

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção
Curso de Especialização em Tecnologia da Construção Civil

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Delcina Ricardina da Silva

Belo Horizonte

2023

Delcina Ricardina da Silva

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Aldo Giuntini de Magalhães.

Belo Horizonte

2023

S586d

Silva, Delcina Ricardina da.
Diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização
[recurso eletrônico] / Delcina Ricardina da Silva. - 2023.
1 recurso online (63 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Aldo Giuntini de Magalhães.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em
Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Anexos: f. 61-63.

Bibliografia: f. 57-60.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Impermeabilização. 3. Projetos de engenharia.
4. Edificações. I. Magalhães, Aldo Giuntini de. II. Universidade Federal de
Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: DELCINA RICARDINA DA SILVA

MATRÍCULA: 2020683495

RESULTADO

Aos 27 dias do mês de junho de 2023 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

"DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 84

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães

Nome

Assinatura

Prof.ª. Dr.ª. Danielle Meireles de Oliveira

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 27 de junho de 2023

Coordenador do Curso

F. of. Antonio Neves
de Carvalho Júnior
Coordenador do Curso

RESUMO

Este estudo tem como tema diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização. Essa etapa, muitas vezes, não tem o reconhecimento de sua importância, deixada em segundo plano por construtores e arquitetos. Como consequência, detectam-se danos financeiros, problemas de saúde aos ocupantes das edificações e até redução da vida útil das estruturas. Pretendeu-se com este trabalho reforçar a importância de se um sistema de impermeabilização adequado, a fim de se evitarem os danos causados pelas infiltrações. Foi feita pesquisa bibliográfica, em livros publicados, materiais informativos de produtos e pesquisa na internet, a fim de reforçar essa importância de se ter um projeto de impermeabilização que se encontre de acordo com as exigências das Normas Brasileiras (NBR 9575) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2010), assim como fornecer conhecimentos gerais a respeito dos sistemas de impermeabilização e apresentar as diretrizes para a elaboração de projetos de impermeabilização. A pesquisa demonstrou a importância da elaboração de um bom sistema de impermeabilização antes da construção, evitando-se, assim, prejuízos com correções, facilidade na manutenção, aumento de qualidade e vida útil, além de agregar valores às construções.

Palavras-chave: Diretrizes para projeto de impermeabilização; Sistema de impermeabilização; Detalhes construtivos.

ABSTRACT

This study approaches the guidelines for elaborating a waterproofing project. This stage is often not recognized for its importance, being left in the background by builders and architects, and as a result generating financial damage, health problems for building occupants and even reducing the life span of structures. The study intends to reinforce the importance of an adequate waterproofing system in order to avoid damage caused by infiltration. Through a bibliographic study, through published books, product information materials and internet, research it will reinforce the importance of having a waterproofing project that is in accordance with the requirements of the NBR 9575 standard of Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2010), as well as provide general knowledge about waterproofing systems and present guidelines for the development of waterproofing projects. The research demonstrated the importance of developing a good waterproofing system before construction, thus avoiding damage with corrections, ease of maintenance, increased quality and useful life, in addition to adding value to constructions.

Keywords: Guidelines for waterproofing design; Waterproofing system; Construction details.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismos de atuação das águas na edificação	16
Figura 2 - Água sob pressão positiva e negativa.....	19
Figura 3 - Parede subsolo sem impermeabilização.....	22
Figura 4 - Parede subsolo após impermeabilização.....	22
Figura 5 - Preparo da superfície.....	26
Figura 6 - Impermeabilização de cobertura com membrana de polietano	34
Figura 7 - Aplicação a quente de manta asfáltica.....	35
Figura 8 - Etapas de recuperação de manta de impermeabilização em piscina	35
Figura 9 - Etapa de impermeabilização com argamassa polimétrica	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Origem da umidade nas edificações	17
Quadro 2 - A umidade em cada área da edificação	21
Quadro 3 - Etapas do processo de impermeabilização	25
Quadro 4 - Sistemas auxiliares à impermeabilização.....	28
Quadro 5 - Serviços auxiliares à impermeabilização.....	29
Quadro 6 - Etapas do processo de impermeabilização	30
Quadro 7 - Impermeabilização rígida	32
Quadro 8 - Impermeabilização flexível	33
Quadro 9 - Características dos sistemas de impermeabilização.....	36
Quadro 10 - Materiais impermeabilizantes	39
Quadro 11 - Principais tipos de membranas impermeabilizantes.....	40
Quadro 12 - Características e aplicações das mantas impermeabilizantes	42
Quadro 13 - Vantagens e desvantagens das mantas asfálticas	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETA	Estação de tratamento de água
IIR	Poli-isobutileno isopreno
IPI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
NBR	Norma Brasileira
PEAD	Polietileno de alta densidade
PVC	Policloreto de vinila
RN	Referência de nível
SBR	Estireno-butadieno-ruber
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital
TPO	Poliolefinas termoplásticas
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Contextualização.....	11
1.2 Justificativa.....	12
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	13
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Histórico.....	16
2.2 Origem de umidade em edificações.....	15
2.2.1 <i>Formas de infiltração na edificação</i>	16
2.2.1.1 Por ascensão capilar.....	17
2.2.1.2 Por infiltração.....	18
2.2.1.3 Por condensação.....	18
2.2.1.4 Por pressão.....	18
2.2.1.5 Por umidade acidental.....	19
2.2.2 <i>Solução de problemas com a umidade</i>	19
2.3 Sistemas de impermeabilização.....	23
2.3.1 <i>Funcionamento</i>	23
2.3.2 <i>Classificação dos sistemas impermeabilizantes</i>	29
2.3.2.1 Classificação quanto à aderência.....	30
2.3.2.2 Classificação quanto à flexibilidade.....	31
2.3.2.3 <i>Classificação quanto ao método executivo</i>	34
2.4 Principais materiais impermeabilizantes.....	36
2.4.1 <i>Argamassa com aditivo hidrófugo</i>	37
2.4.2 <i>Argamassas e cimentos poliméricos</i>	37
2.4.3 <i>Cristalizantes</i>	38
2.4.4 <i>Membranas</i>	39
2.4.5 <i>Mantas</i>	41
3 METODOLOGIA.....	44
3.1 Estudo dos tipos de impermeabilização mais comuns em construção civil.....	44

3.2 Diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização.	44
4 PROJETO DE IMPERMEABILIDADE.	45
4.1 Requisitos gerais segundo a NBR 9575:2010.	47
4.1.1 Impermeabilização de ambientes, elementos e componentes construtivos. .	47
4.1.2 Redução do impacto ambiental.	48
4.1.3 Desempenho e manutenibilidade.	49
4.2 Projetos e documentos complementares.	50
4.2.1 Anteprojeto.	50
4.2.2 Projeto básico.	51
4.2.3 Projeto executivo.	51
4.3 Normas e práticas complementares à elaboração do projeto.	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.	53
REFERÊNCIAS.	55
ANEXO A - Projeto executivo de impermeabilização – detalhamento fundação.	59
ANEXO B - Projeto executivo de impermeabilização – detalhamento piso superior.	60
ANEXO C - Projeto executivo de impermeabilização – detalhamento cobertura.	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A Norma Brasileira (NBR) 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2010) define impermeabilização como o produto resultante de um conjunto de componentes e elementos construtivos que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade.

Segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2018, s.p.), “é uma técnica que consiste na aplicação de produtos específicos com o objetivo de proteger as diversas áreas de um imóvel contra ação de águas que podem ser de chuva, de lavagem, de banhos ou de outras origens”.

A impermeabilização de uma edificação a partir do isolamento dos materiais está diretamente relacionada ao seu desempenho e à sua vida útil, pois tem como função impedir a passagem de água ou fluidos sob a forma líquida ou vapor, bem como proteger as estruturas e outros elementos construtivos da ação da água, além de proteger o meio ambiente de possíveis vazamentos ou contaminações.

Várias são as patologias existentes, tais como mofo, goteiras, manchas criptoflorescência, gelividade e eflorescência, devido à umidade.

É pelo projeto de impermeabilização que se começa a prevenção das patologias, o que ainda nos dias atuais é desprezado por conta de contenção de gastos e informações. A implantação de um sistema de impermeabilização elaborado e incluído no orçamento da obra tem custo muito menor do que ser feito depois de constatados os problemas na edificação causados pela ausência ou falha do sistema. As manifestações patológicas não comprometem só a edificação, mas também a qualidade de vida do proprietário, pois os ambientes ficam insalubres, apresentando manchas, bolores, oxidação das armaduras, entre outros, podendo causar doenças respiratórias. A impermeabilização na construção civil é muito importante, pois garante a proteção da construção e do usuário.

Conforme dados do IBI, o custo da implantação de um sistema de impermeabilização na edificação representa, em média, 1 a 3% do custo total da obra, considerando projeto, consultoria, fiscalização, execução e materiais.

Como em tudo na construção civil, a impermeabilização também deve ser pensada em detalhes, usando-se as especificações corretas tanto em termos técnicos

quanto atendendo às normas específicas.

Segundo Moraes (2002), entre os principais fatores responsáveis pelo mau funcionamento do sistema de impermeabilização estão: a falta de projeto, a mão de obra desqualificada, preparação inadequada do substrato e caimento insuficientes para coletores de águas pluviais.

O projeto de impermeabilização deve ser desenvolvido e compatibilizado juntamente com os demais projetos da obra, tais como arquitetura, estrutural, hidrossanitário, drenagem, revestimento, paisagismo, entre outros, prevendo especificações, dimensões, cargas e os detalhes construtivos.

Silva e Oliveira (2018) comentam que executar a impermeabilização durante a obra é mais fácil e econômico do que o retrabalho para a sua manutenção ou implementação, visto que o retrabalho pode aumentar bastante o custo inicial. O custo para executar uma impermeabilização é menor quando está previsto em projeto. Quanto maior o atraso para seu planejamento e execução, mais se agrega valor ao custo inicial, podendo chegar a até 15 vezes mais caro quando executado após o surgimento do problema.

Nesse contexto, pode-se então entender a importância da elaboração de bom projeto de impermeabilização que deve conter todas as diretrizes, inclusive executivas, para a impermeabilização da obra, assim como a mão de obra qualificada e materiais de boa qualidade.

1.2 Justificativa

A falta da impermeabilização na edificação pode ocasionar diversas manifestações patológicas, como infiltrações por capilaridade ascendente, umidade, que causam bolor e fungos em rodapés e pisos, manchas por eflorescência, carbonatação, corrosão das armaduras, infiltrações em juntas e detalhes construtivos, manchas de umidade por absorção, trincas e fissuras, descolamento de revestimentos internos e externos. Isso tudo causa prejuízos financeiros e até mesmo danos à saúde, podendo comprometer a durabilidade da edificação, diminuindo, assim, a vida útil da edificação ou baixando qualidade do ambiente.

Sabe-se que a água é responsável por grande parte das patologias em edificações e, depois que se infiltra, combatê-la pode se tornar uma tarefa demasiadamente complicada. O processo de retrabalho nesses casos geralmente é

oneroso e de difícil execução. A água em locais indesejados prejudica a estética do ambiente e pode ainda torná-lo insalubre e inadequado para habitação.

Todo esse transtorno pode ser evitado dando-se a devida importância às técnicas de execução e principalmente ao projeto de impermeabilização.

Mediante o exposto, e considerando a falta de conhecimento dos profissionais técnicos da área de Engenharia Civil sobre o projeto de impermeabilização, a necessidade de mais detalhamento das normas e a importância de um projeto de impermeabilização para a durabilidade de uma construção, justifica-se a necessidade de desenvolvimento do trabalho referente à elaboração de diretrizes para projeto de impermeabilização para edificações.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Estabelecer diretrizes para a elaboração de projeto de impermeabilização para edificações por meio de revisão bibliográfica sobre uso e aplicação de produtos impermeabilizantes de uso geral.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os conceitos que envolvem um projeto de impermeabilização, seus requisitos e escopo.
- b) Estabelecer diretrizes para a elaboração de projeto de impermeabilização em conformidade com a ABNT NBR 9574 (ABNT, 2008), norma brasileira referente à execução de impermeabilização e e ABNT NBR 9575 (ABNT, 2010), norma brasileira referente ao processo de seleção do projeto de impermeabilização.
- c) Apresentar os principais sistemas de impermeabilização e suas técnicas construtivas.
- d) Ilustrar os detalhes construtivos referentes à execução da impermeabilização.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico

Desde os primórdios, quando o homem habitava cavernas, a umidade sempre foi fonte de preocupação. Para se proteger dos intemperismos e de animais selvagens, o homem primitivo abrigou-se em cavernas, porém percebeu que a umidade ascendia do solo e penetrava nas paredes, tornando insalubre a vida em seu interior (RIGHI, 2009).

A busca por métodos para solução desse problema, impedindo a ação da água, sempre foi algo de grande relevância. Isso fez com que o homem fosse aprimorando seus métodos construtivos e isolando a sua habitação.

Na história, vários são os relatos em buscas de solução de proteção da edificação contra a umidade. Desde referência bíblica, em Gênesis 6:14, descrevendo que a arca de Noé foi impermeabilizada com material asfáltico, passando pelas constatação de que na construção da Pirâmide de Gizé, 3600 a.C., quando também foi usado material betuminoso nos blocos de fundação.

Na Idade Média, a evolução da construção civil migrou para um novo patamar. No século XIII foi utilizada cal como elemento primordial para impermeabilizar edificações. Castelos, fortificações ou pequenas cidades eram frequentemente rodeadas por fossos, e durante sua construção tinham as suas paredes revestidas por compostos de chumbo ou betume espesso para garantir a impermeabilidade.

No século XX houve grande avanço tecnológico e o surgimento dos polímeros sintéticos, contribuindo para o desenvolvimento de novos impermeabilizantes com propriedades de elasticidade, extensibilidade e estanqueidade e com desempenho comparável ao do impermeabilizante asfáltico (BEIRÃO *et al.*, 2002).

No Brasil, as primeiras impermeabilizações foram observadas na época da colonização, começando pelas caravelas de Pedro Álvares Cabral, que eram impermeabilizadas com estopa, breu, pez, resina e alcatrão, assim como os fortes e fortalezas que ficavam em contato com o mar. Nelas foi utilizada argamassa de óleo de baleia misturada com cal e areia, que apresentava grande durabilidade e baixa permeabilidade, e que até hoje continua atendendo às necessidades das obras portuguesas.

Outros exemplos de impermeabilização no Brasil são as cidades históricas que

tiveram suas igrejas e pontes impermeabilizadas com óleo de baleia, o que faz com que várias dessas edificações se encontrem em perfeito estado até hoje.

Segundo Schreiber (2012), até os anos 1970 existiam poucas soluções de impermeabilização no mercado brasileiro. A partir da década de 70, com o início da construção do metrô de São Paulo e a chegada de grandes projetos de impermeabilização, passou-se a discutir a necessidade de se criarem normas para execução de tal serviço. Assim, em 1975, surgiu a primeira norma brasileira de impermeabilização, criada por um grupo pioneiro em função das obras do metrô de São Paulo. Naquele mesmo ano, esse grupo fundou o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), com o objetivo de dar continuidade à criação das normas e também difundir a importância da impermeabilização para as construções no Brasil.

Atualmente, com o significativo aumento do volume de obras na construção civil, tanto na área habitacional como na área industrial e pública, a impermeabilização assumiu papel de destaque na proteção das edificações. O segmento vem se renovando nos últimos anos com o uso de novas tecnologias, dando mais importância aos conceitos de sustentabilidade, gerando materiais muito mais seguros, com desempenhos físicos e mecânicos muito mais confiáveis que os antigos asfaltos oxidados e outros sistemas.

2.2 Origem de umidade em edificações

Verçoza (1991) argumenta que a umidade não é apenas uma das causas de patologia, ela age também como um intermédio para que grande parte de outras patologias em construções aconteça. A umidade é o fator primordial para o aparecimento de inflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas e de rebocos e até a causa de acidentes estruturais. As manifestações patológicas podem ocorrer em diversas partes das edificações, como piso, parede, laje, teto e fachadas.

Ainda segundo Verçoza (1991), a umidade nas construções pode manifestar-se de diversas formas e tem as seguintes origens: trazidas durante a construção, trazidas por capilaridade, por chuvas, condensação e resultante de vazamento em redes hidráulicas. A NBR 15.575:2013 preconiza que a água é o principal agente de degradação de amplo grupo de materiais de construção, estando presente no solo, na atmosfera e nos sistemas e procedimentos de higiene da edificação.

Toda construção está sujeita ao intemperismo, seja este proveniente de

vapores agressivos, poluição ou da ação da água, podendo esta ser de percolação, condensação, lençóis freáticos, entre outros. A impermeabilização, então, é importante em uma edificação, dado que é a principal responsável no combate desses agentes agressivos. Quando engenheiros, arquitetos, construtores, projetistas, entre outros, não tratam a impermeabilização de forma relevante em um projeto, acontecerá a infiltração de água, gerando uma série de consequências e inúmeras patologias, como eflorescências, fissuras, corrosão de armaduras, etc., acarretando custos elevados para a recuperação e manutenção da obra. Dessa forma, uma impermeabilização mal executada ou inexistente, além de promover danos à estrutura, compromete a durabilidade da construção (GRANATO, 2002).

2.2.1 Formas de infiltração na edificação

De acordo com Lersch (2003), a existência de água nas edificações está vinculada a:

- a) umidade ascensional;
- b) umidade por condensação;
- c) umidade de infiltração;
- d) umidade do processo de construção;
- e) umidade acidental;
- f) umidade devido à constituição dos materiais.

A FIG. 1 mostra as diversas formas de ação da água na edificação.

Figura 1 - Mecanismos de atuação das águas na edificação



Fonte: Ferraz, 2016.

Quadro 1 - Origem da umidade nas edificações

ORIGENS	OCORRE EM
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção de argamassas Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Cobertura (telhados), paredes, lajes de terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Solo, através do lençol freático
Umidade resultante de vazamento de rede de água e esgotos	Parades, coberturas, pisos e terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos, áreas com pouca ventilação, banheiros, cozinhas e garagens

Fonte: Santana, 2022.

Esses fluidos indesejados, conforme quadro 1, podem ser contidos de diversas formas, podendo-se proteger a construção evitando o contato. Caso o contato não possa ser evitado, permite-se a influência, porém se impede a penetração da umidade (FREITAS, 2013).

2.2.1.1 Por ascensão capilar

É o tipo de infiltração mais comum encontrado nas edificações. Dá-se pelo contato direto do material de construção com a umidade, muito comum em fachadas e regiões que estão em contato direto com o solo úmido. Nesses casos, a água penetra, pelos canais capilares existentes, no material de construção por meio da tensão superficial. Se não for eliminada por ventilação, a água alojada tende a ser transportada para cima, a partir da capilaridade (BOASQUIVES; PASCOAL; SOUZA, 2011).

Aparece nas áreas inferiores das paredes, que absorvem a água do solo pela fundação. Nesse caso, a parede está ligada às vigas de fundação, ficando parcialmente enterrada e em contato com a superfície úmida, e pode ser permanente, quando o nível de lençol freático está muito alto, ou sazonal, em decorrência da variação climática.

A umidade proveniente do subsolo pode causar desagregação, manchamento, bolores, vegetação, eflorescência e/ou ainda criptoflorescência na zona das paredes.

Nas paredes executadas em alvenaria de tijolo a capilaridade pode alcançar alturas de 80 centímetros até 1,50 metro, causando manchas nas regiões rentes ao solo, acompanhadas por bolor e eflorescências (LERSCH, 2003).

2.2.1.2 Por infiltração

Causada pela penetração direta da água no interior dos edifícios pelas paredes, por meio de trincas, pela alta capacidade de os materiais absorverem a umidade do ar ou por falhas na interface de elementos construtivos (por exemplo, vedação insuficiente de janelas e portas). Em geral, é ocasionada pela água da chuva.

A água trazida pela chuva penetra na edificação por pressão hidrostática e percolação. Comumente presente em coberturas, paredes e lajes de terraços, é o agente mais comum para a geração de umidade. Esse tipo de umidade geralmente é combatido com soluções mecânicas como, por exemplo, a troca de parte de um telhado que está gotejando, a vedação de uma esquadria que estava malfeita, etc. Existem, porém, situações em que a água infiltra-se nas paredes do terraço por percolação, uma vez que estas não foram impermeabilizadas ou o revestimento cerâmico não é o adequado (alta porosidade), e ocasiona manchas no seu interior (SCHÖNARDIE, 2009).

2.2.1.3 Por condensação

Produzida quando o vapor de água existente no interior de um local entra em contato com superfícies mais frias, como vidros, metais e paredes, formando pequenas gotas de água. Esse fenômeno está associado à falta de ventilação.

Tem origem na condensação do vapor d'água presente no ambiente e se aloja na superfície de elementos construtivos. Isso acontece quando a temperatura superficial atinge o ponto de orvalho do ar. É muito comum em ambientes enterrados, onde a água condensa-se nas paredes e não há ventilação para secá-la. Nesse caso, pode haver a formação de mofo e bolor nas paredes e no forro do ambiente (SCHÖNARDIE, 2009).

Esse tipo de umidade pode causar manchas e bolor nos locais onde as bolhas de água se acumulam.

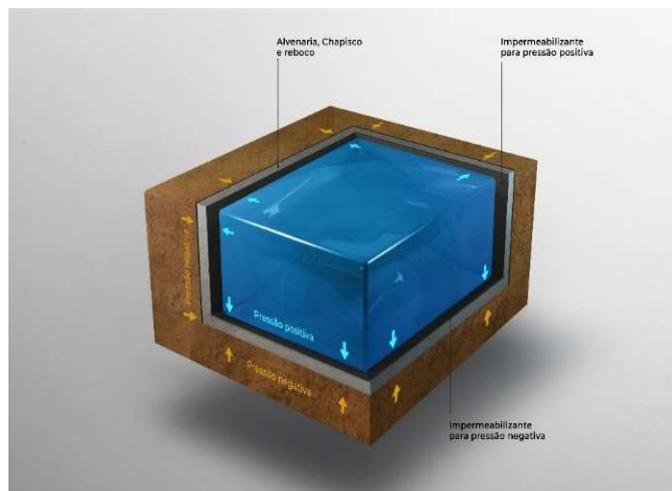
2.2.1.4 Por pressão

A NBR 9575 (ABNT, 2010) define água sob pressão negativa como aquela que atua de forma inversa à impermeabilização, enquanto que a água sob pressão positiva

atua de forma direta à impermeabilização. Ocorre em lugares abaixo do nível da água ou ainda em reservatórios e piscinas.

A água sob pressão, confinada ou não, exerce pressão superior a 1 kPa, podendo ser positiva ou negativa, como pode ser observado na FIG. 2. Ainda, pode vir a sofrer pressão bilateral, ou seja, em ambas as faces.

Figura 2 - Água sob pressão positiva e negativa



Fonte: Ebook Block impermeabilizantes, 2023

2.2.1.5 Por umidade acidental

Infiltrações geradas por falha em algum dos sistemas - hidráulico, sanitário, entre outros - responsáveis pela condução de águas. Esse tipo de umidade, quando ocorre em edificações com longo tempo de existência, deve ser tratado de forma muito especial, pois pode ser decorrente de materiais (tubulações, reservatórios, etc.) com o período de vida útil excedido e em que não foram realizadas devidas manutenções (RIGHI, 2009). Por ser de caráter acidental, a localização desses vazamentos acaba sendo de difícil identificação; e pelo fato de na maioria das vezes estarem encobertos por elementos construtivos, a correção acaba tornando-se tarefa árdua (SOUZA, 2008).

2.2.2 Soluções de problemas com a umidade

A impermeabilização é classificada pela NBR 9575:210 como rígida e flexível,

considerando a maior ou menor possibilidade de fissuração.

A impermeabilização rígida é indicada para áreas que não estão sujeitas a grandes variações de temperatura ou sujeitas a fissuras, como galerias, subsolo e piscinas. São acrescentados aditivos químicos impermeabilizantes nos materiais usados, como cimento, areia e água. Por isso, não pode ser utilizada em locais com movimentação e que sofram grande mudança térmica, pois tanto a estrutura quanto o agente químico romperão.

Já a impermeabilização flexível é voltada para as superfícies que estão sujeitas a dilatações e vibrações. Os impermeabilizantes utilizados possuem propriedades mais elásticas. Portanto, podem se conformar à estrutura durante a movimentação e, assim, cobrir fissuras e trincas. É a opção mais utilizada nas áreas externas dos edifícios, especialmente nas regiões muito expostas ao sol.

É excelente para as áreas internas e pode ser aplicada nas lajes e nas varandas. Para uso comercial e industrial, é muito indicada para reservatórios suspensos e tanques, além do uso mais comum, que é em piscinas.

As residências apresentam diversos pontos onde a impermeabilização é necessária, em lugares típicos, como áreas molhadas, calhas, rufos e pisos externos, até locais mais específicos, como no muro de arrimo, na piscina, além de a cobertura contar com lajes impermeabilizadas.

Para solução dos problemas causados pela umidade, é necessária a elaboração de um bom projeto de impermeabilização, sendo necessário identificar quais partes construtivas estão sujeitas aos ataques da ação da água e a forma de solicitação.

Para se identificarem os possíveis problemas que podem surgir durante e após a execução da obra, é necessário desempenhar de forma rigorosa o detalhamento do projeto de impermeabilização.

O QUADRO 2 lista os problemas e as soluções relacionadas à umidade em cada parte de uma edificação.

Quadro 2 – A umidade em cada área da edificação

FUNDAÇÕES	
Problemas	Soluções
Umidade ascendente com deterioração da argamassa de revestimento nos pés de paredes, podendo chegar até alturas > 1,50 m.	Impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas, ou flexível, como membranas de asfalto modificado com polímeros em solução ou mantas asfálticas.
Infiltração de água e inundação das áreas próximas.	
Insalubridade do ambiente.	
LAJES EM CONTATO COM O SOLO	
Problemas	Soluções
Umidade por capilaridade, causando deterioração de acabamentos, como madeiras, carpetes e pisos.	Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes e argamassas poliméricas. Externamente, antes da concretagem do piso, sobre lastro de concreto magro ou solo regular e compactado, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas com geotêxtil acoplado.
Destacamento e embolhamento de pisos de alta resistência, epoxídicos, poliuretânicos, etc.	
Insalubridade do ambiente.	
PILARES (ESTRUTURAS DE CONCRETO)	
Problemas	Soluções
Ataque às armaduras, com comprometimento da estrutura.	Os pilares recebem a mesma impermeabilização de pisos e paredes.
PAREDES EM CONTATO COM O SOLO, CORTINAS E PAREDES-DIAFRAGMA	
Problemas	Soluções
Deterioração da argamassa de revestimento.	Internamente, impermeabilização rígida, como cristalizantes (somente para substratos maciços) e argamassas poliméricas. Externamente, impermeabilizações pré-fabricadas, como mantas asfálticas ou membranas moldadas no local à base de solução asfáltica modificada com polímeros, aplicadas a frio e estruturadas com tela industrial de poliéster.
Embolhamento e deterioração da pintura.	
Deterioração de móveis encostados nas paredes, quadros, revestimentos.	
Insalubridade do ambiente	
REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	
Problemas	Soluções
Desagregação. A argamassa perde resistência e torna-se pulverulenta, destacando-se da superfície.	Normalmente os revestimentos são executados após a adoção de alguma impermeabilização aplicada diretamente na estrutura. Quando, porém, a parede ou cortina for de alvenaria revestida, esse revestimento deverá ser executado somente com cimento e areia, no traço de 1:3 a 1:4, e poderá ser impermeabilizado contra umidade de solo com argamassa polimérica pela face interna. Pela face externa, poderá receber impermeabilização elástica, como manta asfáltica ou membrana moldada no local à base de solução asfáltica modificada com polímeros, aplicada a frio e estruturada com tela industrial de poliéster. Importante: infiltrações do subsolo que afetam os acabamentos (argamassas e pinturas) revelam patologias que têm origem em outras áreas (fundações, pilares, lajes etc.). Portanto, o tratamento pontual do acabamento pode ser apenas paliativo e ocultar problema mais grave; o ideal é investigar as causas das patologias e tratá-las.
Eflorescências, mofo e bolor.	

FUNDAÇÕES	
Problemas	Soluções
PINTURA	
Problemas	Soluções
Embolhamento e destacamento	Refazer a pintura após impermeabilização da base, conforme as soluções propostas nos itens anteriores.
Eflorescências, mofo e bolor.	
CONCRETO APARENTE	
Problemas	Soluções
Comprometimento da estrutura	Pode ser tratado com sistemas rígidos, como argamassa polimérica e cristalizantes, ou flexíveis (mantas asfálticas, emulsões ou soluções asfálticas, etc.). A opção vai depender das particularidades de cada obra. Por exemplo: em um solo com umidade constante, lençol freático alto e pressão negativa, somente com acesso interno, é recomendado um sistema rígido. Caso seja possível rebaixar o lençol freático, pode-se optar por um sistema flexível aplicado externamente.
LAJES DE SUBSOLO	
Problemas	Soluções
Oxidação das armaduras com comprometimento das estruturas no longo prazo.	São recomendadas, neste caso, mantas asfálticas, que, no entanto, exigem altura suficiente e proteção mecânica dimensionada para o trânsito de veículos. Existem também alguns sistemas compostos de membranas de uretano com adição de agregados que podem ser utilizados como acabamento final e impermeabilizante. Estes, porém, são muito mais caros que os tradicionalmente utilizados em nosso mercado e ainda não há tecnologia nacional, dependendo de produtos importados.

Fonte: Instituto Brasileiro de Impermeabilização (2018).

As FIG. 3 e 4 apresentam patologia de desagregação de revestimento em paredes enterradas.

Figura 3 - Parede subsolo sem impermeabilização



Figura 4 - Parede subsolo após impermeabilização



Fonte: Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP, 2022).

2.3 Sistemas de impermeabilização

As edificações habitacionais requerem estanqueidade a água, poeira, insetos, aves e roedores. A ABNT NBR 15575 de desempenho de edificações habitacionais considera apenas a estanqueidade à água, que é de grande relevância pelo fato de evitar processos deletérios dos materiais componentes (lixiviação, corrosão, etc.) e impedir também a proliferação de fungos e doenças respiratórias. A estanqueidade à água pode ser obtida de várias maneiras, como por drenagem do solo, implantação da construção sobre pilotis, emprego de concreto impermeável e sistemas de impermeabilização de acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010).

A ABNT NBR 9575 (ABNT, 2010) caracteriza o sistema de impermeabilização como sendo um conjunto de produtos e elementos, com o objetivo de certificar a estanqueidade de uma construção quando dispostos em camadas ordenadas. Por isso, a estanqueidade é caracterizada na norma supracitada como a capacidade de impedir a penetração ou a passagem de fluidos por um elemento ou conjunto de componentes. É nessa NBR que são estabelecidas as exigências e recomendações relativas à seleção e ao 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 dos elementos construtivos.

A ABNT NBR 9574:2008 rege 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.

2.3.1 Funcionamento

Conforme Silva e Lira (2021), a implantação de um sistema de impermeabilização é um processo que exige cautela e planejamento. Além de disciplina no atendimento às normas regentes, devem ser levados em consideração produtos qualificados e serviços adequados, otimizando, assim, o produto e a melhor forma de ser executado.

A escolha do sistema de impermeabilização mais adequado para uma devida

construção é função de vários fatores, tais como: forma da estrutura, movimentação admissível no cálculo da estrutura, temperatura e umidade relativa local, efeitos arquitetônicos que se deseja obter e custo, entre outros (PIRONDI, 1979).

Para garantir o funcionamento adequado de um sistema de impermeabilização, é necessário que os seus componentes trabalhem em conjunto, para que não haja sobrecarga em algum elemento e este acabe assumindo as funções atribuídas ao conjunto, que são: formar uma base, impedir a passagem da água e garantir a durabilidade da estrutura. Assim, os sistemas de impermeabilização são constituídos basicamente por três processos (ARANTES, 2007):

- a) processos preliminares: executado antes da impermeabilização; preparo da superfície de base;
- b) processos impermeáveis: execução da impermeabilização;
- c) processos complementares: sistemas auxiliares e complementares executados após a execução da impermeabilização e que têm como objetivo resistir às solicitações imposta ao sistema e prolongar sua vida útil.

De acordo com a NBR 9575/2010 (ABNT, 2010), o projeto de impermeabilização é um conjunto de informações gráficas e descritivas que vão caracterizar todos os sistemas de impermeabilização que serão utilizados durante a execução da obra, garantindo a execução exata durante sua implementação. O projeto é dividido em três etapas: estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo.

No estudo preliminar faz-se o levantamento legal, técnico e de custos que garanta a estanqueidade e durabilidade das áreas que estarão em contato direto com vapores, fluidos e umidade. Nessa fase do projeto são identificadas e quantificadas as áreas que necessitam de impermeabilização.

O projeto básico de impermeabilização define quais soluções devem ser aplicadas de acordo com a área analisada, garantindo que a técnica seja suficiente para evitar problemas relacionados à umidade. Essa fase do projeto deve ser desenvolvida em conjunto com a etapa da coordenação geral das atividades do projeto.

Esse projeto deve conter plantas de localização com a identificação das áreas a impermeabilizar, além dos detalhes construtivos que explicitem as soluções adotadas para o atendimento das exigências de desempenho em relação à

estanqueidade dos elementos construtivos e durabilidade frente à ação da água, umidade e vapor d'água e memorial descritivo dos tipos de impermeabilização selecionados para os diversos locais da edificação.

O projeto executivo deve descrever de maneira detalhada e específica, sem erros, todos os sistemas de impermeabilização que serão aplicados na construção. Essa fase deve ser desenvolvida associada aos demais projetos executivos. E deve conter plantas de localização com a identificação das áreas a impermeabilizar, detalhamento construtivo, memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização, memorial descritivo de procedimento e execução, planilhas de quantitativos de materiais e serviços e metodologia para controle e inspeção dos serviços.

Alguns sistemas auxiliares ou complementares são utilizados após a camada de impermeabilização, que constituem o objeto do projeto executivo. Devem ser detalhados para caracterizar todos os materiais e serviços que compõem o projeto (NBR 9575, 2010).

Antunes (2004) adverte que a existência de um projeto de impermeabilização minimiza patologias, já que permite controlar a execução, além de prever detalhes construtivos de arremates e reforços de impermeabilização.

A exigência do projeto de impermeabilização para as edificações, além de ser uma questão de cumprimento de norma técnica, também é uma questão de necessidade. Isso porque possibilita o bom planejamento, execução, fiscalização e manutenção dos sistemas de impermeabilização e, por consequência, melhor desempenho do sistema aplicado e mais satisfação dos usuários.

Várias são as etapas a serem seguidas no processo de impermeabilização. As principais são apresentadas no QUADRO 3.

Quadro 3 – Etapas do processo de impermeabilização

PREPARO DA SUPERFÍCIE DE REGULARIZAÇÃO	Limpeza Geral
	Regularização: Declividade > 1% (NBR 9574:2008)
IMPERMEABILIZAÇÃO	Impermeabilização de acordo com o projeto
	Imprimação asfáltica: entre substratos e a manta
	Teste de estanqueidade: comprovar a eficiência
SISTEMAS AUXILIARES E COMPLEMENTARES	Camadas
	Proteções
	Tratamento de juntas

Fonte: Freire (2007).

a) Preparação da base e camada de regularização

A eficiência e durabilidade de um sistema de impermeabilização dependem, assim como qualquer revestimento, da superfície de aplicação. Segundo a NBR 9574 (ABNT, 2008), esta deve ser livre de protuberâncias e possuir textura e resistência compatíveis com o sistema adotado.

O preparo da superfície consiste em uma limpeza geral e detecção de pontos falhos de concretagem, grauteamento de tubos e elementos transpassantes à superfície e preparar a superfície com argamassa específica. Deve-se umedecer a área com água em abundância antes da regularização.

Em qualquer tipo de sistema de impermeabilização a superfície precisa estar regularizada, limpa e livre de qualquer impureza com desmoldante, partes soltas, pregos, poeira e afins.

As impurezas interferem na aplicação, deixando uma superfície não homogênea, além de haver a possibilidade de reação das partes ao produto que está sendo aplicado.

A FIG. 5 exemplifica o preparo da superfície para o recebimento da impermeabilização.

Figura 5 - Preparo da superfície



Fonte: Blog Fibersals, 2023

É importante atentar para as argamassas de regularização, pois se estas possuírem traço fraco ou o se agregado utilizado contiver matéria orgânica, a base tenderá a deteriorar-se com o tempo, danificando a impermeabilização. A NBR 9574 (ABNT, 2008) especifica que se deve utilizar argamassa de cimento e areia, sem aditivos, com traço volumétrico 1:3 e areia com granulometria de 0 a 3 mm.

A regularização consiste em adequar a superfície para o recebimento do sistema de impermeabilização. É necessário fornecer à camada impermeável declividade de no mínimo 1%, quando necessário (ABNT, 2008).

b) Execução da impermeabilização

Como já exposto, a etapa de impermeabilização tem a função de barrar a passagem de fluidos. Baseado no projeto, de acordo com desenhos e detalhes específicos, deve-se aplicar o sistema e material especificado.

Os sistemas, bem como suas particularidades e aplicações, serão retratados no próximo capítulo deste trabalho.

Para comprovar a eficiência da impermeabilização, quando executada com instalação de mantas, utiliza-se o teste de estanqueidade por 72 horas. Após esse período, observam-se sinais de infiltração.

c) Sistemas auxiliares e complementares

A NBR 9575 (ABNT, 2010) especifica no item 4.3 alguns sistemas auxiliares e complementares e os classifica como:

- camada de imprimação: é um estrato com a função de favorecer a aderência da camada impermeável, aplicando-o ao substrato a ser impermeabilizado;
- camada-berço: é sobressalente à camada de regularização, com a função de dar apoio à proteção da camada impermeável contra agressões provenientes do substrato. Geralmente é formada de adesivo elastomérico e asfáltico; geotêxtil de poliéster ou polipropileno; manta asfáltica; poliestireno expandido ou extrudado (EPS) (VIEIRA, 2018);
- camada de amortecimento: fica sob a proteção mecânica e protege mecanicamente a impermeabilização. Absorve e dissipa os esforços estáticos e dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável, protegendo-a de danos causados por estes;
- camada drenante: é um estrato com a função de facilitar o escoamento de fluidos que atuam na camada impermeável;
- camada separadora: é um estrato com a função de evitar a aderência de outros

materiais na camada;

- camada de proteção mecânica: é um estrato com a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria desses esforços; protegem contra os efeitos do meio ambiente que danificam a impermeabilização;
- camada de proteção térmica: é um estrato com a função de reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra os efeitos danosos do calor excessivo, protegendo-a e aumentando sua vida útil.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) também especifica os materiais utilizados para cada um desses sistemas, como mostrado no QUADRO 4.

Quadro 4 – Sistemas auxiliares à impermeabilização

SISTEMA	MATERIAL UTILIZADO
CAMADA DE IMPRIMAÇÃO	solução; emulsão; cimentícias.
CAMADA-BERÇO	adesivo elastomérico; asfáltico; geotêxtil de poliéster ou polipropileno; manta asfáltica; poliestireno expandido ou extrudado (EPS).
CAMADA DE AMORTECIMENTO	composta por areia, cimento e emulsão asfáltica; geotêxtil de poliéster ou polipropileno; emulsão asfáltica com borracha moída; poliestireno expandido ou extrudado (EPS).
CAMADA DRENANTE	geotêxtil; geocomposto; polipropileno.
	filme polietileno; papel <i>kraft</i> aplicado sobre camada geotêxtil; papel <i>kraft</i> betumado.
CAMADA DE PROTEÇÃO MECÂNICA	argamassa; concreto; geotextil; metal; solo; agregado.
CAMADA DE PROTEÇÃO TÉRMICA	concreto celular; lã de rocha; lã de vidro; mineral expandido; poliestireno; poliuretano; solo.

Fonte: adaptado da ABNT (2010).

Tratando-se dos serviços auxiliares, a NBR 9575 (ABNT, 2010) especifica no item 4.2 a classificação segundo a função de cada um deles, assim como os materiais utilizados para tal fim, como ilustrado no QUADRO 5.

Quadro 5 - Serviços auxiliares à impermeabilização

SERVIÇO	MATERIAL UTILIZADO
PREPARO DO SUBSTRATO	Conforme a NBR 9574
PREENCHIMENTO DE JUNTAS	cordão de poliestireno; cordão de polietileno; cordão de sisal; cordão de náilon; elemento de poliestireno; elemento de lã de vidro; elemento de lã de rocha; lâminas metálicas; mastiques asfálticos.
TRATAMENTO POR INSERÇÃO	injeções de silicatos; injeções de resinas poliméricas; bloqueadores hidráulicos para tamponamento.
TRATAMENTO ESTANQUE DE JUNTAS	faixas de mantas asfálticas; faixas de mantas elastoméricas de poli-isobutileno isopreno (IIR); faixas de mantas elastoméricas de etilenopropilenodieno-monomêro (EPDM); perfil de policloropreno; perfil de policloreto de vinila (PVC); selantes (mastiques); membrana elastomérica de poli-isobutileno isopreno (IIR), em solução estruturada.

Fonte: adaptado da ABNT (2010).

2.3.2 Classificação dos sistemas impermeabilizantes

De acordo com a NBR 9575:2010, os sistemas de impermeabilização empregados na construção civil devem ser escolhidos conforme a solicitação imposta pelo fluido, nas partes que requeiram estanqueidade, e pelo comportamento físico da estrutura.

Moraes (2002, p. 12) preleciona que, conforme o tipo de estrutura, sua rigidez, sua situação perante os fluxos d'água, entre outros fatores, podem ser projetados diversos tipos de sistemas de impermeabilização, que atenderão a contento às solicitações do usuário no que diz respeito ao custo mais adequado.

Os sistemas de impermeabilização são classificados por Freire (2007, p. 15) quanto à aderência (aderentes, parcialmente aderentes, não aderentes), à

flexibilidade (rígidos, semiflexíveis, flexíveis) e quanto ao método de execução (moldado *in loco*, pré-moldado), conforme ilustrado no QUADRO 6.

Quadro 6 - Etapas do processo de impermeabilização

CLASSIFICAÇÃO	SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO		
QUANTO À ADERENCIA	Aderente		
	Parcialmente aderente		
	Não aderente		
QUANTO À FLEXIBILIDADE	Rígido		
	Flexível		
	Semiflexível		
QUANTO À EXECUÇÃO	Moldado <i>in loco</i>	A frio	Pintura
			Aplicação de camadas
			A quente

Fonte: adaptado de Freire (2007).

2.3.2.1 Classificação quanto à aderência

Quanto à aderência, os sistemas impermeabilizantes são classificados como aderentes, parcialmente aderentes e não aderentes.

Os sistemas de impermeabilização aderentes são projetos cuja metodologia de execução para aderência da camada impermeável ao substrato é definida no projeto de impermeabilização. A camada impermeabilizante é aderida à base, seja por fusão do próprio material ou por colagem com adesivos, asfaltos quentes ou maçarico (MORAES, 2002).

Nos sistemas parcialmente aderentes, a metodologia de execução é feita com a aderência de partes ou áreas específicas, impermeáveis ao substrato. São aplicáveis nas partes construtivas, que possuem aderência em alguns pontos, como ralos e platibandas. Segundo Picchi (1984 *apud* SOUZA; MELHADO, 1998), nesses casos deve ser utilizada uma camada de separação entre a impermeabilização e seu suporte, fazendo com que os movimentos do suporte sejam transmitidos por toda a extensão da impermeabilização, gerando uma pequena deformação percentual e, conseqüentemente, pequenas tensões.

Os sistemas não aderentes, também chamados de flutuantes, são projetos em que a metodologia de execução é sem aderência da camada impermeável ao substrato, ou seja, o contato se dá apenas pelas superfícies verticais de arremate. Esse tipo de sistema é aplicado a estruturas com acentuada deformabilidade.

2.3.2.2 Classificação quanto à flexibilidade

No ponto de vista da flexibilidade, os sistemas de impermeabilização são classificados como rígidos e flexíveis. Estão surgindo os conceitos de semirrígidos e semiflexíveis, mas como ainda não fazem parte da norma, continuam sendo tratados com rígidos e flexíveis.

a) Impermeabilização rígida

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), a impermeabilização rígida é definida como o conjunto de materiais ou produtos que não possuem características de flexibilidade, portanto, podem ser aplicáveis em partes construtivas que não estão sujeitas a movimentações do substrato.

Esse tipo de impermeabilização caracteriza-se pelo baixo poder de absorver deformações da base, especialmente fissuras e trincas. Esse processo acontece pela inclusão de aditivos químicos somada à adequada granulometria dos agregados, a fim de obter a redução da porosidade.

A aplicação da camada de estanque é feita diretamente sobre a base, sem camadas complementares. Justamente por não trabalhar com a estrutura, não é recomendada para áreas com muita movimentação e variações térmicas. Têm módulo de elasticidade próximo do da argamassa ou concreto sobre o qual será executada.

Os impermeabilizantes rígidos são os mais comuns encontrados no mercado, como argamassas industrializadas, produtos bicomponentes ou como aditivos para concretos e argamassas, apresentados no QUADRO 7.

Entre os tipos de impermeabilização rígida, três se destacam, sendo eles: argamassa polimérica, argamassa impermeável com aditivo e cristalizantes.

Na impermeabilização rígida a argamassa polimérica é utilizada com a emulsão de polímeros, sendo, assim, aplicada em forma de chapisco em duas camadas, com o uso de brocha, não se podendo esquecer de curar com água e não expor ao sol para que não evapore.

No caso da argamassa impermeável, a preparação é feita na obra, quando é acrescentado um aditivo impermeabilizante ao cimento, à areia e à água, que deve ser chapiscada nas paredes, entre duas e três camadas, para formar uma camada impermeável utilizando-se desempenadeira de madeira.

A impermeabilização com sistema cristalizante visa impermeabilizar a partir da cristalização dos poros do concreto, para que possa ser selado permanentemente. Nesse tipo de impermeabilização apenas as estruturas de concreto são suscetíveis.

Quadro 7 – Impermeabilização rígida

PRODUTO	CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES INDICADAS
Cristalizantes	São compostos químicos de cimento aditivados, resina e água. O produto é aplicado diretamente sobre a estrutura a ser impermeabilizada. Ao entrar em contato com a água de infiltração, cristalizam-se e preenchem os poros do concreto, constituindo uma barreira impermeável.	Áreas sujeitas à umidade, reservatórios enterrados, baldrames, piscinas enterradas entre outros
Argamassa Impermeável	São argamassas de cimento e areia que adquirem propriedades impermeáveis com a mistura de aditivos que repelem a água (hidrofugantes), líquidos em pó. Devem ser aplicados em locais não sujeitos a trincas e à fissuração, no emboço de revestimento de baldrames e paredes e no assentamento de alvenarias em contato com o solo.	Baldrames, piscina, subsolos, pisos em contato com o solo, argamassas de assentamento de alvenaria, etc.
Argamassa Polimérica	Argamassas industrializadas disponíveis no mercado na versão bicomponente (cimento aditivado e resinas líquidas), devendo ser misturadas e homogeneizadas antes da aplicação. Formam um revestimento impermeável e resistente à umidade e ao encharcamento	Reservatórios e piscinas enterradas, subsolos, paredes, pisos frios, baldrames, etc.
Cimento Polimérico	Revestimento impermeabilizante semiflexível aplicado com trincha ou broxa. É um sistema bicomponente (componente em pó com fibras e componente líquido) que forma uma pasta cimentícia resistente à umidade que sobe pelas paredes e pela fundação. Ideal para áreas enterradas.	Reservatórios enterrados, baldrame, floreiras sobre terra, muro de arrimo, poço de elevador, etc.
Epóxi	Impermeável à água e ao vapor, é um revestimento de grande resistência mecânica e química. À base de resina epóxi, bicomponente, com ou sem adição, é indicado para impermeabilização e proteção anticorrosiva de estruturas de concreto, metálica e argamassas.	Tanques de armazenamento de produtos químicos, tubos metálicos

Fonte: adaptado de Ferreira (2018).

b) Impermeabilização flexível

A NBR 9575 (ABNT, 2010) define impermeabilização flexível como “conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo”.

Ao contrário da impermeabilização rígida, a impermeabilização flexível acompanha as movimentações do material de base, portanto, é adequado a estruturas sujeitas à fissuração.

A impermeabilização flexível permite a formação de uma lâmina protetora que

evita a penetração de água na estrutura. Esse método de impermeabilização é o mais usado na construção civil brasileira e se destaca por sua resistência a contrações e a dilatações térmicas.

Existem dois tipos de produtos para a impermeabilização flexível: moldados no local, chamados de membranas, e os pré-fabricados, conhecidos como mantas. Esse sistema pode ser aplicado em terraços, lajes maciças, piscinas suspensas, reservatórios superiores, varandas, coberturas, jardins, espelhos d'água e pisos de áreas molhadas, como banheiros e cozinhas.

As coberturas são, de modo geral, as áreas das edificações que mais sofrem os efeitos do sol e da chuva. Nessas situações, mesmo uma argamassa ou concreto impermeáveis exige a proteção de uma membrana flexível, a qual acompanha o trabalho da estrutura, impedindo a infiltração de água por possíveis trincas ou fissuras (VEDACIT, 2013).

Quadro 8 – Impermeabilização flexível

PRODUTO	CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES INDICADAS
Asfaltos moldados a quente	É o sistema mais tradicional no Brasil, utilizado desde o início da impermeabilização de edificações no país. Consiste em moldagem de uma membrana impermeabilizante a partir de sucessivas demãos de asfalto derretido intercaladas com telas ou mantas estruturantes, ideal para áreas de pequenas dimensões de lajes médias ou com muitos recortes. A produtividade de aplicação é baixa.	Cozinhas, banheiros, áreas de serviços, lajes de cobertura, terraços, tanques, piscinas, reservatórios, etc.
Soluções e emulsões asfálticas	Produtos compostos de misturas de asfalto, modificadas ou não por polímeros, em água ou solvente. São aplicados a frio como <i>primers</i> ou como impermeabilização de áreas molháveis internas, estruturada com telas. O tempo de cura costuma ser maior em comparação aos demais sistemas impermeabilizantes.	Principalmente como pintura de ligação e como impermeabilizante em pequenas lajes, banheiros, cozinhas, áreas de serviços e floreiras
Membrana de poliuretano	Impermeabilizante bicomponente aplicado a frio, com grande estabilidade química, aderência a diversas categorias de superfícies, elasticidade e resistência a altas temperaturas. Suas características o credenciam para aplicação em ambientes mais agressivos	Lajes e áreas molháveis, tanques de efluentes industriais e esgotos, reservatórios de água potável.
Membrana de poliureia	Revestimento aplicado a <i>spray</i> , com equipamento de pulverização, indicado para áreas onde a velocidade de liberação de área é crítica, já que sua cura é muito rápida (da ordem de minutos). Após aplicado, tem grande elasticidade e resistência química e mecânica	Pisos industriais, revestimentos internos de tanques, tanque de tratamento de água e efluentes, piscinas, lajes e telhados.
Membrana acrílica	É formada por resina acrílica, normalmente dispersa em água, executada em diversas demãos intercaladas por estruturante. Resistente aos raios solares (ultravioletas), deve ser aplicada em superfícies expostas e não transitáveis. Deve ser usada em áreas mais inclinadas (maior que 2%) para que a água não se acumule sobre a superfície e danifique o sistema.	<i>Sheds</i> , coberturas inclinadas, abóbadas, telhas pré-moldadas ou equivalentes

Resina termoplástica	As resinas termoplásticas são impermeabilizantes flexíveis bicomponentes, compostas de uma parte líquida (resina acrílica) e outra em pó (cimento aditivado). Misturados, formam uma pasta aplicada com brocha em várias demãos, estruturadas ou não com tela de poliéster. Não resiste à pressão negativa da água (a partir da parede).	Piscinas, reservatórios de água potável, pisos frios e rodapés de parede de <i>drywall</i> .
----------------------	--	--

Fonte: adaptado de Ferreira (2018)

2.3.2.3 Classificação quanto ao método executivo

a) Moldados *in loco*

Os sistemas impermeabilizantes moldados *in loco* compreendem a utilização de membranas, que podem ser ou não estruturadas. Moraes (2002) acredita que as membranas são materiais seguros, de baixo custo e fácil aplicação, pois a técnica de execução é simples e não requer ferramentas especiais.

As membranas são produtos aplicados em camadas, por isso se deve fazer o controle da espessura, logo, da quantidade de produto aplicado por metro quadrado. Essa aplicação pode ser a quente (à base de asfaltos oxidados) ou a frio (à base de água, de solvente ou sem solvente).

Na impermeabilização a frio são aplicadas várias camadas de material impermeabilizante, até que ele forme uma membrana impermeável, sem emendas. O tempo de secagem das camadas deve ser respeitado, caso contrário, pode ocorrer a formação de bolhas.

A aplicação pode ser observada na FIG. 6.

Figura 6 - Impermeabilização de cobertura com membrana de polietileno



Fonte: Sudecap, 2022.

Segundo Soares (2014), a necessidade de controle tecnológico do rendimento e da espessura faz com que, muitas das vezes, se dê preferência aos sistemas pré-

fabricados, já que a qualidade do serviço depende muito da qualidade do produto e da mão de obra. E acrescenta que, quando há muitas interferências, as mantas precisam ser recortadas. Dessa forma, aumenta a probabilidade de falhas. Uma vantagem das membranas é que elas não possuem emendas, e por serem moldáveis tornam mais fácil a execução, pois evitam as ementas que haveria se fossem utilizadas mantas.

b) Pré-fabricados

Os sistemas pré-fabricados compreendem a utilização de mantas, que são materiais obtidos por processos industriais, como extensão ou calandragem. Para aplicação na obra, as mantas devem ser estendidas e unidas por meio de colagem ou sondagem, que pode ser com o uso de solventes ou a quente (FIG. 7).

Figura 7 – Aplicação a quente de manta asfáltica



Fonte: Blog FiberSals, 2017.

Os tipos de mantas mais usados são:

- a) Manta asfáltica;
- b) manta polimérica sintética (manta elastomérica — Butil e EPDM);
- c) manta termoplástica.

A FIG. 8 apresenta a recuperação de impermeabilização de uma piscina com utilização de manta.

Figura 8 - Etapas de recuperação de manta de impermeabilização em piscina



Fonte: Sudecap, 2022.

O QUADRO 9 apresenta um resumo das características dos sistemas rígidos e dos flexíveis, para a simplificação do entendimento.

Quadro 9 – Características dos sistemas de impermeabilização

	Rígidos	Flexíveis
Aplicações indicadas	Sua principal utilização ocorre em fundações, pisos internos em contato com o solo, contenções e piscinas enterradas.	São mais utilizados em lajes de térreo e cobertura, banheiros, cozinhas, terraços e reservatórios elevados.
Como são vendidos	Como aditivo químico para argamassa ou como argamassa industrializada. Também são encontradas misturas aplicadas	Na forma de mantas, aderidas ou não à estrutura. Também fazem parte desse grupo misturas moldadas no local, que, depois de secas, formam uma membrana elástica protetora
Exemplos	<ul style="list-style-type: none"> • Argamassas impermeabilizantes • Cimentos poliméricos • Cristalizantes • Resinas epóxi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantas asfálticas • Membranas asfálticas moldadas no local (a quente ou frio). • Mantas de PEAD [polietileno de alta densidade], PVC, EPDM. • Membranas de poliuretano, poliureia, resinas acrílicas, etc.

Fonte: adaptado de Ferreira (2018).

2.4 Principais materiais impermeabilizantes

O mercado dos materiais impermeabilizantes tem crescido muito nos últimos anos, e hoje conta com ampla variedade de soluções. Contudo, é preciso estar bem informado sobre as características dos materiais para realizar um bom projeto de impermeabilização, caso contrário, tal variedade pode levar a decisões equivocadas por parte do projetista.

A NBR 9574 (ABNT, 2008) considera os seguintes materiais impermeabilizantes mais utilizados na construção civil nacional:

2.4.1 Argamassa com aditivo hidrófugo

São argamassas de cimento e areia que recebem aditivos hidrófugos (repelem a água) à sua mistura, adquirindo propriedade impermeabilizante. Podem ser aplicadas em locais não sujeitos a trincas e fissuração, no emboço de revestimento de baldrame e paredes e no assentamento de alvenarias em contato com o solo (FERREIRA, 2018).

Os sistemas de argamassas impermeabilizantes são os que necessitam de menos camadas intermediárias, pois podem ser aplicadas diretamente na camada de base e pode-se aplicar diretamente nela o revestimento final. Não necessita de camada de separação superior e proteção mecânica, pois seu acabamento pode ser regularizado (STAHLBERG, 2010).

A utilização de aditivos hidrófugos em argamassa é uma metodologia simples e de baixo custo para combater infiltrações. Todavia, é de fundamental importância que a impermeabilização seja feita durante a obra, para diminuir os potenciais danos causados pela umidade.

2.4.2 Argamassas e cimentos poliméricos

São produtos industrializados, compostos de dois materiais, uma parte em pó, composta de cimento, areia e agregados minerais, e outra parte líquida, composta de polímeros, que garantem flexibilidade ao conjunto.

É um material feito a partir da base cimentícia, que tem em sua composição polímeros, aditivos e minerais que dão ao produto a característica de ser impermeável, tornando ela melhor que a argamassa comum.

Devem atender à NBR 11.905:2015 - Sistema de Impermeabilização Composto por Cimento Impermeabilizante e Polímeros e NBR 15.885:2010 - Membrana de Polímero Acrílico com e sem Cimento, para Impermeabilização.

As argamassas e cimentos poliméricos têm propriedades e aplicações variáveis, de acordo com a quantidade de resinas em sua composição; quanto maior, mais flexível o sistema se torna.

A FIG. 9, apresenta a aplicação de argamassa polimétrica na impermeabilização em parede enterrada.

Figura 9 - Etapa impermeabilização com argamassa polimétrica



Fonte: Imperlaje, 2023.

Os sistemas mais rígidos são melhores para resistir a pressões negativas, ou seja, quando a água atua do lado oposto da impermeabilização; e os mais flexíveis são melhores para resistir a pressões positivas, quando a água atua no sentido de pressionar a impermeabilização.

Por ser um sistema semiflexível, que resiste tanto a pressões positivas quanto negativas, as argamassas e cimentos poliméricos são muito utilizados em reservatórios enterrados. Além disso, conservam a potabilidade da água e funcionam como uma barreira para sulfatos e cloretos (SOARES, 2014). Podem ainda ser aplicados em subsolos, cortinas, poços de elevadores, muros de arrimos, baldrame e fundações, paredes internas e externas, pisos frios em contato com o solo, banheiros, cozinhas, lavanderias e áreas frias, piscinas de concreto enterradas e estruturas sujeitas a infiltrações do lençol freático (IBI, 2018).

2.4.3 Cristalizantes

Cristalizantes são compostos químicos que, ao entrarem em contato com a água de infiltração, cristalizam-se formando uma barreira impermeável resistente a pressões negativas. É utilizado para conter infiltrações localizadas e impermeabilizar grandes estruturas de concreto.

De acordo com Soares (2014), os cimentos cristalizantes podem ser utilizados em estruturas que não sofrem movimentações, como estações de tratamento de água

(ETA), reservatórios, pisos frios ou em contato direto com o solo.

Os cristalizantes podem ser encontrados na forma de cimentos de pega ultrarrápida, que podem ser utilizados para tamponamento de jorro de água, porém apenas como medida temporária, que posteriormente deve receber impermeabilização com argamassa polimérica.

Existem também produtos cristalizantes compostos de cimento, sílica e compostos químicos ativos, que reagem com o concreto fresco, formando cristais insolúveis que preenchem os poros capilares da estrutura de concreto.

O QUADRO 10 apresenta o resumo dos principais materiais impermeabilizantes, rígidos e flexíveis.

Quadro 10 – Materiais impermeabilizantes

Impermeabilização rígida	Impermeabilização flexível
Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo	Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero Membrana de asfalto modificado com adição de polímero Membrana de emulsão asfáltica
Argamassa modificada com polímero	Membrana de asfalto elastomérico em solução Membrana elastomérica de policloropreno e polietileno
Argamassa polimérica	Membrana elastomérica de polisobutileno isopreno (IIR), em solução Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estirereno (SBS)
Cimento cristalizante para pressão negativa	Membrana elastomérica de estireno-butadieno-ruber (SBR) Membrana de poliuretano
Cimento modificado com polímero	Membrana de poliuretano modificado com asfalto Membrana de polímero com cimento Membrana acrílica
Membrana epoxídica	Mantas asfálticas Manta de policloreto de vinila (PVC) Manta de polietileno de alta densidade (PEAD) Manta elastomérica de etileno-dieno-monômero (EPDM) Manta elastomérica de poli-isobutileno isopreno (IIR)

Fonte: ABNT (2008).

2.4.4 Membranas

Membranas são sistemas impermeabilizantes flexíveis moldados *in loco*, obtidos pela aplicação de várias camadas de material líquido, que, depois de seco, torna-se uma membrana impermeável. Ferreira (2018) indica-as para áreas menores ou de acesso complicado, cujo uso de mantas asfálticas é contraindicado.

A principal vantagem desse sistema é que não possui emendas, pois nas mantas pré-fabricadas existem mais chances de falhas (SOARES, 2014). Uma desvantagem desse sistema é a exigência de um controle rígido da espessura, pois

sua eficiência depende da quantidade de produto aplicada por área.

Existem vários materiais que podem ser usados como membranas impermeabilizantes, com características próprias de resistência, durabilidade, flexibilidade e forma de aplicação. No QUADRO 11 estão descritos os principais tipos de membranas e suas aplicações, de acordo com Ferreira (2018).

Quadro 11 – Principais tipos de membranas impermeabilizantes

Produto	Características	Aplicações indicadas
Asfaltos moldados a quente	É o sistema mais tradicional no Brasil, utilizado desde o início da impermeabilização de edificações no país. Consiste da moldagem de uma membrana impermeabilizante por meio de sucessivas demãos de asfalto derretido intercaladas com telas ou mantas estruturantes. Ideal para áreas de pequenas dimensões e lajes médias ou com recortes. A produtividade da aplicação é baixa	Cozinhas, banheiros, áreas de serviço, lajes de cobertura, terraços, tanques, piscinas, reservatórios, etc.
Soluções e emulsões asfálticas	Produtos compostos de misturas de asfalto, modificadas ou não por polímeros, em água ou solvente. São aplicados a frio como <i>primers</i> ou como impermeabilização de áreas molháveis internas, estruturada com telas. O tempo de cura costuma ser maior em comparação aos demais sistemas impermeabilizantes.	Principalmente como pintura de ligação e como impermeabilizante em pequenas lajes, banheiros, cozinhas, áreas de serviço e floreiras.
Membranas de poliuretano	Impermeabilizante bicomponente aplicado a frio, com grande estabilidade química, aderência a diversos tipos de superfícies, elasticidade e resistência a altas temperaturas. Suas características o credenciam para aplicação em ambientes mais agressivos	Lajes e áreas molháveis, tanques de efluentes industriais e esgotos, reservatórios de água potável
Membrana poliureia	Revestimento aplicado a <i>spray</i> com equipamento de pulverização. Indicado para áreas onde a velocidade de liberação de área é crítica, já que sua cura é muito rápida (da ordem de minutos). Depois de aplicado, tem grande elasticidade e resistência química e mecânica.	Pisos industriais, revestimentos internos de tanques, tanques de tratamento de água e efluentes, piscinas, lajes e telhados.
Membrana acrílica	É formado por resina acrílica normalmente dispersa em água, executada com diversas demãos intercaladas por estruturante. Resistente aos raios solares (ultravioleta), deve ser aplicada em superfícies exposta e não transitáveis. Deve, ainda, ser usada em áreas mais inclinadas (maior que 2%), para que a água não se acumule sobre a superfície e danifique o sistema	<i>Sheds</i> , coberturas inclinadas, abóbodas, telhas pré-moldadas ou equivalentes.
Resina termoplástica	As resinas termoplásticas são impermeabilizantes flexíveis bicomponentes, compostas de uma parte líquida (resina acrílica) e outra em pó (cimento aditivado). Misturados, formam uma pasta aplicada com brocha em várias demãos, estruturadas ou não com tela de poliéster. Não resiste à pressão negativa da água (a partir da parede).	Piscinas, reservatórios de água potável, pisos frios e rodapés de paredes de <i>drywall</i> .

Fonte: Ferreira, 2018.

2.4.5 Mantas

As mantas constituem um sistema pré-fabricado flexível, pois são feitas de ligas elásticas e flexíveis capazes de se adaptar a locais sujeitos a movimentações e vibrações. Algumas formulações também são resistentes a raios ultravioletas e ataques químicos (FERREIRA, 2018).

De acordo com Boasquives, Pascoal e Souza (2011), para uma escolha adequada, é necessário observar características e o desempenho que a manta vai ter na obra, alguns deles são:

- a) resistência ao envelhecimento;
- b) flexibilidade à baixa temperatura ($<0^{\circ}\text{C}$);
- c) resistência ao ataque de micro-organismos, aos álcalis e aos ácidos dissolvidos nas águas pluviais;
- d) resistência ao puncionamento dinâmico e estático, conforme as condições que a manta terá que suportar durante a execução e durante o uso;
- e) resistência ao calor e ao escorrimento;
- f) absorção de água e estanqueidade sob pressão;
- g) possibilidade de efetuarem-se emendas entre as mantas com facilidade.

Segundo Schreiber (2012), esse tipo de sistema impermeabilizante possui espessuras definidas e controladas por processos industriais e geralmente pode ser aplicado em uma única camada, o que acelera o processo de execução e reduz custos com mão de obra. São os mais utilizados no Brasil na impermeabilização de coberturas, solos, jardins e canais de irrigação.

Existe ampla variedade de mantas no mercado, porém as poliméricas de PVC e as asfálticas se destacam pela simplicidade de aplicação e custos reduzidos. A NBR 9574 (ABNT, 2008) aborda os seguintes tipos de mantas para impermeabilização:

- a) Mantas asfálticas;
- b) manta de policloreto de vinila (PVC);
- c) manta de polietileno de alta densidade (PEAD);
- d) manta elastomérica de etileno-dieno-monômero (EPDM);
- e) manta elastomérica de poli-isobutileno isopreno (IIR).

Conforme Ferreira (2018), as mantas podem ser fabricadas à base de diferentes materiais sintéticos, como PEAD, PVC, TPO, EPDM, etc. As características de cada um desses materiais estão descritas no QUADRO 12.

Quadro 12 – Características e aplicações das mantas impermeabilizantes

Material	Características	Aplicações
PEAD	As geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) têm em sua composição 97,5% de polietileno virgem e 2,5% de fuligem (negro de fumo), responsável pela resistência aos raios ultravioletas. Também contém adições de substâncias químicas que aumentam a resistência do produto a intempéries, ao calor e à degradação.	Aterros sanitários, lagoas de rejeitos industriais, tanques de estações de tratamento de esgoto, lagos artificiais e tanques de criação de peixes.
EPDM	O etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM) é um tipo de borracha que pode ser bastante esticada. Isso permite que a geomembrana feita com o material se molde a praticamente qualquer tipo de superfície. O material também é usado na fabricação de mantas para coberturas, com fixação mecânica ou aderida.	Reservatórios, lagoas artificiais e tanques de criação de peixes, canais de irrigação (geomembranas); coberturas (mantas).
PVC	As mantas de PVC podem ser empregadas na impermeabilização de estruturas de concreto (túneis, lajes, subsolo, etc.) e coberturas. As mantas desenvolvidas para coberturas são resistentes aos raios solares e podem ficar expostas às intempéries. Também há mantas resistentes à penetração de raízes e micro-organismos.	Túneis, subsolos, fundações, telhados e coberturas.
TPO	Essas membranas são fabricadas com material termoplástico flexível reforçado com uma malha de poliéster. Têm grande resistência a rasgos, perfurações, bactérias, raios solares e ações climáticas.	Coberturas.

Fonte: Ferreira, 2018.

As geomembranas de PEAD e EPDM são mais indicadas para obras de grande porte, como aterros sanitários, lagoas superficiais e tanques. Além de promover a impermeabilização, elas possuem a função de preservar o meio ambiente, pois criam uma barreira física que impede a contaminação do solo e de lençóis freáticos. As mantas de EPDM, bem como as de PVC e poliolefinas termoplásticas (TPO), também são utilizadas em obras de edificações, principalmente em coberturas (FERREIRA, 2018).

Soares (2014) ressalta que as mantas asfálticas são os produtos impermeabilizantes mais comumente utilizados no Brasil, devido ao conhecimento da aplicação pela mão de obra e à disponibilidade do material. Gabrioli (2006, p. 12-15) descrevem as mantas asfálticas como “[...] produtos impermeabilizantes pré-fabricados, à base de asfalto modificado com polímeros, estruturadas com filme de polietileno, véu de fibra de vidro ou não tecido de filamentos contínuos de poliéster”.

Os tipos de mantas asfálticas podem variar de acordo com sua composição, estruturante interno, acabamento externo e espessura (RIGHI, 2009). Para a escolha adequada, é importante levar em consideração as dimensões da área a ser impermeabilizada, tipo de estrutura, assim como o tempo de vida útil desejado ao sistema, pois em alguns casos é recomendada dupla camada (PEZZOLO, 2007).

O QUADRO 13 apresenta as principais vantagens e desvantagem das mantas asfálticas.

Quadro 13 - Vantagens e desvantagens das mantas asfalticas

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez na execução • Baixo custo • Mais garantia • Ótimo isolante térmico • Alta resistência e flexibilidade • Algumas podem ser autoprotégidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra especializada • Elevadas temperaturas na execução, uso de maçarico • A maioria das mantas requer proteção mecânica e térmica • Torna-se rígida e quebradiça quando envelhecida • Requer aderência ao substrato • Não indicada para pequenas áreas

Fonte: Autor, 2023.

2 METODOLOGIA

Tendo em vista a grande importância do tema, os caminhos para a elaboração deste trabalho foram traçados a partir de estudo e observação das principais normas técnicas ABNT NBR 9575:2010 - Impermeabilização - Seleção e projeto; ABNT NBR 9574:2008 - Execução de impermeabilização, na tentativa de esclarecer dúvidas dos projetistas de forma clara e acessível a todos os profissionais técnicos envolvidos nesse viés.

3.1 Estudo dos tipos de impermeabilização mais comuns em construção civil

Para executar um bom planejamento de obra, a fim de se obter agilidade, economia e garantir a entrega de um bom produto, é preciso pensar minuciosamente em cada processo da construção. Assim, a escolha entre os sistemas de impermeabilização é importante para se assegurar de que futuramente não surgirão contratempos.

3.2 Diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização

Devem-se apresentar as diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização em conformidade com as normas técnicas brasileiras referentes ao tema, a fim de se promover a escolha técnica adequada da impermeabilização, que só se faz possível mediante o conhecimento técnico acerca dos sistemas e materiais de impermeabilização, bem como suas técnicas e detalhes construtivos.

4 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização corresponde ao “conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade” (ABNT, 2010, p. 5). Essa proteção visa garantir mais durabilidade às edificações, uma vez que a exposição à umidade pode provocar vários danos na construção, como degradação do concreto, corrosão das armaduras, manchas e desgaste dos materiais de revestimento, acabamentos e pintura.

A NBR 9575 (ABNT, 2010, p. 6) ainda apresenta a definição do projeto de impermeabilização como o “conjunto de informações gráficas e descritivas que definem integralmente as características de todos os sistemas de impermeabilização empregados em uma dada construção, de forma a orientar inequivocamente a produção deles”. O projeto deve ser concebido para atender aos requisitos mínimos de proteção da construção contra a passagem de fluidos, de salubridade, segurança e conforto do usuário. O desenvolvimento do projeto de impermeabilização deve ser feito em conjunto e compatibilizado com todos os projetos do empreendimento, como arquitetura, estrutura, fundação, instalações hidrossanitárias, elétricas e eletrônicas, mecânicas, paisagismo, etc.

Para o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2018), o sistema impermeabilização deve proporcionar a habitabilidade e a funcionalidade da edificação, a saúde, a segurança e o bem-estar dos seus usuários e a preservação dos ativos imobiliários do empreendimento. Para tanto, o responsável técnico deve considerar os seguintes aspectos para elaborar um sistema de impermeabilização adequado:

- a) Acessibilidade conforme a NBR 9050:2020;
- b) acesso e condição de manutenção e conservação;
- c) durabilidade prevista para a impermeabilização;
- d) riscos e segurança patrimonial.

Segundo Picchi (1986 *apud* SCHREIBER, 2012), a falta de um projeto específico de impermeabilização pode ocasionar uma série de improvisos na obra, o que pode encarecê-la com soluções que não são satisfatórias. Pode, ainda, causar

diversos problemas de contratação e de definição de responsabilidades das partes envolvidas - o projetista, executor da obra, executor da impermeabilização, etc. O autor também destaca que os custos com o projeto são muito menores que os gastos que poderão surgir com eventuais desperdícios, reparos e danos ocasionados pela sua ausência.

A definição das soluções de impermeabilização que serão aplicadas na edificação é dividida em três fases principais: estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo, sendo que cada uma das etapas tem diretrizes estabelecidas por normas técnicas. Essas informações devem ser de conhecimento do responsável pelo projeto.

Na visão de Mello e Martins (2016), a função de um projeto de impermeabilização é elaborar, analisar, planificar, detalhar, discriminar e adotar todas as metodologias adequadas para garantir o bom funcionamento da impermeabilização, de forma que os sistemas impermeabilizantes adotados sejam compatíveis com a concepção da edificação.

Felizardo (2018) menciona que quanto maior o número de detalhes relativos à impermeabilização, melhor será a preparação da área, por consequência, mais qualificado será o serviço.

Para a elaboração de um projeto de impermeabilização, é ideal que o estudo se inicie juntamente com a elaboração do projeto arquitetônico. Assim, alguns conceitos básicos podem ser adotados no início do estudo, como (ISCHAKEWITSH *apud* RIGHI, 2009):

- a) posicionamento da camada de impermeabilização na composição do sistema;
- b) previsão dos acabamentos e terminações para possibilitar manutenção futura;
- c) vantagens que outros projetos vão adquirir com o correto dimensionamento e posicionamento da impermeabilização;
- d) vantagens para o projeto hidrossanitário, devido à distribuição mais racional e compatibilizada dos pontos de escoamentos e calhas.

Souza e Melhado (1998) afirmam que a seleção do sistema de impermeabilização deve ter como diretrizes:

- a) atendimento dos requisitos de desempenho;

- b) a máxima racionalização construtiva;
- c) a máxima construtibilidade;
- d) a adequação do sistema de impermeabilização aos demais subsistemas, elementos e componentes do edifício;
- e) custo compatível com o empreendimento;
- f) durabilidade do sistema.

4.1 Requisitos gerais segundo a NBR 9575:2010

Os requisitos gerais do projeto de impermeabilização são apresentados pela NBR 9575 (ABNT, 2010, p. 11):

- a) evitar a passagem de fluidos e vapores nas construções, nas partes que necessitem de estanqueidade, podendo ser integradas ou não a outros sistemas construtivos, desde que sejam observadas as normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de estanqueidade;
- b) proteger os elementos e componentes construtivos, expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera;
- c) proteger o meio ambiente de agentes contaminantes por meio da utilização de sistemas de impermeabilização;
- d) possibilitar, sempre que possível, acesso à impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a serem evitadas, tão logo sejam percebidas, falhas no sistema impermeável, degradação das estruturas e nos componentes construtivos.

O projeto de impermeabilização deve ser desenvolvido e compatibilizado em conjunto com os demais projetos existentes (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, revestimento, entre outros), de modo que sejam previstas as solicitações de cargas, ensaios, dimensões e detalhes construtivos.

4.1.1 Impermeabilização de ambientes, elementos e componentes construtivos

Considerando que nas construções as principais solicitações impostas por fluidos costumam ocorrer pela água de percolação e de condensação, pela umidade

do solo e por fluido sob pressão unilateral ou bilateral, os principais ambientes, elementos e componentes construtivos que devem ser impermeabilizados são os seguintes:

- a) áreas molhadas e ambientes laváveis, como banheiros, vestiários, cozinhas, lavanderias, laboratórios, oficinas, garagens, varandas, sacadas, terraços descobertos, saunas úmidas, etc.;
- b) fundações;
- c) elementos em contato com o solo, por exemplo, lajes, pisos, rodapés, paredes, etc.;
- d) lajes de cobertura expostas;
- e) lajes de cobertura com jardim (quando utilizada manta asfáltica antirraiz, pode ser necessária a aplicação de pintura antirraiz suplementar);
- f) calhas (quando expostas aos raios solares, pode ser necessária proteção mecânica ou pintura protetora);
- g) jardineiras (sobre a proteção mecânica, deve ser utilizada pintura antirraiz suplementar);
- h) espelhos d'água;
- i) piscinas;
- j) caixas d'água e reservatórios;
- k) poços de elevador;
- l) caixas de gordura;
- m) juntas de dilatação.

4.1.2 Redução do impacto ambiental

Assim como os demais materiais empregados na construção civil, aqueles utilizados nos sistemas de impermeabilização podem causar impacto ambiental, por isso, estes devem ser criteriosamente avaliados.

O projeto de impermeabilização deve ser elaborado considerando-se a otimização do consumo necessário de materiais, a minimização dos impactos de sua aplicação, a minimização da geração de resíduos e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados, conforme a legislação vigente.

4.1.3 Desempenho e manutenibilidade

O sistema de impermeabilização deve ser projetado a fim de atender às exigências de desempenho conforme as especificidades dos empreendimentos. O IBI (2018, p.15) indica algumas exigências mínimas, a seguir enumeradas:

- a) resistir às cargas estáticas e dinâmicas;
- b) resistir aos efeitos dos movimentos de dilatação e retração do substrato e dos acabamentos ocasionados por variações térmicas;
- c) resistir à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas decorrentes da ação da água, gases ou ar atmosférico;
- d) resistir às pressões hidrostáticas, de percolação, coluna d'água e umidade do solo;
- e) apresentar aderência, flexibilidade, resistência e estabilidade físico-mecânica;
- f) apresentar vida útil compatível com as condições previstas em projeto;
- g) resistir à água de percolação, água de condensação, umidade de solo e à pressão unilateral e bilateral.

Para garantir a durabilidade do sistema de impermeabilização e, conseqüentemente, dos elementos e componentes construtivos e de toda a construção, devem ser realizadas as manutenções necessárias, conforme previsto nos projetos. Assim, recomenda-se adotar o tempo de vida útil de projeto definido na NBR 15575-1:2013 nas partes do empreendimento em que o sistema de impermeabilização é manutenível sem quebra de revestimento:

- a) componentes de juntas e rejuntamentos, mata-juntas, sancas, golas, rodapés e demais componentes de arremate, etc.: no mínimo quatro anos;
- b) caixas de água, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas não utilizáveis, calhas e outros: no mínimo oito anos;
- c) nas partes do empreendimento em que o sistema de impermeabilização é manutenível com quebra de revestimento: áreas internas, piscinas, áreas externas com pisos, coberturas utilizáveis, rampas de garagem, etc.: no mínimo, 20 anos.

4.2 Projetos e documentos complementares

Todos os desenhos técnicos do projeto de impermeabilização devem conter, ou junto ao desenho ou no formato:

- a) escala(s) utilizada(s);
- b) unidade(s) de medida(s) adotada(s);
- c) uma única referência de nível (RN) para todo o projeto em função do levantamento topográfico, podendo ser a cota real a partir das curvas de nível (por exemplo: +815,75) ou uma cota definida a partir das dimensões dos elementos construídos (por exemplo: +0,00);
- d) legendas da representação diferenciada dos elementos do projeto, por exemplo:
 - Os elementos existentes a serem ampliados e/ou reformados;
 - os elementos a serem demolidos;
 - os elementos a serem construídos;
 - as camadas do sistema de impermeabilização;
 - os materiais de impermeabilização.

4.2.1 Anteprojeto

O anteprojeto de impermeabilização deve conter os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação:

- Desenhos necessários à representação das áreas, elementos e componentes construtivos a serem impermeabilizados do empreendimento, como plantas, cortes, elevações, etc.;
- Indicar mapa-chave do empreendimento;
- caracterizar os elementos do sistema de impermeabilização projetado;
- indicar os tipos de materiais a serem aplicados;
- indicar as cotas gerais e as áreas dos ambientes, elementos e componentes construtivos;
- indicar o consumo conforme as definições do(s) fabricante(s).

4.2.2 Projeto básico

O projeto básico de impermeabilização deve apresentar os seguintes documentos técnicos específicos, com seus conteúdos e sua forma de apresentação:

- Desenhos necessários à representação das áreas, elementos e componentes construtivos a serem impermeabilizados do empreendimento, como plantas, cortes, elevações, etc.:
 - Indicar mapa-chave do empreendimento;
 - Caracterizar os elementos do sistema de impermeabilização projetado;
 - Indicar os caimentos dos planos horizontais;
 - Indicar os tipos de materiais a serem aplicados;
 - Indicar todas as cotas e as áreas dos ambientes, elementos e componentes construtivos;
 - Indicar o consumo conforme as definições do(s) fabricante(s);

- Detalhes construtivos:
 - Caracterizar as soluções de execução de juntas, ralos, rodapés, soleiras, peitoris, tubulações e peças que atravessam a impermeabilização, emendas, ancoragem, encontro de *deck* e escada, fixação de postes, muretas, gradis, arremate de cantos de piscina, tampa de reservatório/ alçapão, caixas elétricas em rodapé de alvenaria, base de equipamentos, etc.;
 - Indicar arremates, selamentos, reforços e proteções, quando houver elementos de interferência;
 - Representar os elementos do projeto em plantas, cortes, elevações, etc.;
 - Indicar as cotas pormenorizadas das partes detalhadas;
 - Apresentar em escala adequada para o correto entendimento dos elementos.

4.2.3 Projeto executivo

Os documentos técnicos do projeto executivo de impermeabilização são os

mesmos apresentados no projeto básico, porém com nível de detalhamento construtivo maior, trazendo todos os dados necessários para a correta aplicação dos materiais. Apresentam a solução detalhada para cada área, informações sobre as camadas que irão compor o sistema, identificação de todos os componentes e, ainda, os procedimentos a serem adotados para garantir a vida útil projetada.

4.3 Normas e práticas complementares à elaboração do projeto

Para um bom projeto de impermeabilização, além das normas específicas de impermeabilização, várias são as normas complementares que devem ser seguidas:

- a) NBR 5674:2012 – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção;
- b) NBR 6492:2021 – Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos – Requisitos;
- c) NBR 9050:2020 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.
- d) NBR 9574:2008 – Execução de impermeabilização;
- e) NBR 12170:2017 – Potabilidade de água aplicável em sistema de impermeabilização;
- f) NBR 12298:1995 – Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico – Procedimento.
- g) NBR 12722:1992 – Discriminação de serviços para construção de edifícios;
- h) NBR 15220:2003 – Desempenho térmico de edificações;
- i) NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho;
- j) NBR 16537:2016 – Acessibilidade – Sinalização tátil no piso – Diretrizes para elaboração de projetos e instalação;
- k) NBR 16752:2020 – Desenho técnico – Requisitos para apresentação em folhas de desenho;
- l) NBR 16861:2020 – Desenho técnico – Requisitos para representação de linhas e escrita;
- m) NBR 17006:2021 – Desenho técnico – Requisitos para representação dos métodos de projeção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A impermeabilização é uma importante etapa de uma obra e não pode ser deixada em segundo plano, devendo ser prevista em projeto e por profissional com o conhecimento técnico para poder indicar a melhor solução.

Deve ser executado e planejado por profissionais que conheçam não só o processo de execução, mas o que há por trás dele, sabendo da importância da utilização de materiais adequados e conhecendo as patologias construtivas mais comuns e inerentes às áreas impermeabilizadas. Dessa forma, é preciso ser capaz de selecionar a melhor opção de impermeabilização de acordo com a necessidade para cada situação e conhecer as diversas opções de impermeabilização existentes, pelo fato de que não há critério geral que determine uma solução de impermeabilização mais adequada do que outra.

Um projeto de construção civil contempla diversos projetos, tais como hidráulica, elétrica e acabamento, e deve contemplar igualmente um projeto de impermeabilização. O profissional encarregado de planejar a impermeabilização deve desenvolvê-lo em total conformidade com os aspectos normativos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

As normas de execução abordam desde como preparar o substrato até a aplicação e proteção de cada tipo de impermeabilização. Apresentam, também, como deve ser o projeto, subsidiando a elaboração de uma etapa tão importante e muitas vezes deixada em segundo plano, causando prejuízos e danos às edificações e até à saúde dos ocupantes.

Uma edificação com o sistema de impermeabilização realizado de forma criteriosa, considerando todos os aspectos recomendados nessas normas, além do estudo de cada composição e forma de aplicação dos produtos impermeabilizantes informados pelos fabricantes, certamente estará isenta de problemas advindos da falta de estanqueidade, como infiltrações, umidade e mofo, além de assegurar a vida útil da edificação, diminuindo também as necessárias intervenções em manutenções corretivas.

Para a elaboração deste trabalho, buscou-se identificar os conceitos, requisitos e escopo que envolvem um projeto de impermeabilização. Apresentando as normas brasileiras, que dão diretrizes para elaboração deste tipo de projeto, além de descrever os principais sistemas de impermeabilização e suas técnicas construtivas,

e assim, auxiliar projetistas na elaboração de um projeto eficiente, que atenda às necessidades das edificações, evitando problemas futuros, aumentando sua vida útil, economizando com na manutenção e evitando retrabalhos, com prejuízos financeiros e ainda protegendo a saúde de seus ocupantes.

Como anexo deste trabalho, apresenta-se o projeto executivo de impermeabilização da unidade de pronto-atendimento (UPA) Barreiro, localizada na rua Aurélio Lopes, bairro Diamante, elaborado em fevereiro de 2023, pela América Latina Engenharia, contratada pela Sudecap, para exemplificar como tal projeto deve ser elaborado (ANEXOS A, B, C).

REFERÊNCIAS

ANTUNES, B. **Construção Estanque. Construção e Mercado**, n.39, São Paulo, outubro, de 2004.

ARANTES, Y.K. **Uma visão geral da impermeabilização na construção civil**. 2007. 67p. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9574**: impermeabilização – seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9575**: execução de impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BEIRÃO, C.C.B. *et al.* **Impermeabilizações**. 2002. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BLOK. **Impermeabilização negativa e positiva. Como identificar escolher o produto correto**. 2023. Disponível em: < https://attachments.convertkitcdn2.com/409860/1cfb4036-65d6-4665-97a9-9b0f725b548d/Impermeabilizacao%20Pressao%20Negativa%20e%20Positiva%20-%20Blok%20Impermeabilizantes.pdf?ck_subscriber_id=2218232732&utm_campaign=Landing%20Page%20or%20Form%20-%202230454&utm_medium=email&utm_source=convertkit>. Acesso em: 21 junho 2023.

BOASQUIVES, B.V.; PASCOAL, R.I.; SOUZA, C.F. **Impermeabilização de lajes com uso de manta asfáltica**: estudo de caso no tratamento de infiltração em laje de cobertura. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Vale do Rio Doce, Governador Valadares, 2011.

FELIZARDO, H. **Projeto de sistema de impermeabilização de uma laje de cobertura**. 2013. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, 2018.

FERRAZ, B. T. B. **Estudo das principais manifestações patológicas causadas por umidade e infiltrações em construções residenciais**. 2016. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE, 2016.

FABERSALS. Blog. **Tudo sobre argamassa polimérica**. 2023. Disponível em:<<https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-com-argamassa-polimerica/>>.Acesso em: 21 junho 2023

FABERSALS. Blog. **Tudo sobre argamassa polimérica**. 2023. Disponível em:<https://fibersals.com.br/blog/tudo-sobre-impermeabilizacao-flexivel/>. Acesso em: 21 junho 2023

FERREIRA, D.C.B. **Diretrizes para elaboração de projeto de impermeabilização.** São Luiz, 2018, 103 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Maranhão. Disponível em: <<https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/3008/1/DAYANNE-FERREIRA.pdf>>. Acesso em: 13 fevereiro 2023.

FREIRE, M.A. **Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte.** 2007. 72 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

FREITAS, V.P. **Impermeabilização de paredes enterradas:** revestimentos betuminosos pastosos e emulsões betuminosas. Porto: Porto, 2003.

GABRIOLI, J. Impermeabilização de fundações e subsolos. 67 p. São Paulo, **Téchne**, p. 12-15, set. 2006.

GRANATO, J.E. Apostila: **Patologia das construções.** São Paulo, 2002.

IMPERLLAJE. As difereças no impermeabilização de argamassa poliméricas. 2023. Disponível em: < <https://www.imperllaje.com.br/impermeabilizante-argamassa-polimerica>>. Acesso em 21 junho 2023

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO (IBI). Preparação das superfícies para impermeabilização. *In*: IBI. **Diretrizes básicas de aplicação de sistemas de impermeabilização.** São Paulo: IBI, 2018.

LERSCH, M.I. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre.** Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MELO, C.S.S.; MARTINS, J.M. **Avaliação da adição de cristalizante ao concreto:** um estudo de caso . 2016. 22 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

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

PEZZOLO, R. **Impermeabilização com manta asfáltica.** Revista Revista Téchné. Artigo, Ed 127, outubro, 2007.

PIRONDI, Z. **Manual prático de impermeabilização e de isolamento térmica.** 2. ed., IBI: Pini, 1979, p. 07.

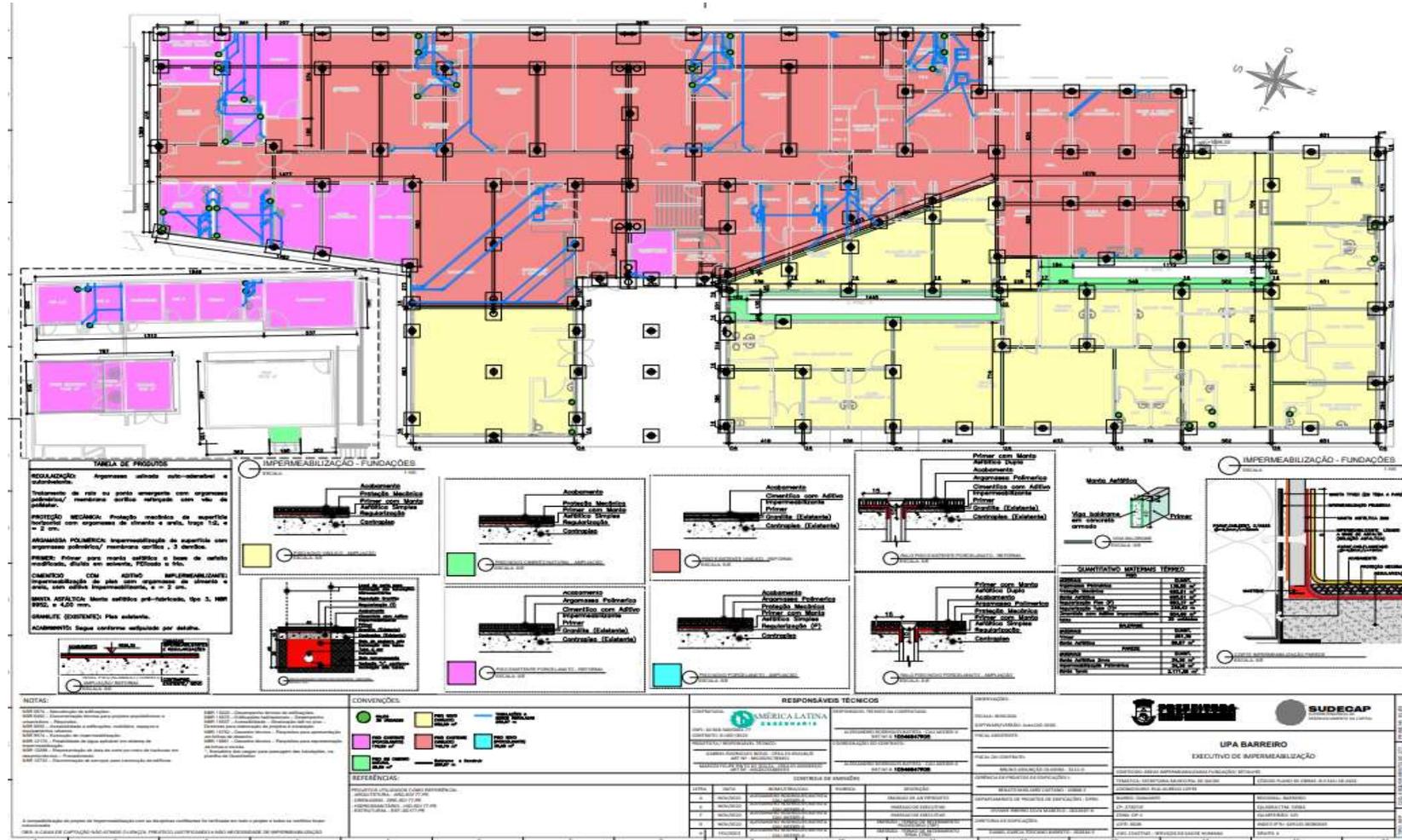
RIGHI, G.V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização:** patologias, prevenções e correções – análise de casos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2009.

- SANTANA, L.S. **Patologias na construção civil devido a umidade**. Parapiranga, BA. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário AGES, Parapiranga, BA, 2022
- 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.
- SCHÖNARDIE, C. E. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações**. 2009. 84 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Campus Ijuí, Ijuí, RS, 2009.
- SILVA, D.O.; OLIVEIRA, P.S.F. Impermeabilização com mantas de PVC. São Paulo: **Téchne**, n. 111, p. 76-80, jun. 2006.
- SILVA, J.W.B.; LIRA, M. Sistema de impermeabilização da infraestrutura de uma edificação: abordagem comparativa e consequências patológicas. **Revista Multidisciplinar do Sertão**, v. 3, n. 3, p. 302-312, 2021.
- SOARES, F.F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012331.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2023.
- SOUZA, J. C. S.; MELHADO, S. B. **Impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo de edifícios: diretrizes para o projeto e sistemas empregados**. 1998, Anais, Florianópolis: NPC/UFSC, 1998
- SOUZA, M.F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) –Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- STAHLBERG, F.L.B. **Fluxograma para seleção de sistemas de impermeabilização para edifícios de múltiplos pavimentos** . 2010. 84 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, 2010.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL (SUDECAP); **Caderno de Encargos Sudecap**. Diretrizes técnicas para a execução de obras públicas do município de Belo Horizonte. Capítulo 9 - Impermeabilizações e Isolamentos. 4. ed., jul 2022. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/CAP09-22-07-01.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- VEDACIT. **Manual técnico de impermeabilização de estruturas**. 7. ed, fev. 2013.
- VERÇOSA, Ê.J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

VIEIRA, L.F.B. Sistemas impermeabilizantes na construção civil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 3, v. 1, ed. 12, p. 05-17, dez. 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/impermeabilizantes?pdf=23311>>. Acesso em: 1º fev. 2023.

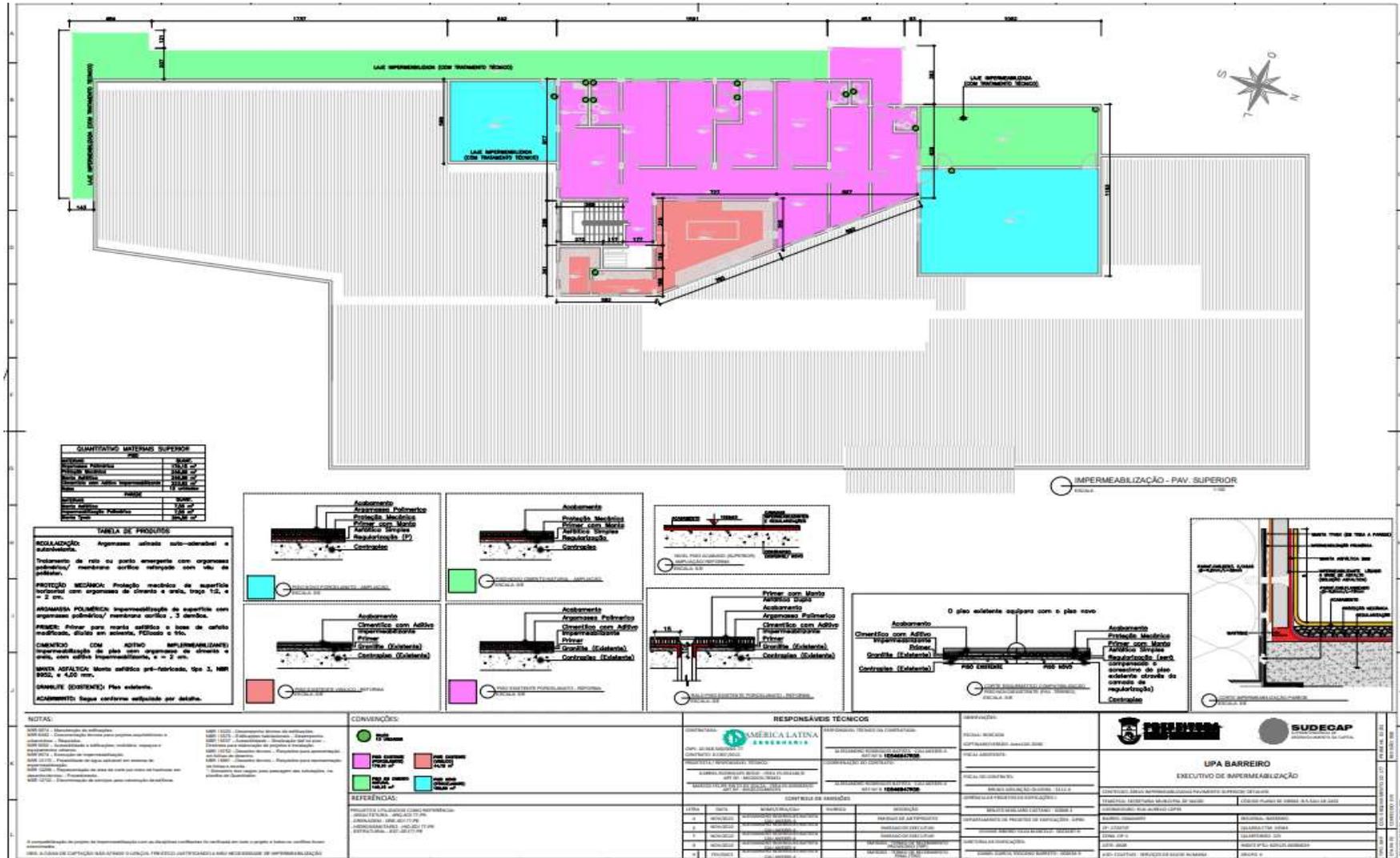
ANEXOS

ANEXO A – Projeto executivo de impermeabilização – detalhamento fundação



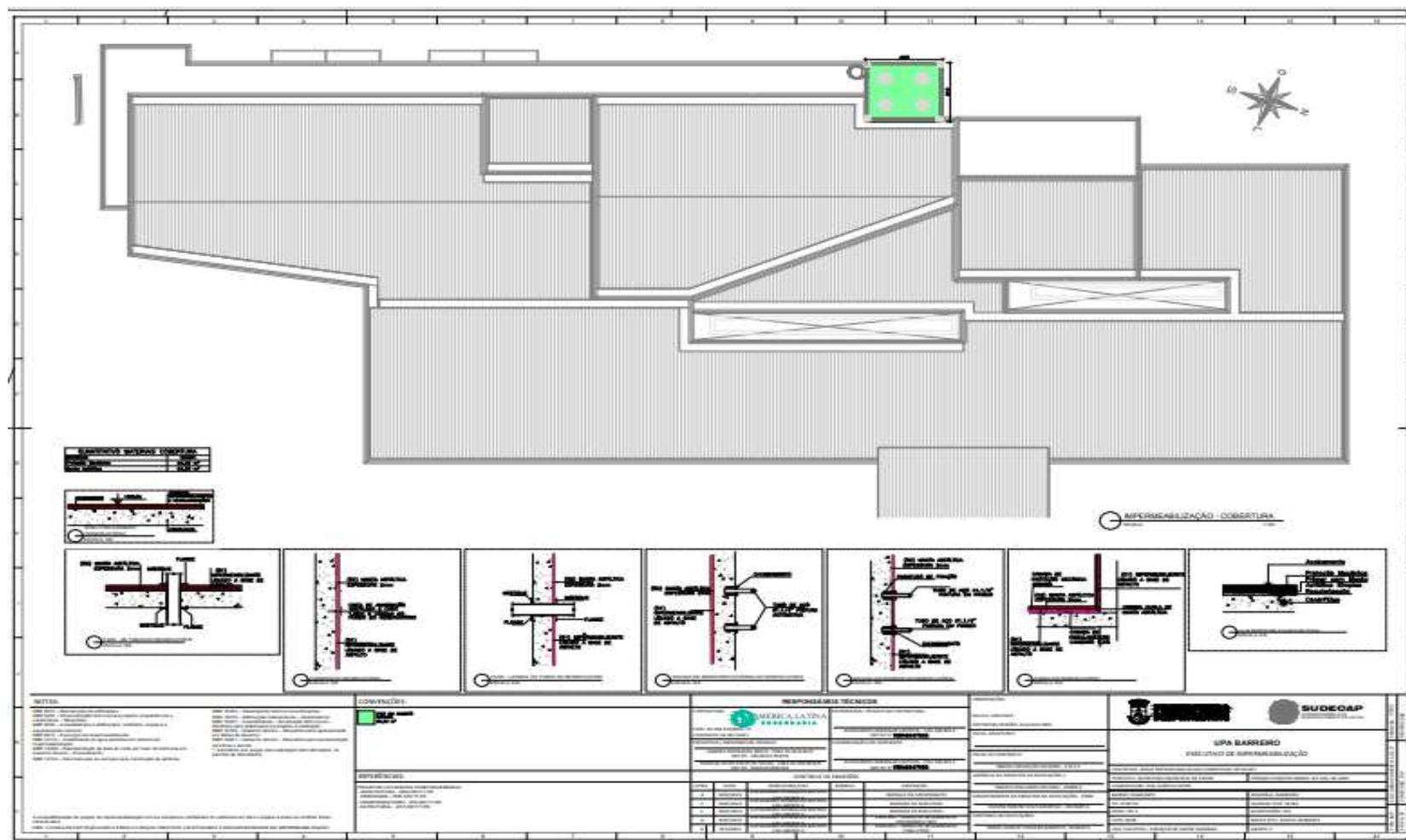
Fonte: América Latina Engenharia, 2023.

ANEXO B - Projeto executivo de impermeabilização – detalhamento piso superior



Fonte: América Latina Engenharia, 2023.

ANEXO C - Projeto executivo de impermeabilização – detalhamento cobertura



Fonte: América Latina Engenharia, 2023.