016.

SILVA J.M.; ABRANTES, T.V. **Patologias em paredes de alvenaria: Causas e soluções. Seminário sobre Paredes de Alvenaria**, P.B. Lourenço et al. (eds.), 2007.

SILVA, Eng. Civil Marcos Alberto Ferreira da. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**. 2005. 242 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal de SÃO Carlos, São Carlos, 2005.

SILVA, F. B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. 2011. Técnica, edição 174, set. 2011.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil** [monografia]. Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

SOUSA, Felipe Campos. **Impermeabilização de Lajes Com Uso de Manta Asfáltica - Estudo de caso no tratamento de infiltração em laje de cobertura**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) UNIVERSIDADE VALE DO RIO DOCE, 2011.

SOUZA, Felipe Campos de; PASCOAL, Ivo Raphael; BOASQUIVES, Vitor Barbosa. **Impermeabilização de Lajes com uso de manta asfáltica** - Estudo de caso no tratamento de infiltração em laje de cobertura [monografia]. Universidade Vale do Rio Doce. Governador Valadares – MG, 2011.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 64f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

TUTIKIAN, Bernado; PACHECO, Marcelo. *Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil. Boletín Técnico*. ALCONPAT Internacional, Mérida 2013, 15p.

VENTURINI, Geovane Righi. **Estudo de sistema de impermeabilização: patologias, prevenções e correções** – análise de casos. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

YAZIGI, Walter Miranda. **A técnica de edificar**. 15º Ed. Rev. e Ampl. São Paulo: Pini, 2016.

COSTA, Naiara G.; MAIA, David Alan S.; BARBOSA, Anderson H.. Identificação de Patologias em Reservatórios de Concreto Armado em Juazeiro/BA. In: CONPAR, 17., 2017, Petrolina. **Artigo**. Recife: Pkp, 2017. v. 1, p. 1-14.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais. IBRACON. 4a Edição, 2014.