



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



JOÃO SÁVIO FERREIRA MOURA

**ANÁLISE DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE DO PALÁCIO DO
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SERGIPE**

São Cristóvão – SE

2022

JOÃO SÁVIO FERREIRA MOURA

**ANÁLISE DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE DO PALÁCIO DO
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Sergipe (UFS) como requisito para o
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Emerson Meireles de Carvalho

São Cristóvão - SE

2022



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CONSELHO DO ENSINO, DA PESQUISA E DA EXTENSÃO
RESOLUÇÃO Nº 10/2014/CONEPE



ANEXO II

SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO ELETRÔNICA

Autorizo a Universidade Federal de Sergipe a disponibilizar, através de seu Repositório Institucional e catálogo online do Sistema de Bibliotecas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto integral da obra abaixo citada, em formato digital, para fins de leitura, impressão e download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir da data abaixo firmada.

() Especialização (X) Graduação () Residência médica

Núcleo / Departamento: Departamento de Engenharia Civil

Título: Análise da impermeabilização da laje do Palácio do Tribunal de Justiça do Estado de Sergipe

Autor(a): João Sávio Ferreira Moura

CPF: 066.495.755-26

e-mail: jsavio@academico.ufs.br

Orientador(a): Prof. MSc Emerson Meireles de Carvalho (UFS)

CPF: 374.259.435-49

e-mail: emcufs2010@academico.ufs.br

Data de conclusão: 27 de setembro de 2022

Data de depósito: 31 de outubro de 2022

João Sávio Ferreira Moura
Assinatura do(a) Autor(a)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



ATA DE DEFESA

João Sávio Ferreira Moura

Análise da impermeabilização da laje do Palácio do Tribunal de Justiça do Estado de Sergipe

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe (UFS) como requisito para o título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 27 de setembro de 2022

Banca Examinadora		Nota
Orientador(a): Prof. MSc Emerson Meireles de Carvalho (UFS)	—	7,0
Examinador(a): Prof. MSc Rezende Cardoso Jr. (UFS)	—	7,0
Examinador(a): Prof ^a MSc. Patrícia Menezes Carvalho (Faculdade Pio Décimo)	—	7,0
Média Final:		7,0

EMERSON
MEIRELES
DE
CARVALHO:
37425943549

Assinado digitalmente por EMERSON
MEIRELES DE
CARVALHO:37425943549
ND: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=RFB e-CPF A1, OU=AC SERASA RFB, OU=34190803000178, OU=PRESENCIAL, CN=EMERSON MEIRELES DE CARVALHO:37425943549
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização:
Data: 2022.11.02 20:13:29-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 12.0.0

Prof. MSc Emerson Meireles de Carvalho (UFS)
Assinatura do(a) Orientadora(a)

RESUMO

O sistema de impermeabilização em lajes tem como objetivo proteger a edificação e seus sistemas da ação nociva da água, a fim de evitar o surgimento de infiltrações e de patologias. As lajes estão expostas a ação deletéria da água devido a ausência e/ou falha de execução do sistema de impermeabilização. Diante disso, este trabalho tem a proposta de analisar a execução de um sistema de impermeabilização em manta asfáltica com colagem de maçarico de gás em uma laje de concreto exposta, que está sujeita a alta amplitude térmica e sem nenhum tipo de cobertura. Para tal análise, realizou-se uma revisão bibliográfica em monografias e artigos acadêmicos, manuais de fabricantes e o acompanhamento na execução da obra para verificar se o procedimento executado encontra-se dentro dos padrões técnicos observados na bibliografia. Esta revisão compreende a importância do sistema de impermeabilização e do procedimento executivo, além dos seus tipos, falhas e/ou ausência, as patologias que podem causar e suas aplicações de acordo com as condições da laje.

Palavras-chave: Impermeabilização; patologias; laje.

ABSTRACT

The waterproofing system aims to protect the building and its systems from the harmful action of water, in order to prevent the appearance of infiltrations and pathologies. Slabs are surfaces that are exposed to these actions, due to the absence, failure of execution and/or maintenance of a waterproofing system. Therefore, this work has the proposal to analyze the execution of a waterproofing system in an exposed concrete slab, being subject to thermal variation and without any type of coverage. To reach this analysis, a bibliographic review was carried out in monographs and academic articles, websites, manufacturers' manuals and monitoring of the execution of the work to check if the procedure performed was within the technical standards. This review understands the importance of the waterproofing system, its types, failures or absence, the pathologies that they can cause and their applications according to the conditions of the slab.

Keywords: Waterproofing; pathologies; slab

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Custo da impermeabilização <i>versus</i> etapa de execução	15
Figura 2	Custo da impermeabilização em cada etapa da obra	15
Figura 3	Sistemas de impermeabilização do tipo rígido e flexível	16
Figura 4	Camadas do sistema de impermeabilização com manta asfáltica	24
Figura 5	Rebaixamento do nível e aplicação de prime na área do ralo	25
Figura 6	Impermeabilização de rodapé de parede de alvenaria	26
Figura 7	Corrosão de armaduras	30
Figura 8	Fissura na edificação	31
Figura 9	Juntas elásticas de dilatação	32
Figura 10	Patologia em forro do banheiro	33
Figura 11	Surgimento de manchas no muro devido à umidade	35
Figura 12	Descascamento da pintura	36
Figura 13	Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes	41
Figura 14	Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes	42
Figura 15	Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes	42
Figura 16	Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes	42
Figura 17	Antes da demolição da proteção mecânica e remoção da manta asfáltica existente	43
Figura 18	Execução da demolição da proteção mecânica e remoção da manta asfáltica existente	43
Figura 19	Limpeza da área, após a remoção da manta e ampliação da área das condensadoras	44
Figura 20	Depois da demolição da proteção mecânica e remoção da manta asfáltica existente	44
Figura 21	Aplicação do primer	45
Figura 22	Aplicação de manta asfáltica	46
Figura 23	Execução da proteção mecânica	47
Figura 24	Aplicação da manta asfáltica	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal	29
Tabela 2	Comparativo de custos dos sistemas capazes de impermeabilizar o local estudado	37
Tabela 3	Vantagens e desvantagens dos sistemas de impermeabilização a ser escolhido	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Tipos de impermeabilizantes e suas aplicações	19
Quadro 2	Documentos normativos	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. REVISÃO DA LITERATURA	14
4.1 IMPERMEABILIZAÇÃO: CONCEITOS E IMPORTÂNCIA	14
4.1.1 Impermeabilização rígida.....	17
4.1.1.1 Argamassa polimérica.....	17
4.1.1.2 Argamassa com aditivo impermeabilizante	18
4.1.1.3 Cristalizantes.....	18
4.1.2 Impermeabilização flexível.....	20
4.1.2.1 Membranas.....	20
4.1.2.2 Mantas	21
4.1.3 Falhas do sistema de impermeabilização	26
4.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: CAUSAS E SOLUÇÕES	27
4.2.1 Corrosão das armaduras	29
4.2.2 Trincas e fissuras em estruturas de concreto.....	30
4.2.3 Umidade no teto de forro ou lajes de concreto	32
4.2.4 Sistema de pintura.....	34
4.3 SELEÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	36
5. METODOLOGIA	40
6. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA QUENTE NAS LAJES DO PALÁCIO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SERGIPE.....	41
7. ANÁLISE DA EXECUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE DO PALÁCIO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SERGIPE	48
REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil tem buscado soluções para garantir a vida útil das edificações por meio do desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento de seu processo de aplicação. Diante desse cenário, torna-se clara a importância dessas soluções para os problemas causados por infiltrações de água em edificações, visto que tais infiltrações podem causar danos econômicos e à saúde dos usuários. A fim de evitar esses danos, é de fundamental importância a aplicação de sistemas de impermeabilização para garantia da estanqueidade da edificação, sistemas estes que têm como objetivo proteger, selar e vedar elementos porosos da ação da água e da umidade.

Os sistemas de impermeabilizações existentes são utilizados de acordo com a necessidade e as características apresentadas para cada elemento/sistema a ser impermeabilizado, sendo o sistema flexível utilizado em lajes, reservatórios e demais elementos que estão sujeitos a variações térmicas e deformações consideráveis; enquanto que o sistema de impermeabilização rígido é indicado para elementos de fundação, os quais estão sujeitos as mínimas variações térmicas, como piscinas e banheiros.

Segundo Moraes (2002), os principais fatores responsáveis pelo mau funcionamento do sistema de impermeabilização se referem à falta de projeto, à mão de obra desqualificada, a preparação inadequada do substrato e ao caimento insuficiente para coletores de águas pluviais.

A partir da definição dos sistemas de impermeabilização e de suas características e com o objetivo de realizar uma análise de impermeabilização de uma laje de concreto armado, o presente trabalho possui como elementos norteadores a compreensão da importância dos sistemas, seus principais tipos e suas necessidades, bem como o processo executivo e a compreensão das patologias geradas pela falha do mesmo. Para tal feito, foi realizada uma revisão bibliográfica em artigos científicos, monografias, livros e sites especializados para o levantamento de dados acerca de sistemas de impermeabilização.

2. JUSTIFICATIVA

A abordagem da impermeabilização como tema central deste trabalho surge da necessidade de entender as causas das manifestações patológicas presentes nas edificações para mitigar os danos ao longo de sua vida útil e analisar o processo da técnica construtiva, além de auxiliar com embasamento técnico, os profissionais da área acerca da importância da aplicação do sistema de impermeabilização. As manifestações patológicas estão presentes na maioria das edificações em intensidades e períodos diferentes, podendo ser entendidas como o produto resultante da origem do problema, o qual é notado pelo usuário final ou profissional capacitado a depender do grau que a mesma apresente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a execução do sistema de impermeabilização da laje do Palácio Tobias Barreto de Menezes do Tribunal de Justiça do Estado de Sergipe, a qual será realizada de acordo com embasamento técnico da revisão bibliográfica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos consistem em:

- Apresentar os conceitos, a importância e os tipos de falhas dos sistemas de impermeabilizações nas edificações;
- Caracterizar as principais manifestações patológicas do prédio do Palácio da Justiça Tobias Barreto de Menezes;
- Analisar se o sistema de impermeabilização adotado atende aos critérios técnicos para impermeabilização da laje de concreto.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 IMPERMEABILIZAÇÃO: CONCEITOS E IMPORTÂNCIA

A impermeabilização é uma necessidade histórica, visto que o homem primitivo procurava as cavernas para se abrigar a fim de se proteger da umidade, das chuvas, dos animais e do frio. Diante disso, percebeu-se que a umidade penetrava nas paredes das cavernas, tornando o ambiente insalubre ao seu propósito. Ao longo do tempo, buscando sanar a proteção de seus bens e de si próprio, o homem começou a criar mecanismos de impermeabilização, como o uso da palha, argila e cerâmica na revolução agrícola, denominados impermeabilizantes, os quais até os dias atuais são utilizados na construção de edifícios e retenção de líquidos, por exemplo.

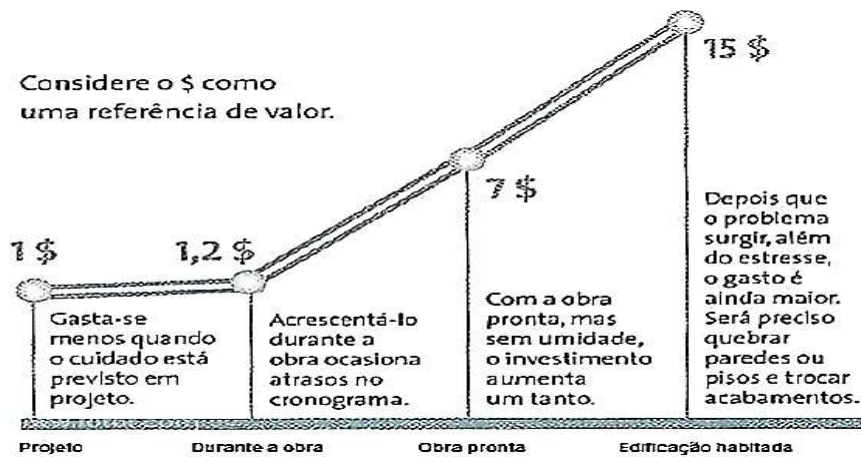
De acordo com a ABNT NBR 9575:2010, impermeabilização consiste em um conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), formado por uma ou mais camadas com o intuito de proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade.

De acordo com Bauer (2012):

A impermeabilização é a proteção das construções contra a infiltração da água. Os serviços de impermeabilização geralmente são delicados, exigindo o máximo cuidado porque são fáceis de levar a insucessos. Mas são indispensáveis e importantíssimos, tanto para aparência como para a proteção das construções.

As definições de impermeabilização apresentadas corroboram com os mecanismos utilizados pelos primitivos ao longo do processo histórico. Sendo assim, diante do desenvolvimento das técnicas construtivas e da evolução dos materiais até os dias atuais, torna-se clara a necessidade do projeto de impermeabilização nas edificações. Segundo Righi (2009), atrasos no planejamento e execução do projeto de impermeabilização, especialmente depois do surgimento de problemáticas relacionadas e quando o usuário final já estiver habitando o imóvel, podem tornar esse processo até 15 vezes mais oneroso em comparação com a execução do mesmo projeto durante a realização da obra. A Figura 1 ilustra justamente a variação no custo da impermeabilização de acordo com o momento em que é realizada, reforçando que é possível economizar ao executar a impermeabilização na fase de concepção de projeto em contrapartida com a fase inicial, durante ou pós-obra.

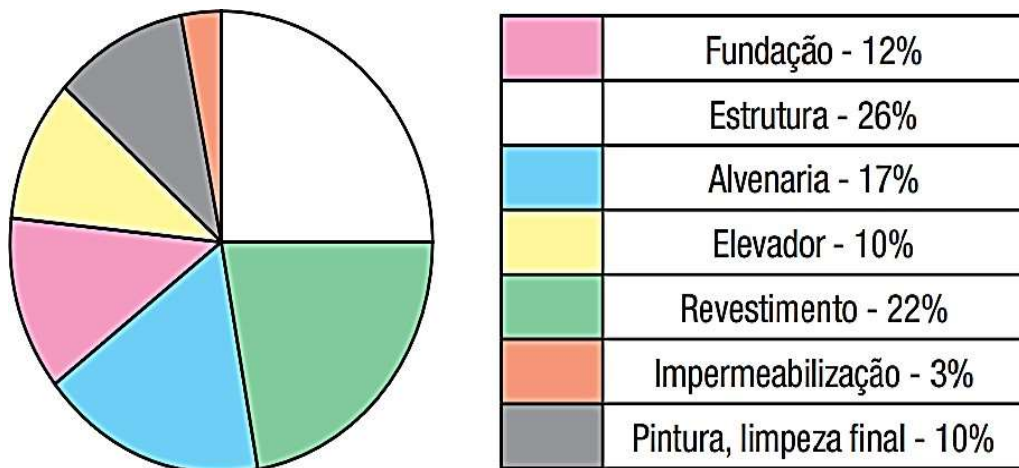
Figura 1 – Custo da impermeabilização *versus* etapa de execução



Fonte: Righi (2009)

Em paralelo, de acordo com a Figura 2, o custo com impermeabilização de uma obra fica em torno de 3% do seu valor total (RIGHI, 2009), reforçando a importância do processo de impermeabilização durante a fase de projeto, assim como são tratados os demais projetos estruturais, hidrossanitários e elétricos, a fim de evitar retrabalhos e o surgimento de manifestações patológicas nos ambientes, medidas que reduzirão o valor global da obra.

Figura 2 – Custo da impermeabilização em cada etapa da obra



Fonte: Vedacit (2010)

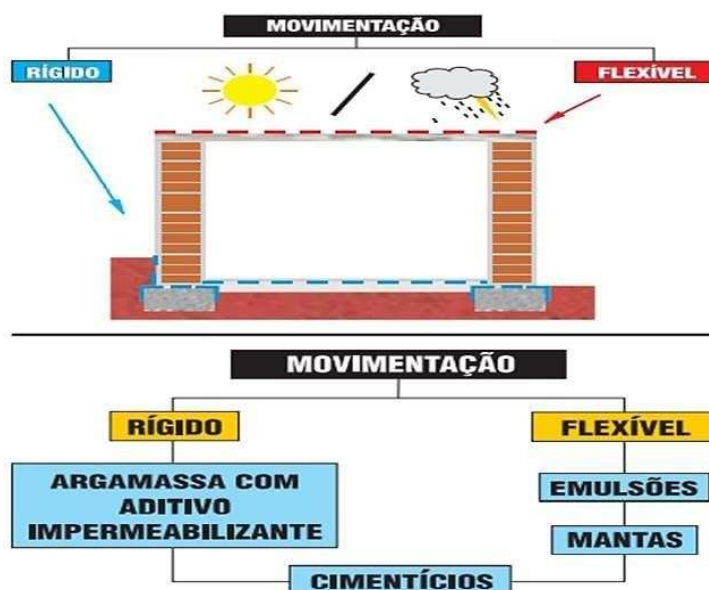
Diante da importância do processo de impermeabilização das edificações para prevenir o surgimento das manifestações patológicas, tais quais danos à estrutura, proliferação de fungos, bolores e manchas na pintura; faz-se necessária a realização de um projeto de impermeabilização que contemple todas as etapas da construção da obra, desde sua fundação até ao acabamento final, verificando sua aplicação por parte dos executores e realizando o controle tecnológico dos materiais a fim de garantir a vida útil da estrutura e evitar intervenções futuras na edificação que causam transtornos aos usuários e aumentam o custo total da

edificação.

Com relação aos tipos de impermeabilização, sabe-se que, de modo geral, os sistemas presentes no mercado possuem os mesmos objetivos: criar um mecanismo de proteção para o ambiente a ser impermeabilizado para evitar o surgimento das manifestações patológicas. Os materiais utilizados devem apresentar características que alteram a sua aplicabilidade, funcionamento e durabilidade. Segundo a norma NBR 9575, os tipos de impermeabilização são classificados de acordo com o material constituinte principal da camada impermeável, sendo divididos em impermeabilizantes cimentícios, asfálticos e poliméricos (ABNT, 2010). Entretanto, há uma outra forma de classificação referente a flexibilidade do sistema de impermeabilização que os dividem em rígidos e flexíveis, conforme descrito no manual técnico de impermeabilização de estruturas da Vedacit (empresa brasileira especializada no comércio de produtos impermeabilizantes e materiais de construção).

O sistema de impermeabilização rígido é indicado para estruturas e/ou locais com pouca variação térmica, que não se movimentam, com pouca ou nenhuma deformação, a exemplo de caixas d'água, piscinas enterradas e fundações; enquanto que o sistema flexível é utilizado em estruturas sujeitas a variação térmica e deformação considerável, como lajes de cobertura e reservatórios elevados (VEDACIT, 2010). A Figura 3 relaciona o tipo de movimentação com o tipo de impermeabilizante utilizado para cada situação.

Figura 3 – Sistemas de impermeabilização do tipo rígido e flexível



Fonte: Vedacit (2010)

Existem diversos materiais impermeabilizantes a serem utilizados durante o processo construtivo, de tal modo que a seleção de tais materiais é de extrema importância para garantir

que as áreas internas não sejam danificadas, mantendo toda a integridade estrutural da obra. As seções subsequentes tratarão dos principais impermeabilizantes utilizados de acordo com o tipo de impermeabilização requerida.

4.1.1 Impermeabilização rígida

A impermeabilização rígida é bastante utilizada em locais com pouca variação de temperatura, vibração e que não estão sujeitas ao surgimento de trincas e fissuras, isto é, estruturas com pouca deformação. De acordo com Moraes (2002), os sistemas rígidos são aplicáveis em estruturas sujeitas a mínimas variações. Além disso, são utilizados em materiais frágeis, como o concreto, a fim de vedar os vazios dos poros para evitar a passagem de água, assim como em reservatórios e piscinas enterradas, subsolos, muros de arrimo, silos e poços de elevadores (VEDACIT, 2010). Os impermeabilizantes rígidos mais empregados são a argamassa polimérica, cristalizantes, argamassa impermeável, cimento polimérico e resina epóxi.

4.1.1.1 Argamassa polimérica

A argamassa polimérica é um tipo de impermeabilização industrializada aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros que formam um revestimento com propriedades impermeabilizantes (VEDACIT, 2010). Materiais de matriz polimérica são conhecidos por suas propriedades de alta resistência, boa resistência química, rápido tempo de cura, longa vida útil e baixa permeabilidade (MAHERZI et al., 2020).

Antes da aplicação da argamassa polimérica, a literatura técnica afirma que a superfície deve estar ligeiramente úmida (porém, não saturada), limpa e isenta de pó e trincas, as quais devem ser tratadas previamente. O preparo desse tipo de argamassa requer que os dois componentes utilizados sejam misturados perfeitamente, de preferência com agitador mecânico, com aplicação no período máximo de uma hora após a mistura. Caso não seja utilizado de uma só vez, a mistura dos componentes deve ser feita na proporção 1:3 (líquido:pó). Também é recomendado aplicar entre 2 a 4 demãos cruzadas de argamassa polimérica com broxa ou trincha, sendo necessário um intervalo de aproximadamente 6 horas entre a aplicação de cada demão. Ademais, ressalta-se que a proteção da argamassa polimérica é realizada em locais onde exista possibilidade de agressão mecânica, utilizando a proteção mecânica (VEDACIT, 2010).

4.1.1.2 Argamassa com aditivo impermeabilizante

De acordo com a NBR 9575, argamassa com aditivo impermeabilizante é um tipo de impermeabilização não industrializada aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de cimento, areia, aditivo impermeabilizante e água de modo a formar um revestimento com propriedades impermeabilizantes (ABNT, 2010). Em termos comerciais, a Vedacit (2010) estabelece que o aditivo impermeabilizante deve ser homogêneo e que, a depender das condições climáticas e do tempo de armazenamento, o produto em questão pode apresentar consistência mais fluida. Com sua qualidade não sofrendo qualquer alteração uma vez que a quantidade de ingredientes ativos permanece constante, independente da sua viscosidade.

No tocante à preparação do substrato, de acordo com VEDACIT (2010), a preparação deve ser procedida de uma verificação da presença de trincas que devem ser corrigidas. As cavidades existentes na superfície devem ser preenchidos com argamassa de cimento e areia com traço volumétrico mínimo 1:3. As superfícies a serem revestidas devem ser ásperas, isentas de partículas soltas e materiais estranhos e o substrato deve estar limpo e isento de resíduos de agente de cura, desmoldantes, óleos ou graxas e os cantos devem ser arredondados.

Ainda conforme a VEDACIT (2010), a aplicação de argamassa com impermeabilizante deve ser precedida em 24 horas pela aplicação de um chapisco com traço volumétrico de 1:2 a 1:3. A argamassa impermeável deve ser aplicada de forma contínua, com espessura de 30 mm, dividida em duas camadas de 15 mm, evitando-se a superposição das juntas de execução. A primeira camada deve ter acabamento sarrafeado, a fim de oferecer superfície de ancoragem para camada posterior, sendo a argamassa impermeável manualmente adensada contra a superfície para eliminar ao máximo o índice de vazios. As duas camadas devem ser executadas no mesmo dia, caso contrário, a última camada deve ser precedida de chapisco. Quando houver descontinuidade devido à interrupção de execução, a junta deve ser previamente chanfrada e chapiscada. A última camada deve ter acabamento com uso de desempenadeira. Já em relação à proteção da argamassa impermeável, recomenda-se proteção mecânica em locais onde exista possibilidade de agressão mecânica.

4.1.1.3 Cristalizantes

A impermeabilização por cristalização ocorre através da interação entre a água e os compostos cristalizantes que agem entre si e formam uma barreira impermeável e resistente a pressões negativas. Esse tipo de impermeabilização visa melhorar o desempenho contra a

penetração de água através da formação de cristais nos poros e fissuras do concreto. De acordo com a FiberSals (2019a), a impermeabilização por cristalização é um sistema de proteção para elementos de concreto armado que atua formando cristais minerais preenchendo completamente os poros, aberturas, fissuras, impedindo a passagem da água.

O uso da impermeabilização por cristalização é indicado tanto para o tamponamento de infiltrações e jorros de água sob pressão em subsolo, galerias e outras estruturas submetidas à infiltração por lençol freático quanto para o chumbamento rápido de peças e como aditivo acelerador de pega de argamassa (VIAPOL, 2010).

O Quadro 1 apresenta um resumo dos diferentes tipos de impermeabilizantes mencionados e suas aplicações.

Quadro 1: Tipos de impermeabilizantes e suas aplicações

IMPERMEABILIZANTE	CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
Argamassa polimérica	São argamassas industrializadas componente líquido (emulsão de polímeros) e o (cimento aditivado), devendo ser misturadas e homogeneizadas antes da aplicação.	Pisos, reservatórios e subsolos, paredes de encosta, etc.
Argamassa com aditivo impermeabilizante	São argamassas que com a mistura de aditivos bloqueiam a passagem da água. Devem ser aplicadas em locais que não estão sujeitos a trincas e à fissuração.	Subsolos, Baldrame, piscinas, pisos em contato com o solo, etc.
Cristalizantes	São compostos químicos de cimentos aditivados, resinas e água. Tem como objetivo o bloqueio da água através da formação de cristais nos poros.	reservatórios enterrados, galerias, piscinas enterradas e tuneis, etc

Fonte: Autoria própria.

4.1.2 Impermeabilização flexível

A impermeabilização flexível é indicada para lugares sujeitos a movimentações, vibrações, variações de temperatura, trincas e fissuras, visto que seus materiais trabalham como uma membrana de proteção que evita a infiltração da água (SCHREIBER, 2012). Os materiais da impermeabilização flexível são encontrados na forma de mantas e de membranas e são feitos à base de elastômeros e polímeros, sendo que podem ser aderidos e moldados ao ambiente moldados no local. Esse sistema é bastante utilizado em reservatórios de água superior, varandas e coberturas, além de lajes de forma geral que estão sujeitas a grande variação térmica, calhas de grandes dimensões e em ambientes molhados (banheiros, cozinhas, áreas de serviço).

Para esse tipo de impermeabilização, a NBR 9575 estabeleceu o uso de membrana acrílica, membrana de emulsão asfáltica, membrana de poliuretano, manta asfáltica e entre outros (ABNT, 2010).

4.1.2.1 Membranas

Esse tipo de sistema de impermeabilização é moldado no local e é obtido através da aplicação de várias demãos de um material impermeabilizante líquido na superfície formando justamente uma membrana depois de seco. Trata-se então de um sistema flexível e sem emendas.

Segundo Cichinelli (2007), as membranas moldadas *in loco*, quando bem executadas, são eficientes e excelentes soluções para áreas muito recortadas e estreitas como jardineiras ou canaletas de drenagem, em obras de reparo ou quando utilizadas em paredes de gesso acartonado, devido a menor espessura.

Schreiber (2012) apresentou os passos de aplicação do produto:

Para aplicação do produto o substrato tem que ser totalmente limpo, eliminando completamente materiais como óleo, graxa e poeira, e bem regularizado. A regularização da laje é feita com argamassa de cimento e areia. Após essa regularização deve ser realizada novamente a limpeza da superfície para aplicação do produto de modo a se obter o desempenho desejado.

São vários tipos de materiais que podem ser utilizados como membranas impermeabilizantes, portanto, as características de resistência, flexibilidade, durabilidade, modo de aplicação também variam de acordo com o material a ser utilizado.

a) Membrana acrílica

As membranas com emulsão acrílica são bastante utilizadas em reformas,

principalmente em coberturas e telhados, e são de fácil aplicação. O material é diluído em água e é aplicado em várias demãos que são intercaladas por um estruturante. A membrana acrílica não oferece resistência mecânica, logo, não deve ser instalada em local transitável. Outro ponto importante a ser ressaltado é que deve haver uma inclinação mínima na superfície para evitar o acúmulo de água sobre a membrana a fim de reduzir o risco de transformar a membrana novamente em uma emulsão e danificar o sistema de impermeabilização.

Segundo Ferreira (2012), o produto é composto por resina acrílica dispersa em água, executada com diversas demãos intercaladas por estruturantes e com resistência aos raios solares devendo ser aplicada em superfícies expostas não transitáveis.

b) Membrana de poliuretano

As membranas de poliuretano são utilizadas em lajes de circulação de veículos, quadras poliesportivas, reservatórios de água, piscinas e lajes de cobertura e o sistema é constituído por camada de regularização (opcional), primer à base de epóxi, revestimento flexível à base de poliuretano e agregados. A aplicação é realizada a frio e por camadas, sempre respeitando os limites de consumo por metro quadrado e o intervalo entre demãos do fabricante (SONCINI; MENEZES, 2018).

c) Membrana de emulsão asfáltica

As membranas asfálticas moldadas a quente ou a frio são produtos impermeabilizantes, moldados *in loco*, compostos pela sobreposição de camadas de asfalto, diferenciando-se a qualidade em função do tipo de asfalto e dos polímeros empregados. Os asfaltos podem ser asfaltos oxidados, poli condensados ou modificados. Os estruturantes mais utilizados, responsáveis pela resistência à tração são os véus de fibra de vidro, telas de poliéster ou nylon e véus de polietileno (GABRIOLI, 2006).

Para Ferreira (2012), o asfalto oxidado é o sistema mais tradicional do Brasil, tendo sido utilizado desde o início da impermeabilização de edificações no país. O material é aplicado a quente e sua moldagem ocorre por meio de sucessivas demãos de asfalto derretido intercalados com telas ou mantas estruturantes, além de possuir um bom desempenho em banheiros, cozinhas, lajes médias e reservatórios.

4.1.2.2 Mantas

As mantas são classificadas como um sistema pré-fabricado flexível pela sua capacidade de acompanhar as movimentações da estrutura. De acordo com Schreiber (2012), as mantas

possuem espessuras definidas e controladas pelo processo industrial, podendo ser aplicadas em uma única camada, gerando rapidez e economia de mão de obra. Além das mantas asfálticas, existem as mantas sintéticas, tais como a manta de PVC, PEAD (polietileno de alta densidade), EPDM (manta elastomérica de etileno-propileno-dieno- monômero) e TPO (termoplásticas).

a) Manta PEAD

A manta PEAD (polietileno de alta densidade) é um sistema armado que é indicado para aterros sanitários, lagoas, canais, reservatórios de concreto e túneis de coberturas pré moldadas. Segundo definição da Vedacit (2010) o sistema é elaborado com base de asfalto modificado armado com estruturante de polietileno de alta densidade (PEAD) conferindo ao produto grande elasticidade sem comprometimento da sua uniformidade dimensional.

b) Manta de PVC

A manta de PVC consiste em um sistema utilizado nas impermeabilizações de terraços transitáveis, jardineiras, reservatórios d' água, túneis, subsolos e fundações. Apresentam resistência aos raios solares, ao ataque de raízes e microorganismos e podem ficar expostas às intempéries (SCHREIBER, 2012). Segundo Pires (2018), a manta é 100% impermeável e apresenta baixos níveis de deformações com o passar do tempo mesmo sendo exposta a grande variação de clima e temperatura, devido a fusão de materiais pelo processo de calandragem, permitindo excelentes características de flexibilidade, resistência aos raios UV, resistência a inchaços, apodrecimento e envelhecimento.

c) Manta de EPDM

A Manta de EPDM (etileno-propileno-dieno-monômero) é uma manta pré-vulcanizada utilizada para impermeabilizações que resistem bem à umidade, aos álcalis, aos ácidos e ao envelhecimento, além de possuir uma ótima resistência a altas temperaturas, às intempéries e ter boa elasticidade (SCHREIBER, 2012). Esse material é indicado para lajes sujeitas a movimentações térmicas, fissuras e lagos artificiais. As emendas são feitas com adesivo auto vulcanizante e fita de caldeação, sendo a manta aplicada sobre um berço amortecedor a frio constituído de emulsão asfáltica.

d) Manta asfáltica

Mantas asfálticas são feitas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais, sendo justamente o asfalto modificado presente o responsável pela impermeabilização do material (VEDACIT, 2010). Esse asfalto é modificado com polímeros e

estruturantes em poliéster, fibra de vidro ou polietileno e o seu uso é indicado para lajes, reservatórios, jardineiras, paredes de encostas, estruturas sujeitas a movimentação, vibrações e variações térmicas. Ressalta-se que mantas asfálticas possuem dimensões definidas em fábrica, normalmente com 10 m ou 15 m de comprimento e 1,05 m de largura, cuja composição tem o asfalto como elemento predominante, impermeável, pré-fabricado, obtido por calandragem, extensão ou outros processos com características definidas (SINDUSCON-MG, 2016).

Conforme SINDUSCON-MG (2016), as principais funções da manta asfáltica são:

Garantir o atendimento à vida útil prevista em projeto; aumentar a vida útil das estruturas; impedir a corrosão das armaduras do concreto; proteger as superfícies contra umidade, manchas e fungos; e propiciar conforto, estética e salubridade ao ambiente e usuário

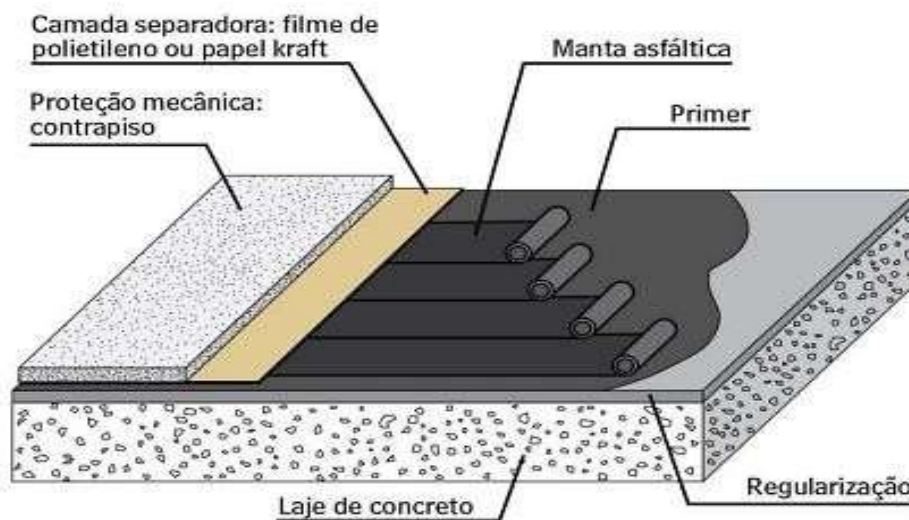
Quadro 2: Documentos normativos

PRODUTO	DOCUMENTOS NORMATIVOS
MANTA ASFÁLTICA	ABNT NBR 9575:2010 – estabelece as exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, para que sejam atendidos os requisitos mínimos de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como os requisitos de salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram.
	ABNT NBR 9574:2008 – estabelece as exigências e recomendações relativas à execução de impermeabilização para que sejam atendidas as condições mínimas de proteção da construção contra a passagem de fluidos, bem como a salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram, atendendo à ABNT NBR 9575.
	ABNT NBR 9952:2007 – especifica os requisitos mínimos “de performance”, e necessários para a aceitação de mantas asfálticas utilizadas para impermeabilização, bem como estabelece os métodos de ensaio necessários para a verificação destes requisitos.

Fonte: Sinduscon-MG (2016)

A realização do procedimento executivo de impermeabilização com manta asfáltica com maçarico deve atender os requisitos técnicos da ABNT NBR 9574:2008, a qual estabelece uma metodologia de aplicação envolvendo preparação do substrato, imprimação, aplicação da manta asfáltica, teste de estanqueidade, camada separadora, proteção mecânica e detalhamento executivo em pontos estratégicos, como ralos, soleiras e rodapés de parede e platibandas.

Figura 4 – Camadas do sistema de impermeabilização com manta asfáltica



Fonte: Sinduscon-MG (2016).

A NBR 9574 (ABNT, 2008) especifica que o substrato deve se encontrar firme, coeso, seco, regular, limpo e isento de corpos estranhos, restos de formas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos e com tempo de cura mínima de 7 dias, devendo haver declividade nas áreas horizontais de no mínimo 1% em direção aos coletores de água e que na região de calhas e áreas internas esse valor mínimo é de 0,5%. Vale ressaltar que os cantos devem estar em meia cana e as arestas arredondadas. A próxima fase se refere à imprimação, etapa inicial do método de aplicação do sistema de manta asfáltica, que consiste na aplicação do primer, elemento composto por asfalto oxidado diluído em solvente orgânico e é o elemento de ligação entre o substrato e a manta. Sua aplicação é por meio do rolo de lã sobre a superfície regularizada e seca.

Após a secagem com toque da camada de primer, deve ocorrer a aplicação da manta asfáltica, que pode ser aplicada com o desenrolar dos tubos de manta sobre a laje, deixando um transpasse lateral de 10 cm. A colagem da manta deve ser iniciada pelos ralos e coletores de água, vindo no sentido das extremidades, de tal modo que nos rodapés a manta do piso deve cobrir parte da meia cana, onde, posteriormente, cola-se outra manta descendo do rodapé ao piso, resultando em um trecho com manta dupla. Para uma boa execução, é fundamental o direcionamento da chama do maçarico para o aquecimento simultâneo do substrato imprimado e a face de aderência da manta, pressionando a manta do centro em direção às bordas de forma a expulsar eventuais bolhas de ar e as sobreposições de no mínimo 10 cm, por meio do selamento das emendas com roletes, espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas.

A próxima etapa trata-se do teste de estanqueidade, por meio do enchimento dos locais

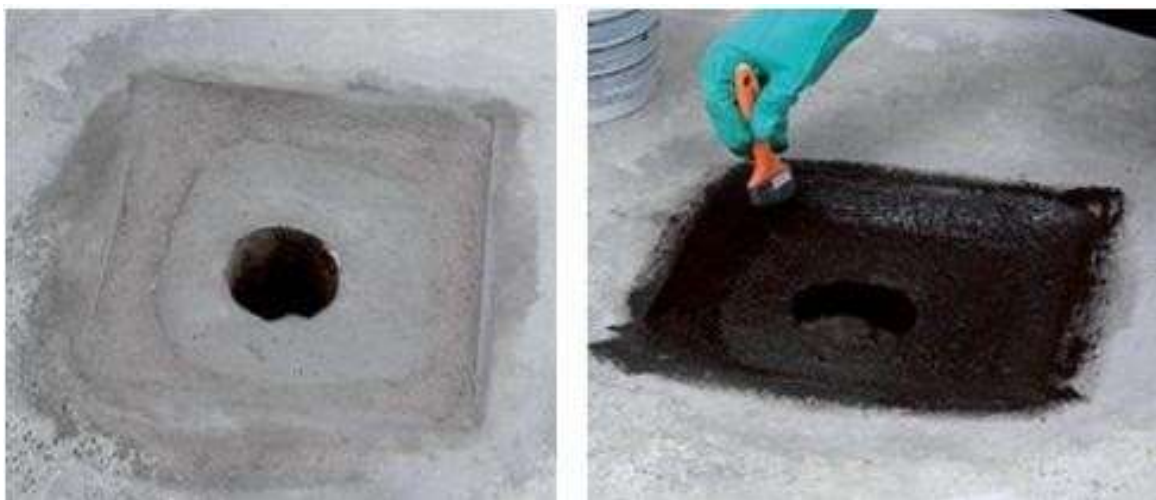
impermeabilizados com água, mantendo-se o nível por, no mínimo, 72 horas e com uma lâmina de 10 cm de água no ponto mais alto da área impermeabilizada. Na ocorrência de pontos de falhas de colagem da manta, os reparos necessários devem ser efetuados na manta para refazer o teste de estanqueidade. Após a garantia da estanqueidade, deverá ser aplicado sobre a manta a camada separadora (filme de polietileno ou papel kraft) sobre a superfície horizontal, cujo objetivo é impedir que a superfície impermeabilizada entre em contato com a camada de proteção mecânica.

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), o isolamento térmico, quando necessário, é realizado pela camada de proteção mecânica, responsável pela redução do gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra os efeitos prejudiciais do calor excessivo. As estruturas sofrem efeitos das dilatações e das contrações, de acordo com o coeficiente de dilatação térmica de cada material, podendo causar fissuras na estrutura, prejudicando o sistema de impermeabilização.

A proteção mecânica deve ser executada com argamassa de cimento e areia sobre a camada separadora de 3,0 cm no mínimo e tem a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável. Para Picchi (1986), a camada de isolamento térmica da cobertura, atende a três importantes funções: conforto, economia de energia, e estabilidade da estrutura e aumento da vida útil das edificações.

Segundo manual técnico de impermeabilização da Viapol (2017), na área dos ralos deverá ser criado um rebaixo de 1 cm de profundidade, com área de 40 x 40 cm com bordas chanfradas para que haja nivelamento de toda a impermeabilização (vide Figura 5).

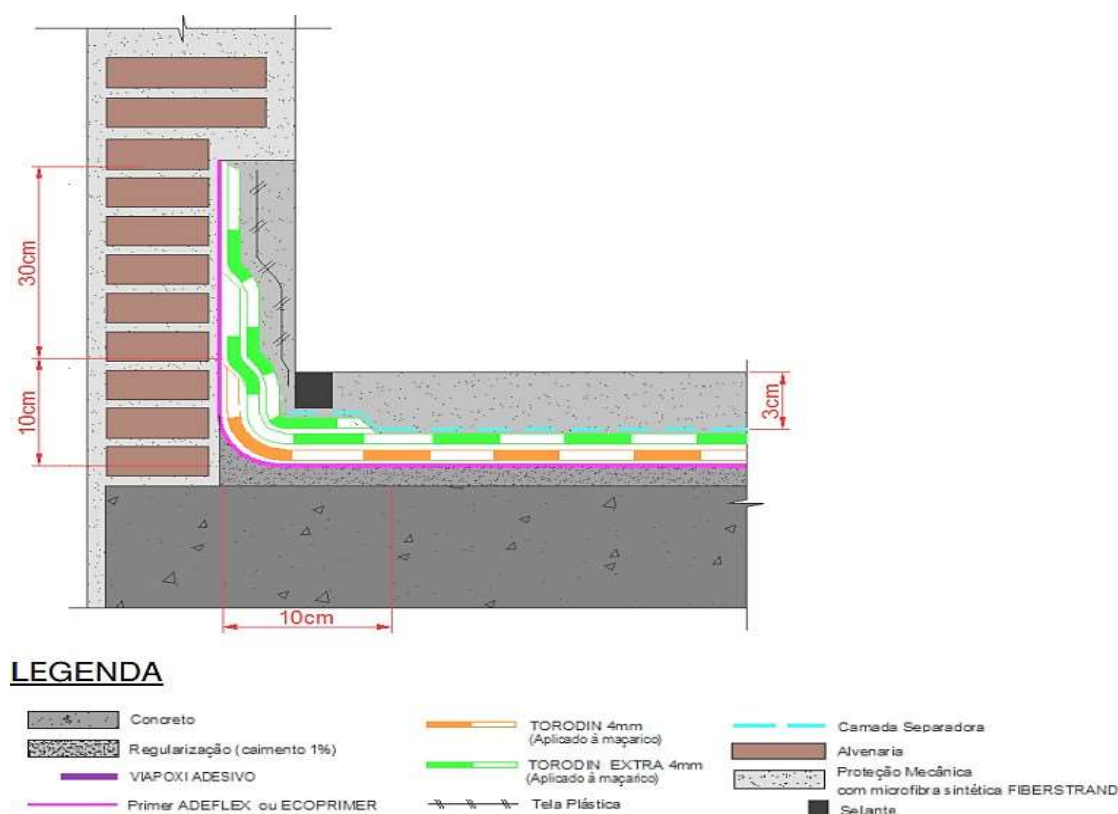
Figura 5 – Rebaixamento do nível e aplicação de prime na área do ralo



Fonte: Anuário Pini (2012).

A NBR 9575 (ABNT, 2010) orienta que nos planos verticais deve ser feito um encaixe para embutir a impermeabilização, a exemplo de rodapés de paredes e platibandas, a uma altura mínima de 20 cm acima do nível do piso acabado ou 10 cm do nível máximo que água pode atingir. O rodapé deve ser em meia cana e a manta deverá ser encaixada na parede para impedir a entrada de água por trás da manta. A Figura 6 ilustra um esquema de impermeabilização de rodapé de parede de alvenaria.

Figura 6: Impermeabilização de rodapé de parede de alvenaria



Fonte: Viapol (2017).

4.1.3 Falhas do sistema de impermeabilização

A aplicação dos sistemas de impermeabilização na edificação colabora para a manutenção da sua vida útil, garantindo a proteção das estruturas e demais sistemas de ação nociva da água e evitando a propagação da umidade e de infiltrações. A ausência de um projeto de impermeabilização na concepção da edificação ou a presença de falhas de impermeabilização colaboram para a deterioração dos mesmos, causando uma série de patologias e, por consequência, a diminuição da sua vida útil.

De acordo com Picchi (1986), as origens dos defeitos em impermeabilização podem estar atrelados à ausência de projeto, escolha inadequada de materiais, dimensionamento

insuficiente dos coletores pluviais, detalhamento das juntas, ausência de rodapé, falta de proteção das cotas de platibanda, permitindo a infiltração sob a impermeabilização e erros de projeção em outras partes do edifício (como rede pluvial mal projetada e falta de desnível na soleira), causando infiltrações que acabam sendo atribuídas a problemas de impermeabilização. Nesse sentido, o controle da execução do processo de impermeabilização é primordial para a obtenção do desempenho desejado, sendo necessário que ocorra uma fiscalização correta a ser realizada pela empresa aplicadora e pelo responsável da obra, visto que parte das falhas dos sistemas de impermeabilização ocorre devido à mão de obra desqualificada.

Mais especificamente, o IBDA (2010) afirmou que levantamentos feitos pelo mercado indicam que, dos problemas ligados à impermeabilização, a deficiência da mão de obra representa 90% contra 10% da qualidade dos materiais. Essa estatística é facilmente justificada pela carência do mercado da construção civil em relação à mão de obra capacitada. O aprendizado, na maior parte das vezes, se dá com orientação de profissionais experientes aliados à prática no cotidiano.

Godoy e Barros (1997) destacaram que os principais problemas ocorridos durante a execução dos serviços são: falta de argamassa de regularização, ocasionando a perfuração da impermeabilização; não arredondamento de cantos e arestas; execução de impermeabilização sobre a base úmida, comprometendo a aderência e podendo gerar bolhas que ocasionarão deslocamentos e rupturas da película impermeabilizante; bem como execução de impermeabilização sobre base empoeirada, comprometendo a aderência e juntas travadas por tábuas ou pedras com cantos cortantes que podem agredir a impermeabilização.

Segundo Picchi (1986), as principais falhas em um sistema de impermeabilização estão associadas à má qualidade dos materiais, decorrentes de materiais não normatizados com propriedades inadequadas a utilização e/ou materiais adulterados, seja devido a ausência de controle de qualidade ou pela adulteração do fornecedor e/ou aplicador. A utilização desses materiais pode trazer consequências graves para a edificação, tais como: danos à construção, à estrutura e sua funcionalidade, assim como prejuízos à saúde dos usuários, danos aos bens internos dos imóveis, descrédito do segmento da impermeabilização e desgaste entre cliente final/construtora/aplicador, o que, certamente, pode levar a ações judiciais.

4.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: CAUSAS E SOLUÇÕES

Na construção civil, a patologia das construções estuda qualquer fenômeno que afete o desempenho da edificação, podendo ser físico, econômico ou estético. Segundo Silva (2011),

a patologia é uma ciência que estuda e procura explicar os mecanismos de degradação, anomalias ou problemas de uma construção. Estes mecanismos podem ser realizados pela concepção do projeto ou pela ausência dele. A NBR 15575 estabeleceu que as obras devem possuir uma vida útil de, no mínimo, 50 anos, entretanto, é comum identificar diversas edificações que apresentam manifestações patológicas antes deste prazo, podendo ser ocasionadas pela umidade na edificação que acaba comprometendo a sua durabilidade. Silva (2011) definiu manifestação patológica como a expressão resultante de um mecanismo de degradação (eflorescência, fissuras), tratando-se de algo oriundo de determinada ocorrência. Nesse sentido, é muito importante ter conhecimento de onde surgiu a patologia para, desse modo, conseguir determinar quais medidas de recuperação devem ser adotadas tendo em vista que uma patologia inicial pode desencadear muitas outras (ANDRADE, 2022).

Em seu trabalho, Verçosa (1983) afirmou que a passagem de água na edificação é responsável por diversas patologias, as quais são difíceis de solucionar e acarretam prejuízos financeiros aos responsáveis, além de causar desconforto aos usuários e danos a bens e equipamentos armazenados no interior dos imóveis. Nas construções, os defeitos mais comuns decorrentes da penetração de água, seja sob a forma líquida ou vapor, podem variar de bolhas e manchas nas paredes até problemas de ordem estrutural, comprometendo a segurança e a estabilidade das construções e até a saúde das pessoas (IBI, 2022). As armaduras com baixo cobrimento de concreto, por exemplo, podem entrar em contato com a água, expandir e estourar elementos estruturais ao sofrer corrosão, além de poder ocasionar manchas nas paredes e tetos, formação de limo e bolores.

De acordo com Storte (2006), as manifestações patológicas em sistemas de impermeabilização se dividem em: manifestações provocadas pela infiltração de água devido à ausência ou falha da impermeabilização e aquelas originárias do processo construtivo, que podem provocar danos à impermeabilização. As principais origens das patologias associadas à má execução são: falta de argamassa de regularização que ocasiona a perfuração da impermeabilização; ausência de arredondamento de cantos e arestas; erro na interpretação dos projetos; uso de concreto vencido; e execução da impermeabilização sobre base empoeirada, comprometendo a aderência e falta de fiscalização. Em paralelo, patologias advindas da má utilização são decorrentes de sobrecarga não prevista no projeto, da perfuração da impermeabilização sem que haja qualquer reparo após a instalação de antenas; substituição de pisos e azulejos; ataque de agentes agressivos; e instalação de floreiras na cobertura de modo a possibilitar a penetração de água por cima do rodapé impermeabilizado (OLIVEIRA, 2015).

4.2.1 Corrosão das armaduras

A corrosão das armaduras é uma das mais comuns manifestações patológicas das edificações, podendo determinar o fissuramento do concreto e até seu deslocamento fazendo com que sua armadura fique exposta ao ambiente. Essa corrosão é frequentemente relacionada à presença de teores críticos de íons de cloreto no concreto ou no abaixamento do seu pH devido às reações com compostos presentes no ar atmosférico, especialmente o dióxido de carbono. Logo, a corrosão eletroquímica vai ocorrer quando as estruturas entram em contato com soluções aquosas, como água doce ou do mar, solo, a atmosfera (ARAÚJO, 2013).

O processo de corrosão pode ser causado por vários motivos como, por exemplo, cobrimento das armaduras abaixo do recomendado pela norma. Nesse caso, há a redução na qualidade da estrutura, deixando-a suscetível ao processo de corrosão. O cobrimento da armadura está diretamente atrelado a classe de agressividade ambiental e do elemento estrutural, conforme descrito na Tabela 1 retirada da NBR 6118, que, por sua vez, estabelece que a durabilidade das estruturas é fortemente dependente das características do concreto bem como da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura (ABNT, 2014).

Tabela 1: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente e ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV***
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje**	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido*	Todos	30	35	45	55

* Cobrimento nominal da armadura massiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

** Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos, e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas pelo item 7.4.7.5 respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

*** Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (2014).

Um outro fator relacionado à corrosão das armaduras é a execução do concreto. A ocorrência de falhas do processo de concretagem, como no adensamento do concreto que pode ocorrer pela proximidade das armaduras e/ou mal uso do vibrador, colaborando para a formação de nichos (bicheiras) de concretagem e do deslocamento do concreto, visto que o agregado

gráudo separa da pasta de cimento e areia, aumentando sua porosidade e por fim a deficiência da cura do concreto, causando fissuras e contribuindo para um futuro processo de corrosão das armaduras (FIGUEROLA, 2006). A Figura 7 apresenta um exemplo de corrosão de armaduras.

Figura 7 – Corrosão de armaduras



Fonte: Silva (2018)

Para correção desta manifestação patológica, a Quartzolit (2022) defende o reparo das infiltrações nas armaduras por meio da delimitação da área de reparo e remoção do concreto no entorno das barras (retira-se o concreto em volta das armaduras corroídas, deixando, no mínimo, 2 cm livres em seu contorno). Caso a armadura esteja com perdas acima de 30% de sua seção, faz-se necessário realizar um reforço da mesma, isto é, adicionar uma barra de aço vinculada com a corroída (após tratamento) para que ambas trabalhem juntas na transmissão dos esforços. O tratamento das armaduras com corrosão é realizado de tal modo que a agressão superficial da armadura deve ser limpa com uma escova de aço para remoção da ferrugem, aplicando com pincel uma camada de um produto inibidor de corrosão sendo recomposta por fim a seção de concreto removido, de forma que a superfície deve estar resistente, rugosa, limpa e isenta de elementos que impeçam a aderência do reparo estrutural. Além da solução em questão é necessário realizar a impermeabilização da laje a fim de evitar o ressurgimento da manifestação, que pode ser realizada com um sistema de cobertura em telhado convencional ou com a aplicação de sistema de impermeabilização flexível.

4.2.2 Trincas e fissuras em estruturas de concreto

As trincas e fissuras são manifestações patológicas bem presentes nas edificações e possuem nomenclaturas diferentes para um mesmo evento, o que as diferenciam é o tamanho da sua abertura, conforme a definição da NBR 13755 (ABNT, 2017). Todavia, a norma em questão não esclarece o limite de amplitude para fissura, de forma a definir que trincas são

fissuras iguais ou maiores que 0,6mm, conforme definições:

Fissura: seccionamento na superfície ou em toda a seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas como ativas (variação da abertura em função de movimentações higrótérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante).

Trinca: expressão coloquial qualitativa aplicável a fissuras com abertura maior ou igual a 0,6 mm.

As trincas e fissuras possuem surgimento por conta de vários fatores, como variação térmica que pode provocar alteração na sua dimensão que são restringidas pelos vínculos que envolvem os materiais, gerando tensões que podem causar as fissuras. Outros fatores que podem contribuir para a formação de trincas são as deformações excessivas da estrutura, os recalques diferenciais e a retração hidráulica. De acordo com Thomaz (1989), as trincas de origem térmica surgem devido à movimentação diferenciada entre os componentes de um elemento, entre elementos de um mesmo sistema e entre regiões distintas de um mesmo material. As fissuras em paredes por deformação de vigas de apoio e superior ocorrem em paredes de vedação de prédios estruturados pela deformação conjunta das vigas inferior e superior. Esse tipo de manifestação tem como configuração típica fissuras inclinadas nos cantos inferiores das paredes. A Figura 8 representa um fissura observada em uma edificação.

Figura 8 - Fissura na edificação



Fonte: Silva (2018).

Para evitar movimentações térmicas em laje de concreto, Lima (2015) explica que ao se tratar de edificações residenciais, um telhado ou outro disposto de sombreamento sobre a laje

eliminaría praticamente toda a dilatação térmica da mesma, já em edifícios o método mais aplicável seria a utilização de um isolante térmico, como a mistura de argila expandida na formação do concreto. Além de um ótimo isolante térmico, a argila expandida reduz o peso do concreto, melhora o desempenho térmico e aumenta a resistência ao fogo. Ademais, as fissuras e trincas de origem térmica podem ser evitadas com o sombreamento das árvores nas lajes de concreto expostas ao sol em casos de residências familiares e em edifícios com uso de isolante térmico.

Nas paredes externas das edificações, a utilização de tintas com cores claras representa uma medida preventiva para as movimentações térmicas causadas pelo calor, logo, pode-se utilizar também os isolantes térmicos pelo exterior da parede. Em paredes, lajes, coberturas ou apoios, é recomendável a utilização de juntas elásticas de movimentação nos locais mais propícios ao aparecimento da manifestação patológica de fissuração, como demonstrado na Figura 9 (SILVA, 2002).

Figura 9 – Juntas elásticas de dilatação



Fonte: Alvenarias não Estruturais – Patologias e Estratégias de Reabilitação (2002)

A correção para fissuras de grande variação térmica pode ser realizada com aplicação de tela metálica para colaborar na absorção entre o concreto e os elementos de ligação. Em casos de fissuras ativas (em movimento), suas manifestações patológicas podem ser tratadas durante o processo de pintura, com a aplicação de finas telas de polipropileno ou náilon, em média com 10 cm de largura.

4.2.3 Umidade no teto de forro ou lajes de concreto

Outra manifestação patológica é a umidade no teto de forro ou lajes de concreto. De

acordo com a Fibersals (2019b), uma das formas de surgimento é pela falha no sistema de telhamento de fibrocimento ou telha cerâmica, permitindo a percolação da água em direção ao fundo da laje e posteriormente forro, já que na adoção desse sistema, não se utiliza a impermeabilização da laje, a água percola pelo concreto, infiltrando a estrutura e danificando o sistema de pintura no teto ou forro aplicado.

Ademais, outro mecanismo é a tubulação danificada, as paredes e as lajes possuem tubulações que transportam líquidos e os vazamentos em suas conexões causam manchas nas paredes e no fundo da laje, danificando os demais sistemas que possuem contato, como o forro ou a pintura do teto. De acordo com Souza e Melo (2017), os vazamentos podem ocorrer devido à instalação inadequada, defeitos de fabricação das peças, excesso de pressão no sistema e material de má qualidade.

Outro elemento que colabora para a presença de umidade no forro ou teto dos ambientes é a condensação, em que o ar úmido é mantido no cômodo da casa se condensa formando vapor e acaba danificando o revestimento do teto da laje, forro ou as paredes da casa. Para Siqueira (2018), a umidade por condensação é gerada pela ausência de entrada de ar no ambiente, quando o vapor da água existente no interior de um local entra em contato com superfícies frias como vidros, metais, paredes e outros formando pequenas gotas de água. Na Figura 10 é possível verificar a patologia presente no forro de um banheiro.

Figura 10 – Patologia em forro do banheiro



Fonte: Righi (2009).

A solução para correção da ventilação deficitária, pode ocorrer com o acréscimo ou remanejamento das janelas, permitindo uma ventilação cruzada dos ambientes. Outra

alternativa é a instalação de exaustores, ambas reduzem as possibilidades de ocorrência da umidade por condensação. Já para evitar a ocorrência da tubulação danificada é analisar a qualidade dos materiais que compõem o sistema de distribuição dos fluidos e instalar válvulas redutoras de pressão, além de realizar a substituição da tubulação ou conexão danificada e todos os sistemas danificados pelo vazamento.

A laje requer um sistema de impermeabilização para garantir estanqueidade e evitar que a água possa percolar e causar problemas de infiltração. O mesmo ocorre com o telhamento que deve ser revisado, por meio da remoção e reassentamento das telhas, além de realizar uma recuperação no madeiramento, caso esteja selado ou com alguma outra inconformidade. Este problema está diretamente relacionado com as condições da estrutura e pode ocorrer pelo espaçamento inadequado de caibros e ripas, pela seção insuficiente da cumeeira, terças e espigões nas quais apoiam-se os caibros e/ou pela má qualidade de execução das tesouras (IPHAN, 1999).

4.2.4 Sistema de pintura

Para a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI, 2022), o sistema de pintura não é formado apenas pela tinta, é uma combinação de produtos utilizados nas etapas de preparação e aplicação sobre uma superfície que será pintada. Os materiais necessários para um esquema básico de pintura são: fundos, massas e tintas. A definição dos produtos que formarão o sistema de pintura depende das necessidades intrínsecas da superfície que receberá uma pintura/repintura, do acabamento final desejado e das condições de exposição do local pintado. Desta forma, é essencial seguir as orientações de preparo de superfície descritas na norma de preparo de superfícies NBR 13245 (ABNT, 2011).

As manifestações patológicas presentes nas pinturas das edificações, de acordo com Ferreira (2018), estão relacionadas a duas famílias de problemas: interface do filme com o substrato e a própria película da pintura. As causas mais prováveis dessas manifestações patológicas são: a escolha inadequada da tinta por conta da exposição ou por incompatibilidade com o substrato; as condições meteorológicas desfavoráveis; a ausência de preparação do substrato ou preparo insuficiente; substratos que não apresentam estabilidade; diluição excessiva da tinta na aplicação e a presença de umidade que corresponde a causa mais comum.

As manchas aparecem nos edifícios devido ao acúmulo de umidade nas paredes e podem gerar mofo ou bolor que são manchas escuras que aparecem sobre a superfície, oriundas de um grupo de seres vivos (fungos) que proliferam em condições de clima favoráveis, como em

ambientes úmidos, mal ventilados ou sombreados. Bauer (2012) afirma que tais manchas podem apresentar variadas colorações como marrom, verde, preta, entre outras, dependendo da sua causa. Outra manifestação patológica presente é o descascamento da película de tinta que pode ocorrer quando a pintura for executada sobre caiação, gesso, cimento ou concreto curado indevidamente sem que se tenha preparado devidamente a superfície. Já a desagregação é caracterizada pela destruição da pintura que se esfarela, destacando-se da superfície juntamente com partes do reboco. Este problema ocorre normalmente quando a tinta foi aplicada antes que o reboco estivesse devidamente curado. A Figura 11 exemplifica o surgimento de manchas em um muro devido à umidade.

Figura 11 – Surgimento de manchas no muro devido à umidade



Fonte: Soares (2014).

A escolha inadequada da tinta para superfícies expostas a radiação solar ocasiona o desbotamento da pintura, descorando o pigmento presente nas tintas e sua degradação. Para evitar o surgimento desta patologia, deve-se especificar tintas para fachadas ou ambientes expostos à base de pigmentos resistentes aos efeitos da radiação ultravioleta e sua correção ocorre pela limpeza do substrato e a reaplicação de 2 a 3 demãos de tinta. Recomenda-se homogeneizar a cor de toda superfície com demãos de tinta branca ou selador antes da aplicação da tinta de efeito final.

O descascamento da película de tinta/textura ocorre em obras à beira mar, em centros industriais ou em superfícies pulverulentas onde não foram retirados os sais, poluentes e partes soltas antes da aplicação, prejudicando a aderência (Figura 12). Para corrigir o problema recomenda-se raspar ou escovar a superfície até a remoção total das partes soltas ou mal aderidas, aplicar uma demão de fundo preparador para paredes e, posteriormente, aplicar a tinta

de acabamento (FAGUNDES NETO, 2007; BECERE 2007).

Figura 12 – Descascamento da pintura



Fonte: Fagundes Neto (2007).

4.3 SELEÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A seleção do sistema de impermeabilização considera as características da edificação, o custo do sistema e as manifestações patológicas, provocadas pelas falhas de impermeabilização, por equívocos de concepção de projeto e/ou execução do sistema no ambiente. O objetivo principal é selecionar um sistema que seja capaz de atender os critérios técnicos, sem reduzir a funcionalidade da laje da edificação a fim de evitar o surgimento das patologias.

As Tabelas 2 e 3 são do estudo de Campos e Soares (2015) e busca a seleção do sistema de impermeabilização de uma laje de cobertura de um estacionamento relacionando as vantagens e desvantagens e os custos das mesmas, situação similar à da cobertura da laje do palácio objeto do presente estudo.

Tabela 2: Comparativo de custos dos sistemas capazes de impermeabilizar o local estudado

OBS: M. O. = mão de obra	Limpeza da superfície	Camada de aderência com camada de imprimação	Camada de impermeabilização	Camada separadora geotêxtil	Camada de amortecimento EPS	Proteção mecânica primária com argamassa de cimento e areia traço 1:5	Piso acabado com junta de dilatação preenchida com mastique	Total
Material - R\$/m²	0,01	1,50	21,98	1,08	5,00	13,74	32,36	75,67
M. O. - R\$/m²	2,00	2,00	15,00	7,56	2,00	3,90	8,60	41,06
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	2,01	3,50	36,98	8,64	7,00	17,64	40,96	116,73
Material - R\$/m²	0,01	1,50	30,98	1,08	0,00	13,74	32,36	79,67
M. O. - R\$/m²	2,00	2,00	18,00	7,56	0,00	3,90	8,60	42,06
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem asfalto á quente (CAQ)	2,01	3,50	48,98	8,64	0,00	17,64	40,96	121,73
Material - R\$/m²	0,01	1,50	42,28	1,08	0,00	13,74	32,36	90,97
M. O. - R\$/m²	2,00	2,00	28,00	7,56	0,00	3,90	8,60	52,06
Manta asfáltica tipo IV espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	2,01	3,50	70,28	8,64	0,00	17,64	40,96	143,03
Material - R\$/m²	3,00	6,25	93,75	0,00	0,00	0,00	0,00	103,00
M. O. - R\$/m²	12,00	3,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00
Membrana de poliuréia	15,00	9,25	128,75	0,00	0,00	0,00	0,00	153,00

Fonte: Campos e Soares (2015)

Tabela 3: Vantagens e desvantagens dos sistemas de impermeabilização a ser escolhido

Sistema de impermeabilização	Vantagens	Desvantagens
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	Trabalho mais limpo e espessura controlada; Menor risco de acidente e menos funcionários se comparado com CAQ; Maior facilidade de controle do serviço; Possuem menor tempo de execução em relação ao CAQ.	Possui emendas, e maior trabalho se aplicado em laje com muito recorte; Exige mão de obra especializada; Necessidade de camada separadora e proteção mecânica; Não recomendado para o tipo de laje da pesquisa, por ser uma área de grande movimentação; Não pode ser aplicado em superfície úmida.
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem asfalto à quente (CAQ)	Sistema capaz de suportar grandes deformações inclusive a laje pesquisada; Manta fica totalmente assentada e aderida; Asfalto tem característica auto nivelates (corrige irregularidade do substrato); Asfalto usado como ponto de ligação entre o substrato e a manta funciona como berço amortecedor da mesma; Proteção de possíveis sacrifícios provenientes de deficiências do substrato; Não é preciso a aplicação da camada de amortecimento.	Maior risco de acidentes se comparados com sistema dessa tabela; Necessidade de maior número de funcionários se comparado com CMG; Maior trabalho se aplicado em laje com muito recorte; Necessidade de camada separadora e proteção mecânica; Não pode ser aplicado em superfície úmida, possui emendas e necessário mão de obra especializada; Maior tempo de execução se comparado com todos dessa tabela.
Manta asfáltica tipo IV espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	Trabalho mais limpo e espessura controlada; Menor risco de acidente e menos funcionários se comparado com CAQ; Maior facilidade de controle do serviço; Manta de alto desempenho capaz de suportar grandes deformações inclusive a do local pesquisado; Não é preciso executar a camada de amortecimento. Possuem menor tempo de execução em relação ao CAQ.	Possui emendas; Maior trabalho se aplicado em laje com muito recorte; Exige mão de obra especializada; Necessidade de camada separadora e proteção mecânica; Não pode ser aplicado em superfície úmida e possui emendas.
Membrana de poliuréia	Não a necessidade de executar camadas de separação, amortecimento e proteção mecânica; Não possui emendas; Possui secagem rápida; Resistências mecânicas e químicas; Rapidez na execução (podendo chegar a 3 horas após aplicação) sendo o mais rápido se comparados aos sistemas dessa tabela; Pode ser aplicado em áreas secas e úmidas.	Necessidade de máquinas e materiais específicos para aplicação; Gera muito resíduo na sua execução e detalhes; Produto pode causar problemas a saúde na fase de execução devido a alta aderência, assim fundamental usar óculos e máscaras; Maior dificuldade de controle da espessura se comparado com os sistemas dessa tabela.

Fonte: Campos e Soares (2015).

De modo geral, a seleção do sistema de impermeabilização deve atender dois critérios principais: técnico e econômico. Desta forma, analisando as Tabelas 2 e 3 e as condições da laje em estudo, conclui-se que a manta asfáltica tipo iii com espessura de 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG) é uma solução de impermeabilização que apresenta menor custo de execução e possui viabilidade técnica para a laje em questão.

5. METODOLOGIA

Mister consignar que este trabalho teve como finalidade a realização de um estudo sobre à aplicação de um sistema de impermeabilização com manta asfáltica nas lajes do Palácio do Tribunal de Justiça do estado de Sergipe.

Neste trabalho, utilizou-se o estudo de caso, o que permitiu a extração de informações diretamente da realidade do objeto de estudo. Precisamente, foi possível verificar os tipos de manifestações patológicas presentes na edificação, bem como, analisar o procedimento executivo na substituição do sistema de impermeabilização do imóvel em referência.

Para tal, foi utilizado como fonte de pesquisa revisão bibliográfica, abrangendo periódicos técnicos de fabricantes, livros, periódicos acadêmicos, artigos, entre outros, objetivando embasar as soluções encontradas.

6. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DA EXECUÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA QUENTE NAS LAJES DO PALÁCIO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SERGIPE

A edificação em questão se trata do Palácio da Justiça Tobias Barreto de Menezes que possui cerca de 300,00 m² de cobertura de laje maciça de concreto que teve sua impermeabilização recuperada. A edificação está situada na Praça Fausto Cardoso, no Centro da cidade de Aracaju/SE em uma região litorânea que apresenta classe de agressividade ambiental muito forte e com risco de deterioração da estrutura elevada, segundo NBR 6118 (ABNT, 2014). A garantia do funcionamento do sistema de impermeabilização da laje é de suma importância para evitar a deterioração dos ambientes internos e da estrutura, visto que os fatores ambientais da região coadunados a presença de umidade na estrutura colaboram para o processo de corrosão das armaduras e dos efeitos deletérios a funcionalidade dos demais sistemas que compõem a edificação.

A execução da impermeabilização da laje com manta asfáltica tipo iii com colagem de maçarico a gás (CMG) como sistema de impermeabilização foi baseada na discussão interna dos profissionais do setor de engenharia do Tribunal de Justiça do estado de Sergipe com o objetivo de realizar a substituição do sistema de impermeabilização que apresentava falhas, além da relação custo-benefício que o sistema propicia, conforme estudo realizado pelos autores Campos e Soares (2015).

As principais manifestações patológicas no edifício foram a presença de umidade no forro, nas paredes do auditório, danificando o isolamento acústico e o carpete do ambiente, propiciando o surgimento de fungos e de odores desagradáveis nos ambientes, conforme apresentado nas Figuras 13, 14, 15 e 16.

Figura 13 – Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes



Fonte: Autoria própria.

Figura 14 – Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes



Fonte: Autoria própria.

Figura 15 – Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes



Fonte: Autoria própria.

Figura 16 – Infiltração no forro e paredes internas dos ambientes



Fonte: Autoria própria.

A partir das manifestações patológicas encontradas e ciente das causas das mesmas, foi autorizado o serviço de impermeabilização da laje da edificação que sobrepõe o auditório, realizado pelo seguinte procedimento:

a) Demolição da proteção mecânica e remoção de manta asfáltica

Inicialmente foi realizada a remoção das condensadoras para realizar a demolição da proteção mecânica e a remoção da manta asfáltica a fim de substituir o sistema de impermeabilização que apresentava falhas, conforme disposto nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Antes da demolição da proteção mecânica e remoção da manta asfáltica existente



Fonte: Autoria própria.

Figura 18 – Execução da demolição da proteção mecânica e remoção da manta asfáltica existente



Fonte: Autoria própria.

b) Limpeza da área

A etapa sequencial foi a limpeza da área, proveniente dos entulhos gerados pela demolição da proteção mecânica e da remoção da manta asfáltica existente. Essa etapa foi

essencial para a continuidade dos serviços e foi antecessora à realização de todas as etapas para garantir a qualidade da execução da impermeabilização, evitando que a presença de detritos criasse bolhas entre a imprimação e a aplicação da manta (Figura 19).

Figura 19 – Limpeza da área, após a remoção da manta e ampliação da área das condensadoras



Fonte: Autoria própria.

c) Regularização de base

Após as etapas preliminares de demolição da proteção mecânica, remoção da manta asfáltica existente e limpeza da superfície, foi realizada uma camada de regularização de base com caimento de 1,75% (mínimo é de 1%) em direção à laje acessória e com argamassa de traço de 1:3 para melhorar a aderência da base com o impermeabilizante, evitando a presença de espaços vazios (bolhas). Ainda nesta etapa, realizou-se os arremates na platibanda com 30 cm acima do nível do piso acabado e arredondamento dos cantos (meia cana), conforme Figura 20.

Figura 20 – Depois da demolição da proteção mecânica e remoção da manta asfáltica existente



Fonte: Autoria própria.

d) Aplicação do primer

A etapa seguinte foi a aplicação do primer, para tal foi necessário que a camada de regularização da base estivesse limpa, sem impurezas e respeitado o seu tempo de cura (mínimo de 7 dias), o qual ocorreu com 4 dias. Após essas constatações, foi executada a aplicação do primer em camada única com o uso de rolo de lã e respeitado o tempo de secagem do fabricante, em torno de 6 horas (Figura 21).

Figura 21 – Aplicação do primer



Fonte: Autoria própria.

e) Execução da manta

Para aplicação da manta, foi necessário verificar que a área do primer aplicado estava limpa e isenta de óleos ou partículas, para garantir a aderência da manta no primer. A colagem da manta asfáltica tipo iii com maçarico a gás (CMG) teve início pela base da laje em direção a platibanda, realizando na meia cana uma colagem com altura de 15 cm, em sequência, deu-se início a colagem vertical da manta que impermeabiliza a platibanda, cuja possui 30 cm de altura e realiza uma sobreposição vertical de 15 cm entre a platibanda e a manta da base da meia cana.

A impermeabilização da manta vertical do arremate da platibanda ocorreu em direção à base da laje (impermeabilização horizontal). Tal procedimento foi realizado pelo engastamento na platibanda, por meio de um rasgo de 5 cm na alvenaria e chumbamento da manta no mesmo.

A impermeabilização da manta na base da laje ocorreu em direção da platibanda. O processo de colagem das mantas com maçarico foi realizado por meio do direcionamento da chama entre a camada de imprimação e a parte inferior da manta, simultaneamente a manta foi desenrolada e colada, sendo pressionada do centro para as margens e os finais de colagem foram realizados com a ponta arredondada da colher de pedreiro quente. Vale ressaltar que durante a execução do processo, foi realizada uma sobreposição lateral de 10 cm entre as camadas do rolo

da manta, a fim de evitar infiltração pelas mesmas. A Figura 22 apresenta o processo de aplicação da manta asfáltica na laje.

Figura 22 – Aplicação de manta asfáltica



Fonte: Autoria própria.

f) Teste de estanqueidade e camada separadora

Para a laje em questão da base das condensadoras não foi realizado o teste de estanqueidade, visto que esta laje apresentava declividade para uma outra laje auxiliar que recebeu um processo de impermeabilização posterior e não foi constatado o uso da camada separadora, sendo realizado o contato direto entre a manta asfáltica e proteção mecânica, fato este que contribuiu para redução de vida útil do sistema.

g) Proteção mecânica

A proteção mecânica foi executada com argamassa no traço volumétrico de 1:3 e espessura de 3 cm e em quadrados de 1,2 x 1,2 metros com juntas de trabalho na largura mínima de 1 cm e juntas perimetrais com largura mínima de 2 cm preenchidas com mástique (Figuras 23 e 24).

Figura 23 – Execução da proteção mecânica



Fonte: Autoria própria

Figura 24 – Aplicação da manta asfáltica



Fonte: Autoria própria.

7. ANÁLISE DA EXECUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE DO PALÁCIO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SERGIPE

O início do procedimento da substituição do sistema de impermeabilização com manta asfáltica da laje do Palácio do Tribunal de Justiça do estado de Sergipe ocorreu com a execução das seguintes etapas preliminares: remoção das condensadoras, demolição da proteção mecânica, remoção da manta asfáltica existente e a coleta do entulho gerado e a limpeza da área. Essas etapas são fundamentais para iniciar o processo de impermeabilização da laje, visto que elas preparam a área da laje para receber as etapas do procedimento executivo do processo de impermeabilização.

Após a execução das etapas preliminares, foi realizada uma camada de regularização de base na laje com caimento de 1,75% e argamassa com traço de 1:3 e atendeu a declividade mínima de 1%, conforme orienta o item 4.3.3.1 da NBR 9574:2008 (ABNT, 2008), em sequência, foi realizado os arremates com 30 cm na platibanda e o arredondamento dos cantos em forma de meia cana, assim, verificou-se que o arremate realizado está com altura maior que 20 cm recomendada em norma, portanto, atendeu aos requisitos técnicos. Entretanto, o tempo de cura da mesma foi de 4 dias, contrariando a recomendação mínima de 7 dias do item 4.1.2 da norma.

A execução da aplicação do primer ocorreu em camada única com uso de rolo de lã, processo semelhante ao de pintura, sendo aplicado na base da laje e nos arremates, conforme o item 4.3.13.2 da NBR 9574:2008 (ABNT, 2008), sua aplicação sobre a regularização da laje ocorreu após a verificação da inexistência de óleos ou partículas e o tempo de cura da mesma de 4 dias (7 dias, no mínimo).

Na aplicação da manta asfáltica, constatou-se em determinado momento a utilização inadequada do maçarico na camada do primer por parte do operador, deixando-o sobre a camada de primer, o que gerou um superaquecimento do trecho e um resfriamento posterior, podendo tornar o trecho suscetível ao descolamento da manta com o primer, conforme pode ser visto na Figura 22. Ademais, a aplicação da manta asfáltica foi realizada com o aquecimento simultâneo da camada do primer e a face inferior da manta com movimentos de fixação do centro para extremidade, realizando uma sobreposição entre as camadas do rolo de 10 cm e realizando o processo de selamento com colher de pedreiro conforme o item 4.3.13.2 da NBR 9574:2008 (ABNT, 2008). Vale ressaltar que foi realizado o engastamento da manta na platibanda, evitando que ocorra a percolação da água para laje pelo descolamento superficial da

manta ou por trás da platibanda.

Outro ponto de destaque é a ausência da camada separadora entre a manta asfáltica e a proteção mecânica, seja na superfície horizontal ou vertical, suprimindo trecho do item 4.3.13.3 do procedimento executivo normatizado pela NBR 9574:2008 (ABNT, 2008), o que pode levar a redução da vida útil do sistema, devido a perda de flexibilidade da manta e a ocorrência do desgaste do material por meio do atrito direto entre ambos. Ademais, a proteção mecânica foi executada com traço de 1:3 e com espessura de 3 cm.

8. CONCLUSÃO

O estudo da impermeabilização na concepção das edificações é fundamental na garantia da estanqueidade da edificação visto que ele vai garantir a manutenção da vida útil da habitação e também a salubridade dos ambientes, além de reduzir os custos com patologias decorrentes de falhas do seu procedimento executivo. A inexistência ou falhas no sistema de impermeabilização colaboram para o surgimento de manifestações patológicas em outros sistemas que compõem a edificação, restando como alternativa a reconstituição do sistema como um todo, tal como foi verificado no estudo de caso apresentado, sendo necessário realizar a substituição do carpete, do forro e a pintura das paredes do auditório e por consequência a substituição do sistema de impermeabilização.

Refletir sobre a seleção do sistema de impermeabilização adotado é importante antes de se iniciar a análise do sistema, verificando se este é compatível com a situação da obra e se o local possui mão de obra qualificada, visto que são fatores significativos para o resultado do produto final. Diante desse cenário, percebeu-se que o sistema de impermeabilização com manta asfáltica tipo III com espessura de 4 mm com colagem de maçarico de gás adotado é válido, já que atende aos requisitos técnicos observados na literatura, sendo aplicado em uma pequena laje com pequenos recortes (poucas emendas) e com controle de espessura, devido o processo produtivo das mantas asfálticas. Entretanto necessita de uma mão de obra mais especializada, o que também colabora para um menor tempo de execução comparado a outros sistemas, além de apresentar um menor custo global, conforme apresentado no estudo de Campos e Soares.

Verificou-se com esse estudo que para uma boa execução de um sistema de impermeabilização, é necessário uma mão de obra qualificada para aplicação do sistema escolhido, estando sob execução e supervisão de profissionais com conhecimento prático e técnico da metodologia construtiva, a fim de prevenir a execução incompleta ou negligências durante o procedimento executivo, como a ausência da camada separadora entre a manta asfáltica e a proteção mecânica, não realização do teste de estanqueidade e uso inadequado do maçarico. Outra condicionante para o êxito do sistema é o projeto de impermeabilização com detalhamento da área a ser impermeabilizada, do direcionamento da impermeabilização, seus arremates, tipo de manta e sua forma de fixação, o mesmo não foi realizado, o que contribuiu para falhas ao longo do procedimento executivo, visto que o aplicador não possuía embasamento normativo para execução adequada e não possuía projetos para orientá-lo, sendo embasado pelo aprendizado do cotidiano. Por fim, é válido constatar a certificação da qualidade

dos materiais, garantidos por fornecedores com respaldo no mercado e uma fiscalização eficiente, realizando o acompanhamento dos serviços por etapas, a fim de garantir a qualidade final da impermeabilização e por consequência a manutenção da vida útil da edificação e seus sistemas.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13245**: Tintas para construção civil – Execução de pinturas em edificações não industriais – Preparação de superfície. Rio de Janeiro, p. 6. 2011.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos e paredes externas com utilização de argamassa de fachadas colante. Rio de Janeiro, p. 24. 2017.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574**: Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro, p. 14. 2008.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização -Seleção e projeto. Rio de Janeiro, p. 14. 2010.
- ABRAFATI. **Manual de aplicação, uso, limpeza e manutenção de Tintas Imobiliárias**. Disponível em: https://abrafati.com.br/wp-content/uploads/2020/09/Manual-de-aplicacao-uso-limpeza-e-manutencao-de-Tintas-Imobiliarias_08_09-1.pdf. Acesso em: 07 jun. 2022.
- ANDRADE, E. B. B. **Principais manifestações patológicas encontradas em edificação**. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/principais-manifestacoes-patologicas-encontradas-em-uma-edificacao.htm>. Acesso em: 30 abr. 2022.
- ANUÁRIO PINI. **Construção**. 2012. Disponível em: <http://anuario.piniweb.com.br/cViewer/edicao.asp?ed=2012>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- ARAÚJO, F. W. C. **Estudo da repassivação da armadura em concretos carbonatados através da técnica de realcalinização química**. São Paulo, 2009. 237 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2009.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed., v.2. Rio de Janeiro: LTC, 2012. p. 803.
- CAMPOS, L. S; SOARES, T.A. **Processo de escolha de um sistema de impermeabilização para a laje de um estacionamento**. Caratinga, 2015. 82 p. Monografia - (Programa de Graduação Engenharia Civil). Instituto Tecnológico de Caratinga. 2015.
- CICHINELLI, G. **Impermeabilização**. Técnica, São Paulo, n. 87, p. 35-38, out. 2007.
- FAGUNDES NETO, J. C. P. **Proposta de método para investigação de manifestações patológicas em sistemas de pinturas látex de fachada**. São Paulo, 2007. 173 p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia). Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2002.
- FERREIRA, R. **Como Impermeabilizar**. Equipe de obra, São Paulo, n. 44, p.19, 2012.
- FERREIRA, R. R. **Manutenção predial: uma análise das principais patologias**. Curitiba, 2018. 40 p. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

FIBERSALS. **Impermeabilização por cristalização.** 2019a. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-por-cristalizacao/>. Acesso em 03 abr. 2022.

FIBERSALS. **Manta x membranas na impermeabilização.** 2017. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/mantas-x-membranas-na-impermeabilizacao/#:~:text=As%20membranas%20feitas%20com%20emuls%C3%A3o,instalada%20em%20local%20n%C3%A3o%20transit%C3%A1vel>. Acesso em: 29 mar. 2022.

FIBERSALS. **Infiltração no teto: como resolver.** 2019b. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/infiltracao-no-teto-como-resolver/> Acesso em 18 abr. 2022.

FIGUEROLA, V. **Vazios de concretagem.** Técnica, São Paulo, n. 109, abr. 2006.

GABRIOLI, J. **Impermeabilização de fundações e sub-solos.** Técnica, São Paulo, n. 67, p. 12-15, set. 2006.

GODOY, E. H. P.; BARROS, M. B. **A avaliação de desempenho dos sistemas de impermeabilização.** In: ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÕES, São Paulo, 1997.

GUARIZO, E, A. **Impermeabilização Flexível.** Itatiba, 2008. 61 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade São Francisco. 2008.

IBDA - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/ibda.php>. Acesso em: 18 jul. 2022.

IPHAN - INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Manual de Conservação de telhados.** 1999. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Man_ConservacaoDeTelhados_1edicao_m.pdf. Acesso em: 15 abr. 2022.

LIMA, B. S. **Principais manifestações patológicas em edificações residenciais multifamiliares.** Santa Maria, 2015. 66 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MAHERZI, W.; ENNAHAL I.; BENZERZOUR, M.; MAMMINDY-PAJANY, Y.; ABRIEAK, N.-E. Study of the polymer mortar based on dredged sediments and epoxy resin: Effect of the sediments on the behavior of the polymer mortar. **Powder Technology**, v. 361, p. 968-982, 2020.

MORAES, C. R. K. **Impermeabilização em lajes de cobertura: Levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre.** Porto Alegre, 2002. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

NAKAMURA, J. **Saiba como executar impermeabilização com membrana de poliuretano.** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/saiba-como-executar-impermeabilizacao-com-membrana-de-poliuretano/19510>. Acesso em: 29 mar. 2022.

OLIVEIRA, M. V. T. **Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes.** Guaratinguetá, 2015. 80 p. Monografia (Graduação em Construção Civil)

- Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista. 2015.

PARAMETRICA. **Impermeabilização com Manta de PVC.** Disponível em: <https://www.parametricaeng.com/impermeabilizacao-com-manta-de-pvc/>. Acesso em: 05 abr. 2022.

PICCHI, F. A. **Impermeabilização de cobertura.** São Paulo: Pini Ltda, 1986.

POLITO, G. **Principais sistemas de pinturas e suas patologias.** 2006. Disponível em: <https://demc.ufmg.br/tec3/Apostila%20de%20pintura%20-%20Giulliano%20Polito.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2022.

QUARTZOLIT. **Como recuperar e reforçar estruturas de concreto.** Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/solucoes-tecnicas-quartzolit-para-reparos-protecao-e-reforco/como-recuperar-e-reforcar-estruturas-de-concreto>. Acesso em: 15 jun. 2022.

RIGHI, G. V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos.** Santa Maria, 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

SANTOS, S. S. Patologias das Construções. **Revista Especialize on-line IPOG**, v. 1, n. 7, p. 1-20, 2014.

SCHREIBER, P. A. D. A. **Impermeabilização de lajes de cobertura: Caracterização, execução e patologias.** Belo Horizonte, 2012. 67 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2012.

SILVA, F. L.; OLIVEIRA, M. D. P. S. L. Manifestações patológicas causadas pela ausência ou falha de impermeabilização. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 1, p. 76-95, 2018.

SILVA, J. M. **Alvenarias não estruturais. Patologias e estratégias de reabilitação.** 2002. Disponível em: <http://www.hms.civil.uminho.pt/events/alvenaria2002/Artigo%20Pag%20187-206.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2022.

SILVA, L.V. G.; CRISTIANO, M.E.C.; BEATI, A. A. G. F. **Impermeabilização com manta PVC.** 2020. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3566.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

SINDUSCON – MG. **Manta Asfáltica - Programa Qualimat.** Disponível em: <https://www.sinduscon-mg.org.br/wp-content/uploads/2016/11/047e7cda140102e4aeeda08a06cfe5bf.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.

SIQUEIRA, V. **Impermeabilização em obras de construção civil: Estudos de casos Patologias e Correções.** Palhoça, 2018. 91 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil.** Rio de Janeiro, 2014. 48 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SONCINI, A.; MENEZES, M. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de sistemas de membrana de poliuretano x mantas asfálticas para áreas de estacionamentos.** In: ANAIS DO 15º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2018, São Paulo: Instituto de Impermeabilização, 2018. p. 15.

SOUZA, G.; MELO, S. P. **Estudo das manifestações patológicas em instalações prediais de água fria e de esgoto sanitário de edificação residencial privativa multifamiliar.** Palhoça, 2017. 75 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

STORTE, M. **Manifestações patológicas na impermeabilização de estruturas de concreto em saneamento.** Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=703>. Acesso em: 30 abr. 2022.

VEDACIT. **Manual técnico Impermeabilização de estruturas.** 2010. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-sobre-impermeabilizacao>. Acesso em: 15 abr. 2022.

VERÇOZA, E. J. **Impermeabilização na construção.** 1983. Disponível em: <http://www.viapol.com.br>. Acesso em: 15 abr. 2022.