



INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS AVANÇADO PIUMHI
ENGENHARIA CIVIL - BACHARELADO

FÁBIO MARTINS REIS

ESTUDO DE CASO: Sistemas de impermeabilização

Piumhi

2023

FÁBIO MARTINS REIS

ESTUDO DE CASO: Sistemas de impermeabilização

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, ofertado pelo *campus* Avançado Piumhi do Instituto Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Dra. Dayana Keitty Carmo Gonçalves

Piumhi

2023

R375e Reis, Fábio Martins.

Estudo de caso: sistemas de impermeabilização
[manuscrito] / Fábio Martins Reis. – 2023.
50 f. : il.

Orientadora: Dayana Keitty Carmo Gonçalves.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto
Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2023.

1. Impermeabilização. 2. Argamassa polimérica. 3.
Membrana de poliuretano. 4. Estanqueidade. I. Gonçalves,
Dayana Keitty Carmo. II. Instituto Federal de Minas Gerais.
Campus Avançado Piumhi. III. Título.

CDD 624

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974

FÁBIO MARTINS REIS

ESTUDO DE CASO: Sistemas de impermeabilização

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, ofertado pelo *campus* Avançado Piumhi do Instituto Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 11/01/2023, pela banca examinadora:

Prof. Me. Júnior Henrique Canaval – IFMG

Prof. Me. Vinícius Barbosa de Paiva - IFMG

Prof. Dra. Dayana Keitty Carmo Gonçalves - IFMG (Orientadora)

Piumhi, 11 de janeiro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Dayana Keitty Carmo Gonçalves**, **Fiscal de Contrato Substituto(a)**, em 18/01/2023, às 15:00, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Junior Henrique Canaval**, **Professor**, em 18/01/2023, às 19:06, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Vinicius Barbosa de Paiva**, **Professor**, em 19/01/2023, às 19:21, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1434175** e o código CRC **4ECA881E**.

Dedico este trabalho aos meus pais, irmão e avós que sempre acreditaram e me apoiaram no decorrer de toda a minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os envolvidos na construção deste trabalho, em especial a minha professora orientadora Doutora Dayana Keitty Carmo Gonçalves por todo suporte e ensinamentos oferecidos nesta caminhada. Agradeço também ao Engenheiro Leonardo da Mata Reis pelas oportunidades, e por ser um dos meus mentores na temática da impermeabilização.

RESUMO

Impermeabilização é um conjunto de técnicas que assegura a qualidade e conservação dos elementos construtivos. No entanto, o sistema de impermeabilização é subvalorizado e na maior parte das obras executados ignorando os preceitos técnicos, normativos e científicos existentes sobre o assunto. O impacto do descaso com esse sistema pode ser observado nas patologias das construções onde parte significativa é causada pela falta de impermeabilização ou sua má execução. Outro impacto perceptível diz respeito aos custos de impermeabilização, que englobam cerca de 3% do valor total da obra, mas podem chegar até 14% quando o planejamento e a execução desses serviços não observam os preceitos técnicos, normativos e científicos de execução e manutenção. Nesse estudo são apresentados sistemas de impermeabilização com argamassa polimérica e com membrana de poliuretano em construções de alto padrão. A execução da impermeabilização seguiu as exigências e recomendações da NBR 9574. São apresentadas neste trabalho as técnicas de execução, teste e avaliação empregadas.

Palavras-Chave: Impermeabilização. Argamassa polimérica. Membrana de Poliuretano. Estanqueidade.

ABSTRACT

Waterproofing is a set of techniques that ensure the quality and conservation of construction elements. However, the waterproofing system is undervalued and, in most works, executed ignoring the existing technical, normative and scientific precepts on the subject. The impact of neglect with this system can be seen in the pathologies of constructions where a significant part is caused by the lack of waterproofing or its poor execution. Another noticeable impact concerns waterproofing costs, which comprise approximately 3% of the total value of the work but can reach up to 14% when the planning and execution of these services do not observe the technical, normative and scientific precepts of execution and maintenance. This study presents waterproofing systems with polymeric mortar and polyurethane membrane in high standard constructions. The execution of the waterproofing followed the requirements and recommendations of NBR 9574. In this work, the execution, test and evaluation techniques employed are presented.

Keywords: Waterproofing. Polymer mortar. Polyurethane Membrane. Tightness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pressões de impermeabilização.....	16
Figura 2 – Pontos críticos para umidade e principais formas de atuação.	18
Figura 3 - Área molhada, molhável e seca.....	19
Figura 4 - Impermeabilização com argamassa polimérica.	21
Figura 5 - Impermeabilização com Membrana de Poliuretano.	22
Figura 6 – Camadas do sistema de impermeabilização.....	23
Figura 7 – Manifestações patológicas.	31
Figura 8 – Trincas e fissuras.	32
Figura 9 – Ponto hidráulico de ralo.....	33
Figura 10 - Ponto de aplicação de injeção pressurizada.....	34
Figura 11 - Cristalização do concreto.	35
Figura 12 - Localização do empreendimento estudado.....	36
Figura 13 – Fachada posterior e lateral esquerda da edificação.....	38
Figura 14 – Planta baixa do 4º pavimento.....	39
Figura 15 – Planta baixa do 6º pavimento.....	39
Figura 16 – Impermeabilização vertical e horizontal.	40
Figura 17 – Impermeabilização com membrana de poliuretano.....	41
Figura 18 – Pontos críticos da impermeabilização.	42
Figura 19 - Teste de estanqueidade.	43
Figura 20 - Mancha causado por vazamento de água.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Umidades e suas Origens.	18
Quadro 2 - Caracterização das Áreas de uma Edificação.....	20
Quadro 3 - Compostos da membrana de poliuretano.	25
Quadro 4 - Elementos de projeto.	29

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM – Sociedade Americana de Testes e Materiais
BIM – Modelagem de Informação da Construção
DIN – Instituto Alemão de Normalização
IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização
ISO – Organização Internacional de Padronização
KPa - Quilopascal
NB – Norma Brasileira
NBR – Norma Brasileira Regulamentar
PVC – Policloreto de Vinila
VU – Vida Útil
VUP – Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	JUSTIFICATIVA.....	14
4	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1	Histórico da impermeabilização	15
4.2	Mecanismos e atuação das águas nas edificações.....	16
4.3	Impermeabilização.....	20
4.3.1	<i>Argamassa polimérica</i>	23
4.3.2	<i>Membrana de Poliuretano Bicomponente</i>	24
4.3.3	<i>Manta Asfáltica</i>	26
4.3.4	<i>Projetos</i>	27
4.4	Manifestações Patológicas	30
4.4.1	<i>Diagnósticos</i>	33
4.4.2	<i>Tratamentos e profilaxias</i>	34
4.4.2.1	Sistemas de injeção	34
4.4.2.2	Aumento de efetividade dos sistemas de impermeabilização	35
5	METODOLOGIA.....	36
5.1	Estudo de caso – Argamassa polimérica	36
5.2	Estudo de caso – Membrana de Poliuretano	37
5.3	Teste de estanqueidade	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
7	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A água é responsável por diferentes tipos de manifestações patológicas na construção civil. Assim, visando evitar a passagem de fluidos e garantir a salubridade, conforto dos usuários e a integridade das construções, são projetadas e implementadas técnicas e serviços de impermeabilização. Segundo Quini e Ferraz (s.d.), mesmo com o desenvolvimento tecnológico da construção civil, a impermeabilização não possui devida análise técnica, como consequência surgem infiltrações que acarretam manifestações patológicas que podem comprometer as estruturas podendo gerar corrosão de armaduras, degradação do concreto e argamassa e eflorescência.

De acordo com o item 3.39 da ABNT NBR 9575:2010 a impermeabilização é um “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”. Segundo Soares (2014), normalmente as técnicas desenvolvidas para impermeabilizações se caracterizam por serem executadas a partir de conhecimentos empíricos, ausentando de projetos específicos. Essa situação gera impacto financeiro direto, uma vez que quando bem executados os serviços de impermeabilização, atingem a relevância de 2% a 4% do custo total da obra (XAVIER, 2008, p. 15). Porém, esse custo pode atingir em média 10% do valor total do empreendimento somente em medidas corretivas.

De maneira genérica é possível realizar a impermeabilização por dois sistemas rígidos e flexíveis. Segundo Carvalho (2018) estes sistemas são classificados de acordo com o comportamento físico do elemento e a atuação da água sobre o mesmo. O autor afirma que os sistemas rígidos são aqueles que não possuem movimentação, sendo indicados para partes mais estáveis da edificação como alicerces e fundações, e os flexíveis se deformam sendo indicados para estruturas sujeitas a movimentações como lajes de cobertura e reservatórios elevados.

Este trabalho analisa dois tipos de impermeabilização utilizados em prédios multifamiliares de alto padrão construtivo na cidade de Belo Horizonte - MG, observando sua correta aplicação, especificidades, avaliação, possíveis manifestações patológicas e medidas paliativas ou corretivas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Apresentar soluções de impermeabilização com argamassa polimérica e membrana de poliuretano realizadas em áreas molhadas e/ou molháveis de um prédio no município de Belo Horizonte, Minas Gerais.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os sistemas de impermeabilização;
- Avaliar as efetividades das soluções;
- Apresentar pontos complexos de aplicação de impermeabilização;
- Indicar medidas profiláticas e/ou corretivas.

3 JUSTIFICATIVA

As técnicas de impermeabilização surgiram com a necessidade de aumentar a vida útil das edificações, visto que diminuem a exposição das estruturas pela água, e aumentam a salubridade dos ambientes. O processo de impermeabilização consiste em garantir condições de salubridade e eliminar problemas visuais que podem ser ocasionados pela infiltração.

Segundo Soares Junior *et al.* (2018) as manifestações patológicas causadas pela ausência de impermeabilização podem surgir na maior parte com a formação de manchas, e com o passar do tempo produzir fungos, salinas, e respingos de água nas superfícies nos elementos. A causa provedora de tais podem surgir do intemperismo, como a água e o ar que provocam a deterioração dos materiais, de modo a corroer o aço por exemplo.

A realização de um processo de impermeabilização de forma correta, desde a elaboração de projetos até sua manutenção ao longo da vida útil, é capaz de aumentar a eficiência do sistema. Para tal, as impermeabilizações devem ser realizadas em conformidade com as normativas e com os critérios adotados em projeto visando estanqueidade nas estruturas e economia para o cliente.

De acordo com Schumanski (2021) os custos da impermeabilização representam valores menores quando comparados a outros processos construtivos como fundações, alvenaria e revestimento. Porém, ainda segundo a autora o custo do processo de impermeabilização não necessariamente é baixo pois ele varia de acordo com o porte da obra e suas especificidades. Quando o processo de impermeabilização não é realizado com as devidas convicções, estes valores podem ser ampliados de forma a gerar grandes impactos no valor final dos empreendimentos.

Segundo o artigo 618 da Lei nº 10.406 de Janeiro de 2002 que institui o Código Civil, o empreiteiro de materiais e execução responde legalmente durante um período de cinco anos por vícios de solidez e segurança das edificações. Assim, esse período é considerado um bom tempo de vida útil, caracterizando que a determinação do procedimento executado obteve um desempenho de sucesso. Segundo Righi (2009), uma vez que a impermeabilização é um processo que geralmente possuem outros materiais complementares como pisos e outros acabamentos, existe uma grande dificuldade de reparo. Tal dificuldade exige maior durabilidade e qualidade de execução dos sistemas impermeabilizantes.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial teórico aborda o histórico da impermeabilização, os mecanismos e áreas de atuação das águas em edificações, conceitos de impermeabilização, elementos de um projeto, manifestações patológicas e diagnósticos existentes. Essas sustentações servirão de fundamentos para a aplicação de dois sistemas de impermeabilização e de técnicas paliativas ou corretivas.

4.1 Histórico da impermeabilização

Segundo Lumuangiki (2019), os primeiros materiais utilizados para a impermeabilização foram os betumes naturais e óleos que forneciam características impermeabilizantes. Os betumes, eram utilizados comumente pelos romanos como um utensílio para banhos, e tomou proporções de impermeabilização para a proteção das estacas de madeira da antiguidade e até mesmo como impermeabilizantes nas camadas de estradas, reforço de subleito e sub-base.

Câmara (2022), relata que os primeiros registros de impermeabilização se encontram na bíblia no antigo testamento, havendo evidências de que a Arca de Noé e a Torre de Babel foram impermeabilizadas com betume. As caravelas de Pedro Álvares Cabral ainda segundo o autor foram calafetadas com materiais como o betume, resinas, e alcatrão com o objetivo de proteger a embarcação da entrada de água.

De acordo com Rosa (2021), no período colonial brasileiro, muitas igrejas e pontes utilizaram-se de óleo de baleia na argamassa de assentamento das pedras como um recurso plastificante, garantindo soluções impermeabilizantes aos conjuntos. Porém, nessa época ainda eram utilizados métodos empíricos e execução amadora.

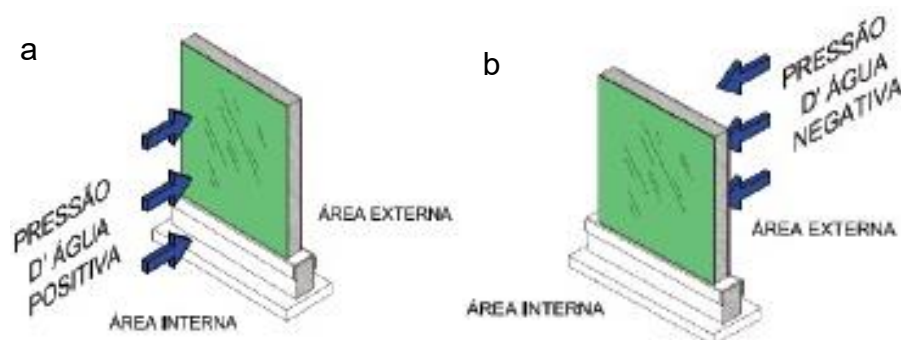
Segundo Câmara (2022), grande parte da evolução das técnicas de impermeabilização revelaram-se a partir da década de 1930 com a revolução industrial surgindo a aplicação de asfalto sobre lajes de fábricas. De acordo com Gomes (2020), na década de 70 com a construção do metrô da cidade de São Paulo os materiais impermeabilizantes ganharam impulso no país fazendo-se necessário a criação de normas técnicas para efetivação de diretrizes para o uso destes materiais. Na mesma época surgiu o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), que é até hoje o principal responsável por disseminar a importância da impermeabilização das edificações.

Dando ênfase ao histórico no Brasil, de acordo com Carvalho (2018), no ano de 1971 o engenheiro Curt Otto Baumgart apresentou estudos à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que aprimorou processos de impermeabilização baseados em normas internacionais (DIN e ASTM). Este trabalho foi continuado através da NB-279 e futuramente originaria a NBR 9575.

4.2 Mecanismos e atuação das águas nas edificações

A NBR 9575:2010 estabelece definições para três tipos diferentes de águas que podem ser encontradas nas edificações, são elas: água de condensação, percolação e pressão. A água de condensação é caracterizada pela condensação de águas presentes no ambiente sobre a superfície de elementos de acordo com algumas variações de temperatura e pressão. Já a água de percolação atua diretamente pelas superfícies não exercendo pressão hidrostática superior a 1KPa. A água sob pressão é classificada em positivas ou negativas, ambas podendo ser confinadas ou não, sempre exercem pressões hidrostáticas superiores a 1 KPa, variando apenas na forma de atuação em que a pressão positiva atua de forma direta à impermeabilização (Figura 1a). Já a pressão negativa atua de forma inversa a impermeabilização (Figura 1b).

Figura 1 – Pressões de impermeabilização.



Fonte: Guia de aplicação da norma de desempenho para impermeabilização, 2018.

Os problemas da umidade não são classificados somente em uma causa, existem um conjunto de causas e a mais significativa delas segundo Polisseni (1986) é identificar a umidade de acordo com a origem do fenômeno e a forma como ele se manifesta. De acordo com Lersch (2003) as causas das umidades nas edificações podem ser classificadas em seis tipos: ascensional, por infiltração, por condensação, dos materiais, da obra e acidental.

Righi (2009) considera umidade ascensional aquela que possui origem na absorção de água do solo pelos elementos de fundações. Essa água migra para as regiões que possuem maior proximidade com o solo como os pisos e as partes inferiores das paredes. Ainda segundo o autor, a umidade por infiltração é a que está relacionada a água das chuvas podendo estar ou não combinadas com a ação do vento. O grau de infiltração de água nesses casos pode apresentar variações de acordo com inúmeros fatores como: estanqueidade de elementos móveis como portas e janelas, elementos construtivos como pingadeiras, volume de precipitação local, programas de manutenção e até mesmo os métodos construtivos empregados. O autor ainda define que a umidade por condensação é aquela umidade causada pela grande presença de umidade nos ambientes em que tal se precipita na forma de vapor devido a redução da capacidade de absorção de umidade pelo ar quando ele é resfriado. Normalmente o orvalho não é capaz de atingir grandes profundidades nos elementos.

Lersch (2003) afirma que a umidade dos materiais é caracterizada pela umidade higroscópica dos materiais, ou seja, os próprios materiais possuem um grau de umidade presentes em seu interior. Ela é uma consequência da disseminação dos vapores d'água para o interior dos materiais através dos poros, ou seja, quanto maior a porosidade maior é a capacidade de absorção de água pelos elementos. A umidade da obra é a categoria de lubricidade em que ainda se encontra em maior quantidade devido aos acontecimentos de obra, que vai desaparecendo gradualmente. Ela pode ter uma grande relação com a água higroscópica devido a porosidade dos elementos construtivos formados. A grande diferença entre essas umidades são que, segundo o autor, as umidades dos materiais ocorrem devido a porosidade dos mesmos e a umidade da obra é caracterizada pela falta de cuidados na utilização da água no processo de intervenção.

Por fim Righi (2009) informa que a umidade acidental tem sua causa oriunda de possíveis danos na estrutura das partes hidráulicas das edificações. Em casos de empreendimentos que possuem maior tempo de conclusão, seus materiais podem estar em um avançado grau de degradação contribuindo ainda mais para os efeitos das umidades acidentais.

No Quadro 1 é possível observar de forma sucinta de acordo com Lersch (2003) os tipos de umidade e suas características.

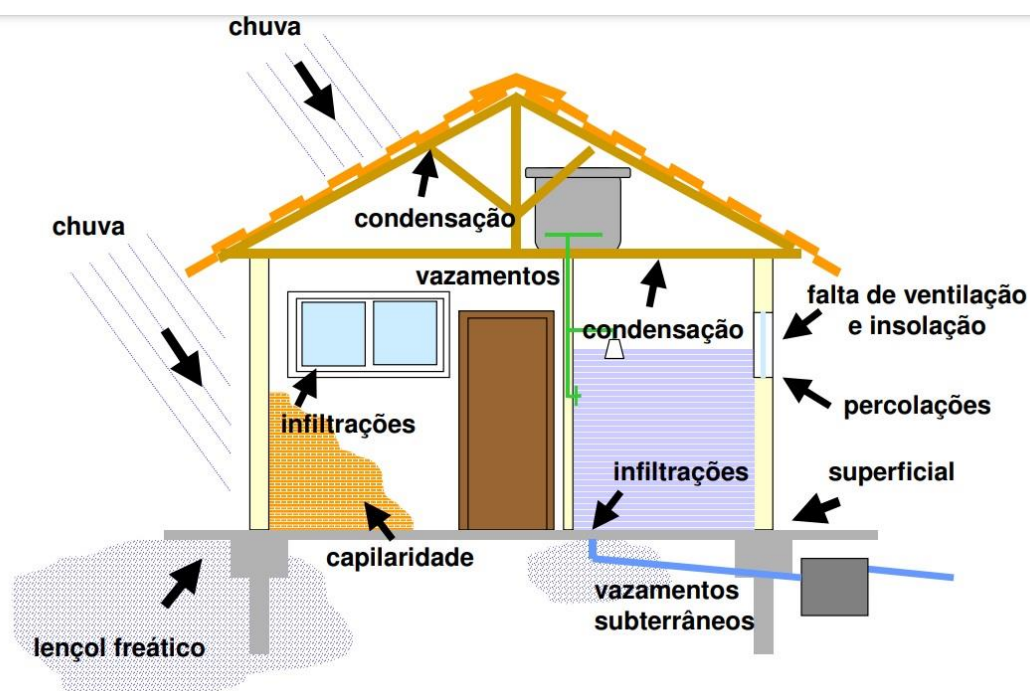
Quadro 1 - Tipos de Umidades e suas Origens.

Tipo	Origem
Umidade ascensional	Água descendente do solo que migra para regiões mais inferiores da edificação
Umidade por infiltração	Água com origem das chuvas que penetram geralmente em componentes móveis das edificações
Umidade por condensação	Originada pela presença de umidade nos ambientes e que se precipita na forma de vapor
Umidade dos materiais	Oriunda da disseminação dos vapores d'água no interior dos materiais através dos seus poros.
Umidade da obra	Possui relação com a água higroscópica dos materiais e a tendência é que ela desapareça
Umidade accidental	Origem de danos nas partes hidráulicas da edificação

Fonte: Adaptado de Lersch, 2003.

A Figura 2 apresenta as zonas que podem ser afetadas pela umidade e o tipo de efeito que cada uma exerce. Segundo Carvalho (2018) é importante ressaltar que as umidades dos materiais e da obra provém dos elementos construtivos, e as mesmas podem ter uma de suas manifestações pela vaporização e condensação dessas águas, podendo ser observadas no trecho da laje e da cobertura (telhado).

Figura 2 – Pontos críticos para umidade e principais formas de atuação.



Fonte: Pozzobon, 2007.

Ainda sobre a atuação da água nas edificações no item 3 (termos e definições) da ABNT NBR 15575-3:2021 são especificados três tipos de áreas

existentes nas edificações, que estão em condições normais de uso e exposição, são elas: áreas molhadas, molháveis e secas.

De acordo com a NBR 15575-3:2021, áreas molhadas são todas e quaisquer áreas que podem se encontrar em algum momento com uma certa altura de lâmina d'água devendo possuir um altíssimo nível de estanqueidade. Nesse caso ela é própria para formar tal lâmina como o box de um banheiro por exemplo. Já áreas molháveis é todo e qualquer tipo de ambiente que possa receber água, porém a formação de uma lâmina d'água não deve ser duradoura. Neste caso é possível citar a cozinha por exemplo, normalmente são lavadas, porém não ficam expostas a água por longos períodos. Na Figura 3a são observadas áreas molhadas e molháveis em um banheiro de uma residência. E por fim, áreas secas são espaços cuja presença de água não está prevista nem em operações de limpeza, os quartos são exemplos desse tipo de área. A Figura 3b contém uma exemplificação de área seca e área molhada de uma edificação.

Figura 3 - Área molhada, molhável e seca.



Fonte: Adaptado de Quartzolit, 2020 e NOR Construções, 2022.

No Quadro 2 é possível apreciar algumas características das áreas existentes nas edificações.

Quadro 2 - Caracterização das Áreas de uma Edificação.

Características	Área molhada	Área molhável	Área seca
Nível de estanqueidade requerido	Altíssimo	Alto	Baixo
Possibilidade de formação de lâmina d'água	Sim	Sim	Não
Instalação de ralos no ambiente	Sim	Facultativo	Não
Exposição constante à altos níveis de água	Sim	Não	Não
Resistência a umidade em qualquer nível	Sim	Sim	Não

Fonte: Adaptado de Certo Engenharia, 2019.

4.3 Impermeabilização

De acordo com Guia de Aplicação da Norma de Desempenho para Impermeabilização (2018), proposto pelo IBI, a função da impermeabilização é garantir condições de habitabilidade e funcionalidade da edificação, bem como o bem-estar, segurança, saúde e preservação de ativos imobiliários dos consumidores. Segundo Soares (2014) os sistemas de impermeabilização possuem três grandes aspectos que justificam a importância da impermeabilização, são eles: a durabilidade da edificação, o conforto e a usabilidade e a proteção ao meio ambiente. Essas três ópticas possuem funções de proteger, oferecer bem-estar e garantir sustentabilidade respectivamente.

O termo estanqueidade está intimamente ligado ao assunto e é definido pelo item 3.35 da ABNT NBR 9575:2010 como sendo a “propriedade de um elemento (ou de um conjunto de componentes) de impedir a penetração ou passagem de fluidos através de si. A sua determinação está associada a uma pressão-limite de utilização (a que se relaciona com as condições de exposição do elemento ao fluido)”. Segundo Rosa (2018) com o intuito de aprimorar os parâmetros de estanqueidade, surgiram estudos especializados com o intuito de repelir os efeitos da água nos elementos. Esses estudos referem-se aos materiais impermeabilizantes que compõem um sistema com soluções estanques para os elementos.

Os sistemas de impermeabilização devem ser compreendidos como sistema e tipos de materiais constituintes principais da camada impermeabilizante. Na ABNT NBR 9575:2010 as principais classificações dos sistemas de

impermeabilização se dão por impermeabilização rígida e impermeabilização flexível.

A NBR 9575:2010 descreve a impermeabilização rígida como um “conjunto de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo”. Ou seja, procedimentos desse tipo normalmente devem ser utilizados em estruturas que possuam baixo índice de movimentação, ou quando dispor de elementos que absorvam essas movimentações. De acordo com Ribeiro, Soares e Santos (2017), os impermeabilizantes rígidos podem ser encontrados na subclasse cimentícia como argamassas poliméricas, cristalizantes e resinas epóxi. Esses materiais são incorporados a outros a fim de impermeabilizar superfícies. Ainda segundo os autores, as áreas indicadas para aplicação dos sistemas rígidos de impermeabilização são aquelas que possuem maior estabilidade na edificação, como, por exemplo, as fundações, contenções, piscinas e pisos térreos. Na Figura 4 é possível observar a utilização de sistemas rígidos de impermeabilização com argamassa polimérica.

Figura 4 - Impermeabilização com argamassa polimérica.



Fonte: FiberSals.

Segundo a NBR 9575 (2010, p. 5) a impermeabilização flexível é definida como:

Conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo. Para ser caracterizada como flexível, a camada impermeável deve ser submetida a ensaio específico.

Ribeiro, Soares e Santos (2017) classificam as impermeabilizações flexíveis de acordo com o material constituinte da camada principal como asfálticos e poliméricos. Ambos os sistemas podem ser encontrados na forma de membranas e mantas. As áreas recomendadas para aplicação são aquelas que estão sujeitas a movimentações, como lajes protendidas, reservatórios elevados e áreas frias. A Figura 5 mostra a aplicação do sistema flexível de impermeabilização através da membrana de poliuretano.

Figura 5 - Impermeabilização com Membrana de Poliuretano.



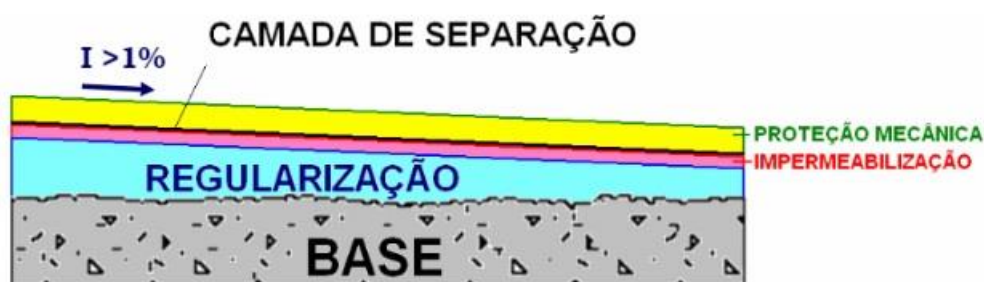
Fonte: Consultec Jr, 2022.

Na NBR 9575:2010, a classificação quanto aos tipos de impermeabilização é considerada segundo a principal fonte de matéria prima dos componentes e são divididas em cimentícios, asfálticos e poliméricos.

Segundo Freitas Junior (2013), um sistema de impermeabilização exitoso possui suas camadas bem definidas. Essas camadas são compostas por: base, regularização, camada impermeável, camada de separação e proteção mecânica. A base tem como função a estruturação do empreendimento e pode ser por exemplo a laje. A regularização garante uma superfície uniforme para a camada impermeável e pode ser constituída por argamassa. A camada impermeável é de fato a parte com função a promover uma barreira contra a passagem de fluidos, é a faixa de

impermeabilização como mantas asfálticas. A camada de separação tem como função de criar proteção ao sistema de impermeabilização e pode ser uma membrana geotêxtil. A proteção mecânica é a camada que absorve e dissipa os esforços sobre a camada impermeável e protege contra intempéries, pode ser utilizado o contrapiso, para constituir essa camada. A Figura 6 ilustra as camadas de impermeabilização. Em alguns casos existem camadas superiores à de proteção mecânica como os revestimentos cerâmicos por exemplo.

Figura 6 – Camadas do sistema de impermeabilização



Fonte: Freitas Junior, 2013, p. 12.

4.3.1 Argamassa polimérica

Segundo Silva (2019), as argamassas poliméricas são compostas por cimentos especiais e látex de polímeros que são aplicados sob a forma de pintura sobre a superfície, garantindo excelente aderência para pressões d'água positivas e/ou negativas.

A NBR 9575:2010 define a argamassa polimérica como um “tipo de impermeabilização industrializada, aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes”. A própria normativa não esclarece em específico se essa argamassa é definida como sendo cimentícia ou não.

Sousa (2018) define a argamassa polimérica como um material bicomponente formados por uma resina sintética e um componente em pó. A mistura dos dois produtos se transforma em argamassa, por isso é considerada rígida. Porém de acordo com Sousa, o componente em pó possui polímeros acrílicos, o que pode tornar um composto flexível e se torna resistente a pequenas movimentações da estrutura.

Segundo o IBI (2018), antes de iniciar a aplicação deve ser garantido que o substrato esteja limpo de impurezas e a superfície seja levemente umedecida e,

após essas operações e cuidados, os componentes devem ser misturados até obter uma massa homogênea. A aplicação se dá com a utilização de uma trincha e as demãos devem ser aplicadas em sentidos cruzados, e os cantos devem ser reforçados com uma tela de poliéster entre as demãos e sempre cobrindo a mesma após sua adição. O Fluxograma 1 esclarece de forma sucinta os processos de aplicação da argamassa polimérica.

Fluxograma 1 - Processos de aplicação da argamassa polimérica.



Fonte: Adaptado de IBI, 2018.

4.3.2 Membrana de Poliuretano Bicomponente

De acordo com a NBR 15487:2007 a membrana de poliuretano bicomponente trata-se de um “produto à base de poliuretano formado a partir da reação de polimerização a frio de polióis e isocianatos, moldado no local da aplicação em uma ou mais camadas, com ou sem o uso de estruturantes”.

Segundo Silva (2014), os polióis são matérias primas constituintes do poliuretano (PU) e eles se caracterizam como um insumo dos óleos vegetais que formam o componente A de uma membrana bicomponente. O autor ainda considera

que os isocianatos, constituintes do componente B, são elementos que propiciam um aumento da velocidade de reação da membrana como um todo, diminuindo o seu tempo de cura.

Ainda segundo o estudo de Silva (2014), os compostos são inicialmente encontrados no estado líquido e somente com a mistura entre os compostos A e B, a solução é catabolizada e após determinado tempo de manuseio se torna sólida. Algumas dessas características são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Compostos da membrana de poliuretano.

Componentes	Matéria prima básica	Características
A	Poliol	Possui elevada elasticidade, boa resistência química e ao ser incorporado ao componente B, obtém propriedades de aderência ao substrato e cura rápida.
B	Isocianatos	Fundamental para a solidificação da membrana de poliuretano, por possuir a função de criar as reações de catalizador.

Fonte: Adaptado de Silva, 2014.

Segundo Carvalho (2018), para a utilização do poliuretano deve ser considerado a classificação da área de acordo com o projeto de impermeabilização e o consumo de produto por metro quadrado.

Para a aplicação da membrana de poliuretano devem ser seguidas as recomendações dos fabricantes. Segundo a MC Bauchemie Brasil (2022), a aplicação deve seguir os seguintes passos: execução da limpeza do substrato (retirada de partículas soltas, natas de cimento e outros agentes contaminantes); execução de “meia cana” nos cantos; garantir que a umidade residual do substrato não seja maior que 4%; mistura dos componentes A e B; aplicação das demãos. Os métodos de aplicação da membrana são sequenciados de acordo com o Fluxograma 2.

Fluxograma 2 - Métodos de aplicação da membrana de poliuretano.



Fonte: Adaptado de MC Bauchemie, 2022.

Segundo a EBI (2019) prestadora de serviços de impermeabilizações e construções, a membrana de poliuretano pode ser usada em reservatórios de água potável, lajes externas, jardineiras, sacadas, calhas, canaletas, entre outras. Ela possui propriedades autonivelantes, possibilitando impermeabilizações somente em sentidos horizontais e de acordo com estas elucidações deve ser realizada a regularização da superfície quanto a extremidades pontiagudas pode influenciar na efetividade do sistema.

4.3.3 Manta Asfáltica

Sousa (2018) afirma que as mantas asfálticas são consideradas sistemas industrializados de impermeabilização, essas características se dão devido ao sistema ser pré-fabricado. Ainda segundo o autor, as mantas são tidas como o método mais difundido no Brasil, por maior disponibilidade do material e maior conhecimento de aplicação da mão de obra.

Righi (2009) afirma que as mantas asfálticas são feitas a base de asfaltos

modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais e nesse caso o asfalto é o responsável por deixar o material impermeabilizante. O autor afirma que as mantas podem ter espessuras entre 3 e 5 milímetros, e que quanto maior for essa espessura, maior será o seu desempenho.

No Fluxograma 3 é possível acompanhar o passo a passo da aplicação da manta asfáltica.

Fluxograma 3 - Métodos de aplicação da manta asfáltica.



Fonte: Adaptado de Righi, 2009.

4.3.4 Projetos

De acordo com a NBR 9575:2010 a impermeabilização deve ser projetada de forma que evite a passagem de fluidos nas construções, protejam elementos expostos ao intemperismo, proteja o meio ambiente de agentes contaminantes e possibilite o acesso à impermeabilização com o mínimo de intervenção de revestimentos sobrepostos a ela. São requisitos gerais que afetam a vida útil e simplificam as operações de manutenção das edificações.

De acordo com o “Guia de Aplicação da Norma de Desempenho para Impermeabilização” (2018) do IBI o projeto é constituído das seguintes etapas: estudo

preliminar, projeto básico e projeto executivo.

O estudo preliminar trata-se do conjunto de informações legais, técnicas e de custos em que devem estar contidas as áreas a serem impermeabilizadas, que quantifica e determina características através de alguns dados analíticos de forma a atender as exigências da NBR 9575:2010. O projeto básico de impermeabilização: utiliza-se de elementos gráficos aliados a informações descritivas permitindo a definição das soluções de impermeabilização a serem adotadas em determinada edificação, devendo ainda atender os critérios da NBR 9575:2010 e NBR 15575:2021. E por fim o projeto executivo de impermeabilização é caracterizado pelas técnicas que devem ser utilizadas para a execução dos processos de impermeabilização. Deve possuir linguagem gráfica de modo a facilitar a leitura dos colaboradores, e é necessário que exista compatibilização com os demais projetos existentes.

As recomendações do IBI (2018) é que o projeto de impermeabilização seja realizado de forma integrada com os demais projetos da edificação, utilizando a plataforma de modelização BIM (*Building Information Modeling*).

No Quadro 4 é detalhado os requisitos gerais que cada elemento de projeto deve conter.

Quadro 4 - Elementos de projeto.

Etapas do projeto	Requisitos gerais	Descrição
Estudo preliminar	Relatório com a qualificação de áreas	Classificar quanto ao tipo de área (molhada, molháveis, secas)
	Planilhas com possíveis tipos de impermeabilização	Possíveis soluções em impermeabilização para as áreas classificadas
Projeto básico de impermeabilização	Definição das áreas e especificação de interferências externas	Classificação, estudo solar, incidência de chuva, etc
	Definição dos sistemas de impermeabilização	Definir melhores soluções para cada área
	Planilha de levantamento quantitativo	Quantizar áreas, consumo de materiais e equipamentos
	Estudo de desempenho	Análise crítica do desempenho dos sistemas (vida útil)
	Estimativa de custos	Precificar os materiais e serviços
Projeto executivo de impermeabilização	Plantas contendo localização e identificação das impermeabilizações, bem como detalhes construtivos	Especificação de detalhes construtivos em seus respectivos lugares
	Planilha quantitativa de materiais e serviços	Quantificação de materiais e serviços (parciais e totais)
	Detalhes específicos e genéricos por meio de apresentação gráfica	Detalhes gráficos para facilitar o entendimento dos colaboradores
	Detalhes construtivos descrevendo graficamente as soluções adotadas no projeto arquitetônico	Detalhes gráficos para facilitar o entendimento dos colaboradores
	Memorial descritivo de materiais e camadas da impermeabilização	Relato das particularidades dos materiais e da impermeabilização
	Memorial descritivo de procedimentos executivos	Relato das particularidades dos procedimentos executivos de impermeabilização

Fonte: Adaptado de NBR 9575, 2010.

Além destes elementos é adequado destacar que, a entrega do manual de uso e operação das edificações, como um elemento do projeto regidos pelas Diretrizes

para Elaboração do Manual de Uso, Operação e Manutenção da Impermeabilização do IBI (2018), seguindo todas as recomendações para sua conservação ao cliente, restringe o entendimento de manutenção como “um serviço técnico e especializado, devendo ser realizada por empresas capacitadas ou especializadas, ou ainda, por uma equipe de manutenção local, dependendo da complexidade do sistema.”

Segundo Righi (2009), os usuários de imóveis devem tomar as seguintes providências para manutenção da impermeabilização: executar inspeções periódicas; evitar perfurações; executar limpeza interna de reservatórios; reparar vazamentos hidráulicos; executar a limpeza de ralos e calhas; cuidar para não romper a impermeabilização quando houver reformas e executar reparos nas fissuras de movimentação.

De acordo com Felizardo (2013) após o término da impermeabilização, deverá ser realizado um teste de estanqueidade, que consiste em sustentar uma lâmina d'água com 8 centímetros que deverá permanecer por um período não inferior a 72 horas. Após este período deve ser avaliado se houve a incidência de vazamentos e/ou infiltrações em quaisquer elementos.

Se existir algum indício de falhas na execução do sistema, o mesmo processo deverá ser repetido até que haja êxito no teste de estanqueidade (IBI, 2018).

4.4 Manifestações Patológicas

França et. al (2011) explica que patologias e manifestações patológicas são utilizadas de forma errônea tanto no meio técnico como entre leigos. Isso se dá porque a manifestação patológica é resultante de um mecanismo de degradação, como fissuras, eflorescências e ferrugens. Já a patologia é caracterizada como um conjunto de teorias que explicam as causas e os mecanismos de degradação dos elementos, mecanismos estes que definem em termos apropriados as manifestações patológicas. Aragão (2022) afirma que as manifestações patológicas estão relacionadas a perda de desempenho no decorrer do tempo e essa perda pode surgir devido a problemas construtivos.

Segundo Lersch (2003) a falta ou a falha dos processos de impermeabilização resultam no excesso de umidade nas edificações, resultando em manifestações patológicas. Essas enfermidades se dão através dos mecanismos de atuação das águas descritos no item 2.2.2. De acordo com Storte (2011) as manifestações patológicas relacionadas à falta de impermeabilização podem ser divididas em dois grandes grupamentos: provocadas pela falta ou falha de

impermeabilização e originárias de processos construtivos que provocam danos ou rompimento da impermeabilização. São exemplos do primeiro grupo:

Storte (2011) reitera que a corrosão das armaduras pode ocorrer por falhas na concretagem e cura que podem acarretar ao elevado teor de porosidade no concreto, dimensões pequenas de recobrimento e fissuração (figura 7-a). Já a carbonatação do concreto ocorre quando o concreto perde a alcalinidade devido a falhas da concretagem como alto índice de porosidade e baixo cobrimento de armaduras, causando a destruição da capa passivadora entre a armadura, permitindo o início do processo de corrosão (figura 7-b). A eflorescência é caracterizada pela formação de depósitos salinos na superfície do concreto que resultam de intempéries ou águas de infiltração. Podem causar degradação profunda no concreto e nas armaduras devido ao grau de agressividade dos sais (figura 7-c).

A Figura 7 ilustra as 3 principais manifestações patológicas causadas pela falta ou falha de impermeabilização.

Figura 7 – Manifestações patológicas.



Fonte: FiberSals.

Por sua vez, pode-se citar como exemplos de manifestações patológicas originárias de processos construtivos que provocam danos ou rompimento da

impermeabilização e que representam o segundo grupo nas quais se encaixam as trincas e fissuras no concreto, variações térmicas, deformações de elementos estruturais, retração hidráulica e a fixação de peças.

De acordo com Storte (2011) as trincas e fissuras no concreto são manifestações em que pode existir o comprometimento da estrutura, da impermeabilização e o desconforto visual aos usuários. Já as variações térmicas ocorrem de acordo com as variações de temperatura, as estruturas e componentes de uma edificação podem sofrer oscilações dimensionais, gerando trincas e fissuras. Deformações de elementos estruturais podem ser ocasionadas pelo mal dimensionamento da infraestrutura ou superestrutura, estando a edificação suscetível à trincas e fissuras. A retração hidráulica ocorre de acordo com a relação água-cimento, espessura dos elementos, teor de agregados e hidratação dos materiais. A expansão ocorre com a absorção de água pelos componentes e quando a umidade é expelida ocorre retração, conferindo trincas aos elementos. Nos casos em que ocorrem a fixação de peças, ocorre a fragilização da área de impermeabilização com o emprego de ralos, tubulações e peças emergentes que fragilizam a área de impermeabilização.

Na Figura 8 é possível visualizar trincas e fissuras no concreto.

Figura 8 – Trincas e fissuras.



Fonte: Nakamura, 2022.

A Figura 9 mostra um ponto hidráulico de ralo, que é considerado um ponto de fragilidade para o sistema de impermeabilização, visto que interrompe a continuidade das camadas impermeabilizantes.

Figura 9 – Ponto hidráulico de ralo.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

4.4.1 Diagnósticos

Pinto Filho (2021) afirma que a engenharia diagnóstica é a “arte de criar ações proativas, por meio de diagnósticos, prognósticos e prescrições técnicas, visando a qualidade total”. França et. al (2011) relaciona manifestações patológicas e diagnósticos como sendo o último em função de identificar e descrever causas, mecanismos e suas origens que são responsáveis pela manifestação patológica.

Tutikian e Pacheco (2013) elenca as fases que os diagnósticos podem ter sendo elas: inspeção visual que busca coletar dados de sintomas como localização, intensidade; ensaios específicos em que, neste caso, quando não é possível realizar somente a inspeção visual, a utilização de ensaios específicos auxilia nos diagnósticos; Analisar os dados para verificar a influência das manifestações patológicas no comportamento global da edificação; estabelecer os mecanismos que as originam; prognóstico que irá elencar as consequências que a falta de manutenção pode levar a vida útil da edificação; medidas corretivas indicando os processos que devem ser executados para erradicar o problema.

De acordo com Santos, Rocha e Póvoas (2019) a utilização de fotografias termográficas para a identificação de umidades em elementos construtivos possui maior efetividade quando comparadas à fotografia convencional. Essa análise ainda segundo os autores, possui maior grau de utilidade quando existir valores significativos de gradientes térmicos entre as áreas úmidas e secas.

4.4.2 *Tratamentos e profilaxias*

4.4.2.1 Sistemas de injeção

De acordo com Quini (2013) o concreto, pode fissurar após a realização da impermeabilização. Isso pode comprometer a integridade da mesma, principalmente quando se trata de sistemas rígidos. Em casos que podem ser difíceis os reparos na impermeabilização, como em reservatório, barragens e túneis, a opção por injeção química para um reparo pontual torna-se viável. Esta aplicação, trata-se de uma técnica complementar a de impermeabilização, visando a recuperação da integridade do concreto.

Segundo a MC Bauchemie (2022) os sistemas de injeção surgiram para correção das mais diversas manifestações patológicas originadas pelas trincas, fissuras, juntas e vazios. Segundo a empresa, o sistema de injeção é uma solução para problemas de estanqueidade, durabilidade e estruturais. A 3HIMPER, empresa prestadora de serviços de impermeabilização, afirma que “na impermeabilização, o processo consiste no selamento de infiltrações através da aplicação de resinas que, ao entrar em contato com a água, expandem e criam uma barreira vedando permanentemente o local do vazamento”.

A Figura 10 ilustra uma imagem em que os bicos que auxiliam na injeção são posicionados no sentido da fissura para futura aplicação pressurizada do material impermeabilizante.

Figura 10 - Ponto de aplicação de injeção pressurizada.



Fonte: Quini, 2013, p. 12.

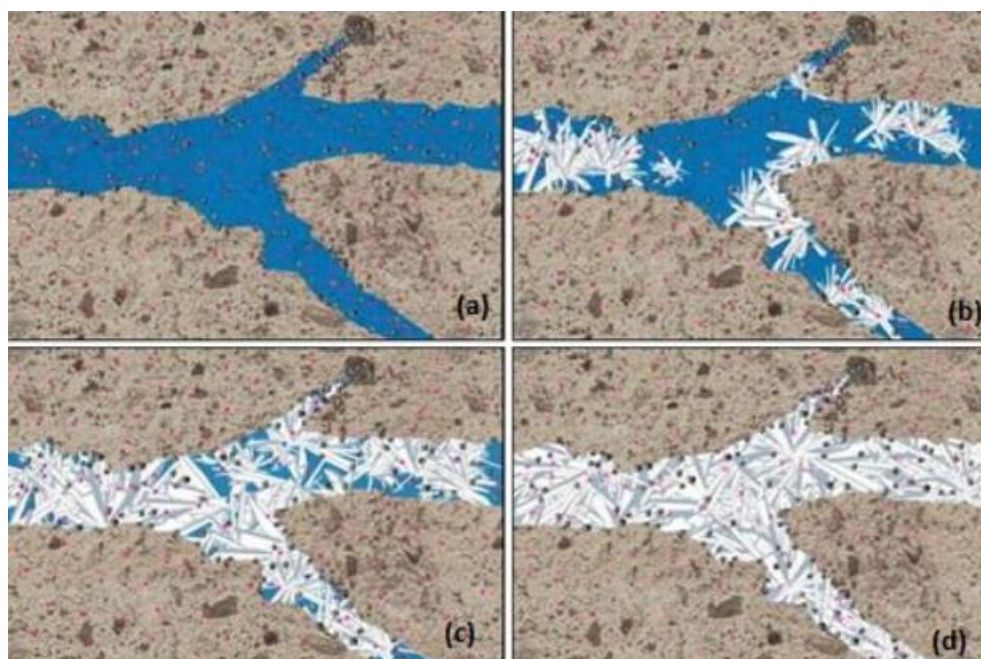
4.4.2.2 Aumento de efetividade dos sistemas de impermeabilização

Alpes (2019) explica que os aditivos cristalizantes para concreto geralmente incluem em sua composição materiais químicos hidrofóbicos, sólidos finamente divididos e materiais cristalinos. Tais elementos são responsáveis por repelir a água, aumentar a densidade restringindo a passagem de água e substratos com cimento e areia que promovem um aumento dos silicatos de cálcio hidrogenado gerando depósitos que preenchem os poros. Este sistema é mais resistente a águas agressivas e ao intemperismo visto que não existe a formação de filme superficial sobre o concreto.

Ainda segundo Alpes (2019), o processo de cristalização acontece somente na presença de água. Portanto, quando a estrutura é umidificada o processo de cristalização sai da fase dormente e reinicia a cristalização no interior do concreto, inclusive de possíveis novas fissuras.

A Figura 11 apresenta o processo de cristalização desde o início até sua etapa final. No espaço (a) é possível verificar que a fissura se encontra com água e as figuras (b) e (c) representam a evolução do processo de cristalização até seu resultado final em (d).

Figura 11 - Cristalização do concreto.

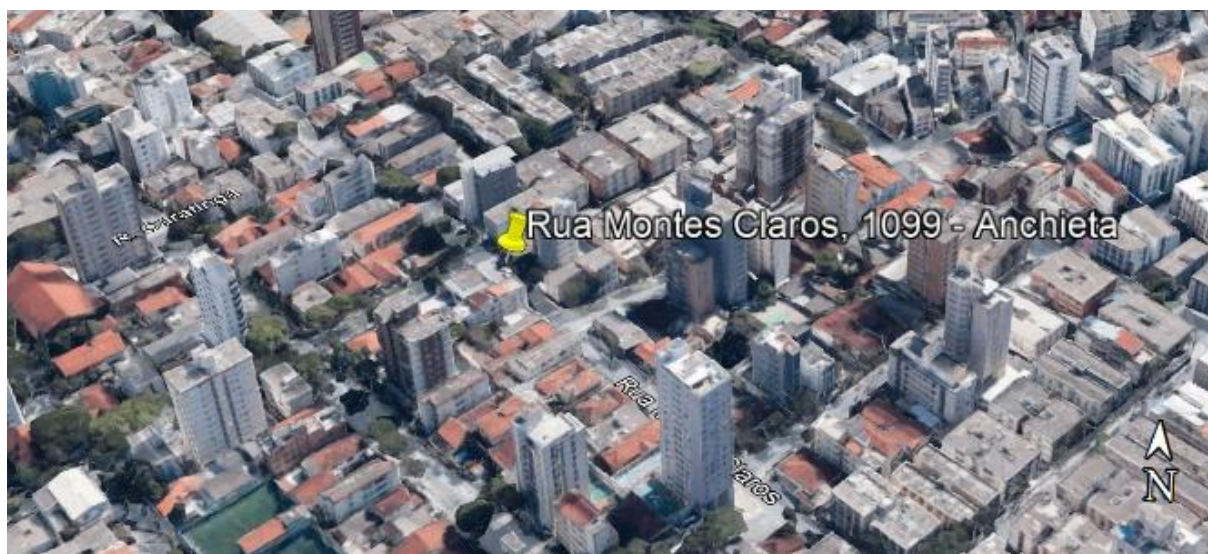


Fonte: Alpes, 2019.

5 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se da apresentação de dois estudos de caso de sistemas de impermeabilização para utilização na construção civil de edifícios residenciais. Os casos estudados são localizados na cidade de Belo Horizonte – Minas Gerais, ao longo do segundo semestre de 2021 em um edifício residencial. A Figura 12 ilustra a localização do empreendimento utilizado para estudo.

Figura 12 - Localização do empreendimento estudado.



Fonte: Google Earth Pro, 2022

A partir da definição das áreas a serem impermeabilizadas, foi realizada uma pesquisa de mercado a fim de verificar os sistemas de impermeabilização aplicáveis para os casos. Essa investigação contou com análises críticas baseadas na composição dos produtos e nas técnicas executivas propostas para cada procedimento.

Os processos de impermeabilização foram realizados antes da execução do contrapiso, ou seja, a execução da impermeabilização possui contato direto com as lajes de concreto protendido e foram revestidas com o contrapiso.

É importante ressaltar que para a escolha dos sistemas de impermeabilização, fatores como incidência solar e o tipo de estrutura foram considerados para a escolha do material. Optou-se por opções que possuam o máximo possível de flexibilidade devido a estrutura da edificação ser em concreto protendido e possuir elevadas taxas de movimentação. A questão da incidência solar foi analisada caso a caso de acordo com as áreas a serem impermeabilizadas.

5.1 Estudo de caso – Argamassa polimérica

O sistema de impermeabilização com a argamassa polimérica foi realizado

com base nos manuais de aplicação do fabricante do produto e do IBI. Os cuidados com o manuseio dos produtos impermeabilizantes foram realizados de acordo com o treinamento que os colaboradores da empresa receberam e tornaram-se cruciais para manter o menor índice de contaminação da mistura possível, sejam eles de ferramentas utilizadas para esse processo ou até mesmo de métodos construtivos que estavam sendo realizados no entorno do processo.

O processo de aplicação da argamassa foi realizado com uma trincha, sempre respeitando o cruzamento entre as demãos e utilizando telas de poliéster nos ralos e cantos, chamados de pontos críticos. A definição de áreas para esse tipo de impermeabilização seguiu o critério de que uma das dimensões não ultrapassavam 2 metros de comprimento.

De acordo com o fabricante o período de cura do sistema de impermeabilização com argamassa polimérica é de sete dias.

5.2 Estudo de caso – Membrana de Poliuretano

A impermeabilização com membrana de poliuretano possui característica de material autonivelante, sendo desta forma aplicada somente em superfícies horizontais e com maior planicidade. O processo de impermeabilização foi realizado de acordo com as indicações do fabricante. Os colaboradores da empresa utilizaram rolos emborrachados para auxiliar na dispersão do produto. É válido ressaltar que neste caso todas as protuberâncias foram retiradas pois elas poderiam “furar” a membrana de poliuretano.

O período de cura para a membrana de poliuretano é de dois dias segundo o fabricante.

5.3 Teste de estanqueidade

O processo do teste de estanqueidade das áreas impermeabilizadas seguiu criteriosamente as condições especificadas na NBR 9574 – Execução de impermeabilização. A formação da lâmina d'água foi possível devido a uma barreira de concreto feita nos vãos de cada área a ser impermeabilizada. É válido ressaltar que inclusive essa barreira de concreto foi impermeabilizada, por mais que seja provisória. Isto se deu ao fato de que a água poderia simplesmente infiltrar pela barreira, diminuindo o volume da lâmina d'água nos testes.

Os testes de estanqueidade foram realizados somente após o prazo de cura dos sistemas impermeabilizantes indicados pelo fabricante.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante da classificação das áreas dos apartamentos nota-se que há áreas secas, molhadas e molháveis em todas as unidades. Além disso percebe-se que há áreas molháveis e/ou molhadas de um determinado apartamento que se encontram em partes superiores de outros imóveis (Figura 13).

Figura 13 – Fachada posterior e lateral esquerda da edificação.



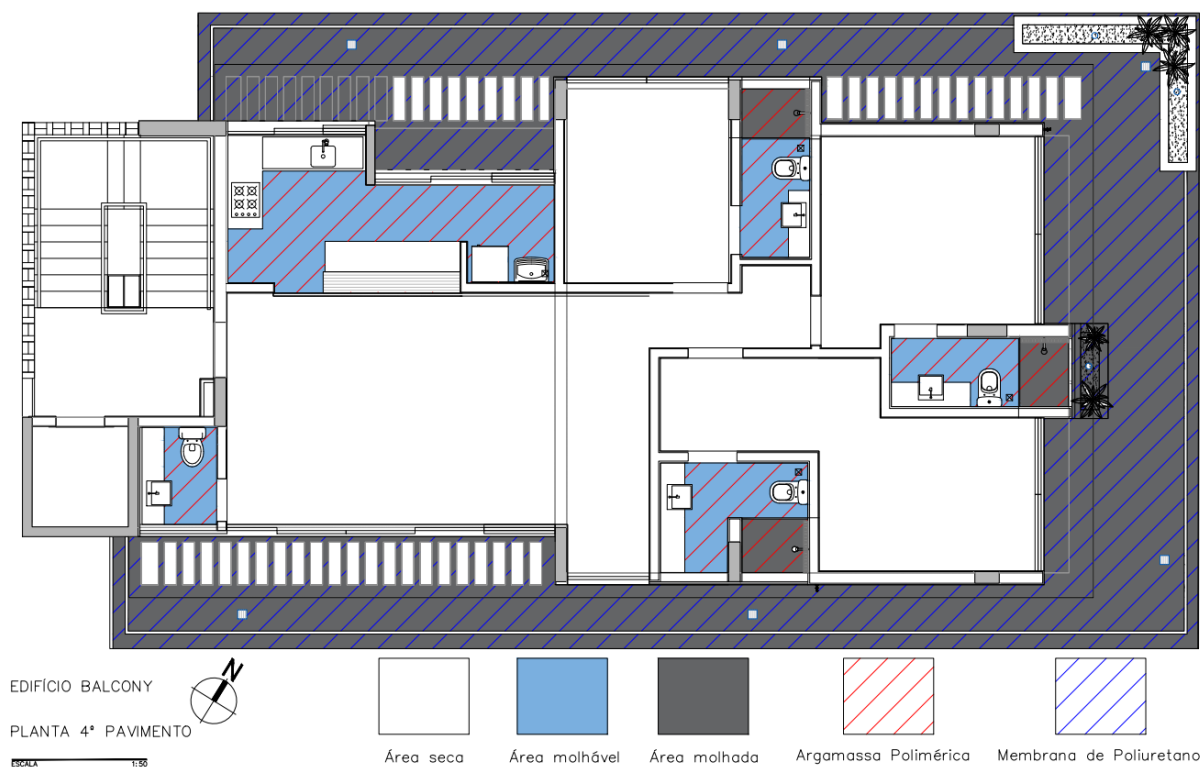
Fonte: KRAFTNOR Empreendimentos Imobiliários SPE Ltda.

Os principais critérios para a escolha dos sistemas de impermeabilização foram devido à alta movimentação da estrutura, visto que os prédios possuem estruturas de concreto protendido, o que configura grandes movimentações; o uso da área, seja ela para áreas molhadas ou áreas molháveis o que caracteriza diferentes níveis de impermeabilização; a incidência da luz solar; e a facilidade de futuras manutenções se necessário.

As Figuras 14 e 15 mostram as plantas dos pavimentos 4 e 6 respectivamente, com a classificação por cor de fundo para áreas secas (branco), molhadas (cinza) e molháveis (azul). Nelas é possível observar que a dimensão das áreas a serem impermeabilizadas diferem muito umas das outras. Assim, áreas molhadas ou molháveis de pequenas dimensões, com maior aresta de até no máximo 2 metros receberam impermeabilização com argamassa polimérica, como é o caso do 4º pavimento e as demais áreas foram impermeabilizadas com membrana de

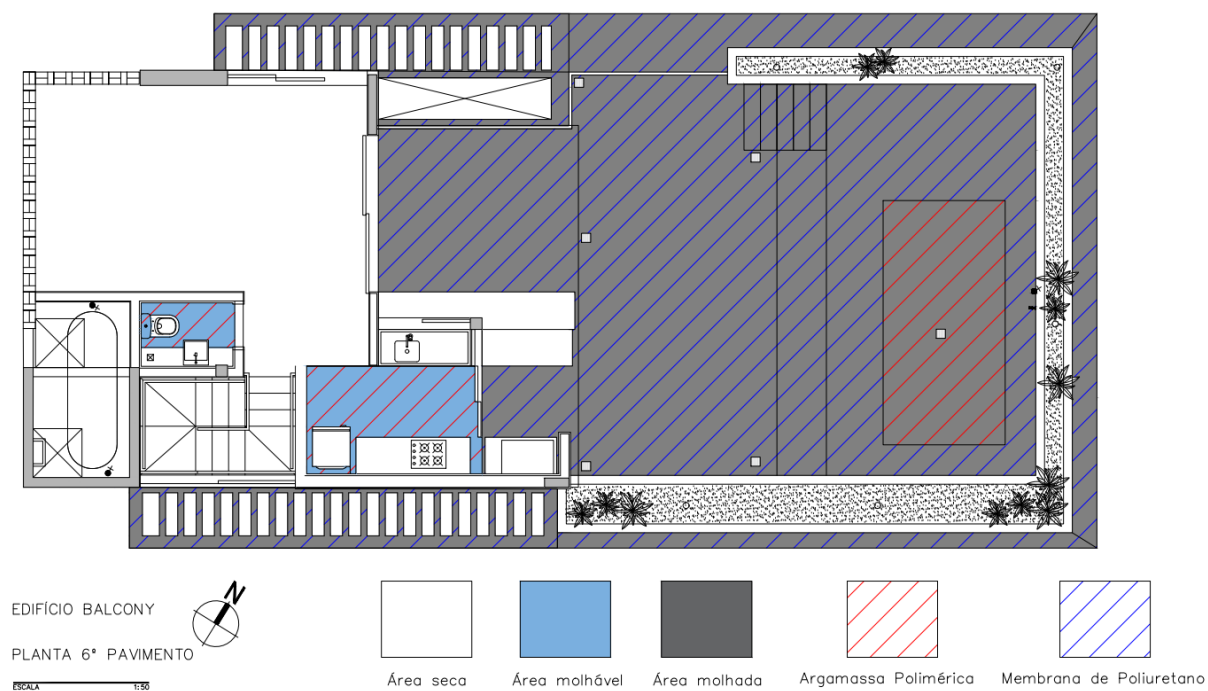
poliuretano, como é o caso da maior parte das áreas do 6º pavimento.

Figura 14 – Planta baixa do 4º pavimento.



Fonte: Adaptado de KRAFTNOR Empreendimentos imobiliários SPE Ltda.

Figura 15 – Planta baixa do 6º pavimento.



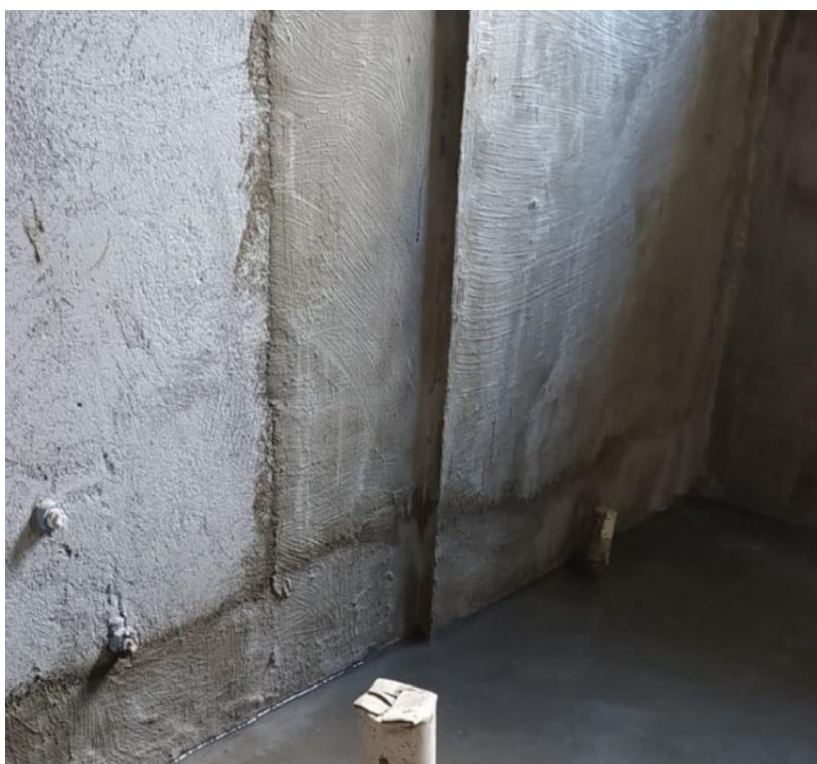
Fonte: Adaptado de KRAFTNOR Empreendimentos imobiliários SPE Ltda.

Já quanto ao estudo das luzes solares, é possível observar que a incidência

da luz do sol nas áreas é maior no período matutino, visto que o sol possui grande incidência na fachada posterior e lateral direita, onde estão localizadas grande parte das áreas de lazer que foram impermeabilizadas. No período vespertino a incidência da luz solar se concentra na fachada frontal e na lateral direita, podendo ser concluído que a própria edificação diminui a incidência do sol nas áreas de lazer impermeabilizadas. A preocupação com a incidência solar se justifica, pois, a argamassa polimérica pode ser considerada como um sistema de impermeabilização semirrígido, portanto pequenas movimentações podem ser absorvidas pelo sistema quando causadas pela estrutura da edificação e/ou pela dilatação térmica.

O material também foi utilizado para impermeabilização de áreas internas molháveis verticais, como as alvenarias de boxes de banheiro e áreas molháveis e/ou molhadas horizontais internas. Nestes casos a incidência da luz solar que causa as dilatações térmicas e as movimentações da estrutura puderam ser desprezados devido a sua localização interna, e a absorção de movimentações na parte da alvenaria auxiliada por juntas de movimentação realizadas nos emboços e contrapisos. As superfícies verticais e horizontais impermeabilizadas com argamassa polimérica pode ser observada na Figura 16.

Figura 16 – Impermeabilização vertical e horizontal.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Em ambos os casos de impermeabilização de superfície vertical e na

horizontal foram aplicadas 3 demãos, sempre respeitando o cruzamento de sentido das demãos, como indicado pelo fabricante. Após a aplicação da argamassa polimérica com trincha ou desempenadeira é necessário aguardar 07 dias, tempo necessário de cura do produto, para realização do teste de estanqueidade. Neste período é importante procurar isolar a área para que não tenha exposição a materiais poluentes ao sistema como restos de massa ou resquícios de tinta.

A aplicação da membrana de poliuretano foi definida para locais que possuíam altos índices de incidência solar, provocando grandes dilatações térmicas, e grandes áreas sujeitas à movimentação da estrutura. As características flexíveis do sistema o tornam propício a sua utilização nessas áreas. Os ambientes em questão foram grandes terraços que possuíam ainda, uma alta incidência de águas devido a existência de piscinas ou ofurôs. A Figura 17 mostra a realização de impermeabilização com membrana de poliuretano.

Figura 17 – Impermeabilização com membrana de poliuretano.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Para a realização da impermeabilização com a membrana de poliuretano foi verificado que a laje possuía pequenos desníveis, portanto a empresa optou por impermeabilizar sem realizar uma prévia regularização da planicidade do elemento horizontal. No caso, o preparo da superfície aconteceu somente com a escarificação de superfícies pontiagudas que poderiam comprometer a membrana a ser formada.

As demãos de poliuretano não foram superiores a 0,5 milímetros, de acordo com recomendação do fabricante e foram necessárias 3 demãos para garantir total cobertura da área horizontal.

Com a finalização da aplicação da membrana de poliuretano foi necessário aspergir areia fina na superfície da membrana, enquanto ainda molhada, com a finalidade de criar aderência para a camada de proteção. Este processo é realizado devido a membrana criar uma espécie de filme plástico muito liso que não confere aderência suficiente a outros materiais.

O sistema de impermeabilização não é composto somente pela aplicação do material correspondente a cada área. É importante que os pontos críticos da impermeabilização sejam assistidos de perto. Esses pontos são os encontros entre a estrutura horizontal e vertical (cantos), de acordo com a Figura 18-a, que se faz necessário a aplicação de uma tela de poliéster para dissipação de tensões; os pontos de ralos devem possuir telas de poliéster afim de dissipar as tensões também, de acordo com a Figura 18-b, visto que o encontro entre o ralo e a superfície horizontal pode gerar pontos de ruptura na impermeabilização. Ainda foi instalado nas extremidades laterais dos ralos borrachas hidro expansivas que quando em contato com os fluídos se expandem impedindo a passagem dos mesmos.

Figura 18 – Pontos críticos da impermeabilização.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

O teste de estanqueidade da membrana de poliuretano aconteceu somente depois de 2 dias da sua aplicação, que segundo o fabricante é o tempo de cura que o

produto necessita. Na Figura 19 é possível observar o teste de estanqueidade sendo realizado para verificação de êxito na impermeabilização.

Figura 19 - Teste de estanqueidade.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Em um dos processos, o teste de estanqueidade falhou. Isso foi verificado no pavimento inferior a área que estava em teste. A água que deveria estar confinada vazou, criando manchas na parede do pavimento inferior conforme a Figura 20. Para este caso, o processo de impermeabilização e teste de estanqueidade foram repetidos até que o problema fosse sanado.

Figura 20 - Mancha causado por vazamento de água.



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Os resultados dos dois sistemas de impermeabilização estudados foram condizentes com o referencial bibliográfico apresentado, visto que nenhuma anomalia apresentada perdurou. As anomalias apresentadas podem ser consideradas como falhas na impermeabilização como ocorreu na falha de estanqueidade, mas foi corrigida.

Após o processo de impermeabilização, todas as superfícies receberam uma proteção mecânica. Nas superfícies horizontais tal proteção foi realizada através de contrapiso e posteriormente o assentamento de porcelanatos. Já nas áreas verticais, as proteções mecânicas realizadas foram através do assentamento de revestimento em parede (porcelanatos ou azulejos cerâmicos) de acordo com a paginação de cada apartamento. Em ambos os casos, a recomendação segundo a NBR 9575 (2010) é de que exista uma camada separadora, de papel kraft sobre camada geotêxtil, entre a impermeabilização e a proteção mecânica, porém a empresa optou por não seguir essa recomendação.

A escolha pela utilização da argamassa polimérica e membrana de poliuretano, e não pela utilização de mantas asfálticas, se deram pelo sentido de que as mantas quando apresentam falhas, de acordo com Moraes (2002) todo o sistema tende a flutuar, dificultando a detecção do ponto de ruptura. Nos casos aqui estudados, é possível que o problema da infiltração, se houver, seja em pontos direcionados.

Em casos de pontos de infiltração futuros, a utilização de sistemas de

injeção apresentados neste trabalho no item 4.3.3.1 seria uma solução já estudada como forma de solucionar as manifestações patológicas.

7 CONCLUSÃO

O mercado da construção busca frequentemente por excelências. O fato de que impermeabilizações são realizadas mais comumente de forma empírica do que técnica abre um leque de oportunidades para profissionais que tratem o assunto com a seriedade que merece. A utilização da impermeabilização deve ser tratada como ferramenta para o aumento da vida útil das edificações e para a intensificação do conforto dos usuários. Assim, foram apresentados neste trabalho sistemas de impermeabilização utilizando argamassa polimérica e membrana de poliuretano.

Comparativamente, a argamassa polimérica se apresenta mais adequada para áreas menores e com menor incidência solar, enquanto a membrana de poliuretano pode ser aplicada nas demais áreas. Ambos os métodos demandam cuidados na execução relativo a cantos, ralos e outros pontos críticos.

A execução dos sistemas impermeabilizantes baseados na argamassa polimérica e na membrana de poliuretano se deram por satisfatórios, visto que em todas as áreas impermeabilizadas foram executadas o teste de estanqueidade que avaliou a qualidade das impermeabilizações indicando claramente a efetividade dos sistemas.

Caso ocorram falhas nos sistemas podem ser aplicados as seguintes medidas profiláticas e/ou corretivas: sistemas de injeção, aditivos cristalizantes para concreto e reaplicação da impermeabilização na área com utilização de telas de poliéster para estruturação.

De acordo com os estudos apresentados neste trabalho é possível sugerir alguns outros temas relevantes para trabalhos futuros, tais como:

- Análise de custo de cada sistema de impermeabilização;
- Comportamento de cada sistema de impermeabilização quando sujeito a aceleradores de degradação;
- Impactos gerados por falta de um projeto de impermeabilização;
- Comparativo entre os custos de manutenção de uma impermeabilização com manta asfáltica e argamassa polimérica ou membrana de poliuretano.

REFERÊNCIAS

A IMPORTÂNCIA DE SE MANTER ATUALIZADO NO MERCADO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **MC Bauchemie**, Vargem Grande Paulista, 15, maio 2020. Disponível em: <https://www.mc-bauchemie.com.br/mcpedia/a-import%C3%A2ncia-de-se-manter-atualizado-no-mercado-de-impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o.html>. Acesso em: 20 dez. 2022.

ALPES, Eduardo Teixeira de Araújo. **INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS CRISTALIZANTES NA IMPERMEABILIZAÇÃO DO CONCRETO COM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DA REGIÃO DE GOIÂNIA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2019.

ARAGÃO, Ericka Barros. **Estudo de manifestações patológicas decorrentes de infiltração em município do interior do Ceará**: diagnóstico e tratamento. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. Cratêus. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Manutenção de Edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Brasília, DF, [2002]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406compilada.htm. Acesso em: 20 dez. 2022.

CÂMARA, Yunara; LOPES, Katia. **Impermeabilização na construção civil**. Artigo apresentado à Universidade Potiguar, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil. Mossoró. 2022.

CARVALHO, Túlio Rabelo. **Comparativo entre sistemas de impermeabilização em poliuretano e manta asfáltica**: estudo de caso. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, Jataí. 2018.

FILHO, Alexandre Ricardo Fachini Pinto. **ESTUDO DE CASO**: Inspeção Predial em Residência e a Importância da Engenharia Diagnóstica na Formação dos Engenheiros Cíveis. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Ilha Solteira, Ilha Solteira. 2021.

GOMES, Daniel Braz Pereira. **IMPERMEABILIZAÇÃO**: Patologias mais comuns em

construções residenciais na cidade de Ariquemes-RO. Trabalho de conclusão (Engenharia Civil) – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes. 2020.

IMPERMEABILIZAÇÃO MEMBRANA DE POLIURETANO. **EBI Impermeabilização e Construções**. 2019. Disponível em: <https://gruopoebi.com.br/servicos-solucoes/impermeabilizacoes-poliuretano/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

INJEÇÃO DE RESINAS. **3H Imper**. [s.l.]. 2022. Disponível em: <https://3himper.com.br/injecao-de-resina/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **Guia de Aplicação da Norma de Desempenho para Impermeabilização**: Especificação, aplicação, e contratação com foco no atendimento à ABNT NBR 15575:2013. São Paulo. 2018.

LUMUANGIKI, Visi Paulo; DUTRA, Clézio Thadeu de Souza; DUTRA, Vinicius Araújo de Souza. **Sistema de impermeabilização**: Método de aplicação em fundações. v. 4, n. 3. rev. Projectus. 2019. p. 69-87.

FELIZARDO, Helio. **Projeto de sistema de impermeabilização de uma laje de cobertura**. Artigo submetido apresentado à Universidade do Extremo Sul Catarinense, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenharia Civil. 2013.

FRANÇA, Alessandra AV et al. **Patologia das construções**: uma especialidade na engenharia civil. *Téchne*, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.

SOARES JUNIOR, et al. **IMPERMEABILIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES PATOLOGIAS E CORREÇÕES**. Artigo apresentado ao 3º Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar e ao 1º Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. [s.l.]. 2018.

FREITAS JUNIOR, José de Almendra. **Construção Civil II (TC-025): Impermeabilização**. 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/434843-Impermeabilizacao-construcao-civil-ii-tc-025-prof-jose-de-almendra-freitas-jr-freitasjose-terra-com-br.html>. Acesso em: 20 dez. 2022.

LERSCH, Inês Martina. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.

MC-PROOF 500* – NOVA FÓRMULA: Argamassa polimérica flexível com fibras. **MC Bauchemie**. Vargem Grande Paulista, out. 2021. Disponível em: https://www.mc-bauchemie.com.br/assets/downloads/products/pt-BR/fichas_tecnicas/MC-Proof%20500.pdf. Acesso em: 21 dez. 2022.

MC-PROOF 2200: Membrana de poliuretano flexível para impermeabilização. **MC Bauchemie**. Vargem Grande Paulista, out. 2022. Disponível em: https://www.mc-bauchemie.com.br/assets/downloads/products/pt-BR/fichas_tecnicas/MC-Proof%202200.pdf. Acesso em: 21 dez. 2022.

MORAES, Cláudio Roberto Klein de. **IMPERMEABILIZAÇÃO EM 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, Porto Alegre. 2002.

POLISSENI, Antonio Eduardo. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede**: método do cachimbo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1986.

QUINI, Josué Garcia; FERRAZ, Paulo Roberto Leite. **IMPERMEABILIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA POTÁVEL COM POLIURETANO**. [s.n]. [s.l]. [s.d.].

QUINI, Josué Garcia. **POLÍMEROS TERMOFIXOS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO MOLDADA IN LOCO**. Artigo apresentado ao 13º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização. 2013.

RIBEIRO, Daniel; SOARES, Wanderson César; SANTOS, Silvio Xavier. **PATOLOGIAS CAUSADAS PELA UMIDADE-ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NO MUNICÍPIO DE NOVA UNIÃO/MG**. Revista Construindo, Belo Horizonte, v. 9, Ed. Esp. de Patologia, p. 72 – 92, Jul. – dez. 2017.

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

ROSA, Marco Antônio de Andrade da. **Recuperação de desempenho quanto à estanqueidade com a utilização de técnicas de impermeabilização**: estudo de caso na cidade de Porto Alegre/RS. Trabalho de diplomação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2018.

ROSA, Paulo Venâncio Cunha et al. **Análise da ocorrência de patologias relacionadas a impermeabilização em edifícios verticais de múltiplos pavimentos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, Goiânia. 2021.

SANTOS, Cynthia Firmino Dos; ROCHA, Joaquim Humberto Aquino; PÓVOAS, Yêda Vieira. **UTILIZAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA DETECÇÃO DE FOCOS DE UMIDADE EM PAREDES INTERNAS DE EDIFICAÇÕES**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 105-127, jan./mar. 2019.

SCHUMANSKI, Danyelle. **Análise do uso da argamassa polimérica como impermeabilizante**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Pontal do Paraná. 2021.

SILVA, Emília Ferreira; SILVA, Simone Maria Silveira E. **UTILIZAÇÃO DE**

TÉCNICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM EDIFICAÇÕES COM PATOLOGIAS DE UMIDADE: Estudo de Caso em Residências na Cidade de Caratinga-MG. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga. 2019.

SILVA, Simone Adriane da. **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE POLIURETANOS** - espumas flexíveis puras e compósitos a partir de polióis à base de óleo de milho: e adesivos à base de derivados de óleo de rícino. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2014.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil.** Monografia de Especialização em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2014.

SOUSA, Rodrigo Alves Matias De. **SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO:** Aplicações, Possíveis Patologias e Suas Soluções. Projeto de Pesquisa (Engenharia Civil) – Centro Universitário de João Pessoa, João Pessoa. 2018.

STORTE, Marcos. **Manifestações patológicas na impermeabilização de estruturas de concreto em saneamento.** Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura, São Paulo, v. 18, 2011.

TUTIKIAN, Bernardo; PACHECO, Marcelo. **Inspección, diagnóstico y pronóstico em la construcción civil.** Boletín Técnico. ALCONPAT Internacional, Mérida, 2013.

XAVIER, Ivan. **ORÇAMENTO, PLANEJAMENTO E CUSTOS DE OBRA:** visa oferecer aos profissionais iniciantes na área de construção civil, experiências para execução de orçamento de materiais de construção e mão de obra, planejamento de obra e levantamento de custos. Fundação de Apoio a Pesquisa Ambiental. [s.n.]. São Paulo. 2018