



**Universidade Federal de Alagoas**  
**Centro de Tecnologia**  
**Coordenação do Curso de Engenharia Civil**  
**Cidade Universitária – Campus A. C. Simões**  
**Tabuleiro do Martins – CEP 57072-970 – Maceió – Alagoas**

---



Benno Lucas Santos Rohenkohl

**DIAGNÓSTICO DAS PRÁTICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SISTEMA DE  
COBERTURA EM CASAS DE ALTO PADRÃO EM MACEIÓ**

**Maceió/AL, abril de 2023**

Benno Lucas Santos Rohenkohl

**DIAGNÓSTICO DAS PRÁTICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SISTEMA DE  
COBERTURA EM CASAS DE ALTO PADRÃO EM MACEIÓ**

Plano de trabalho apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Karoline Alves Melo Moraes

Colegiado do Curso de Engenharia Civil - CCEC

Centro de Tecnologia - CTEC

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Maceió, 05 de abril de 2023

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

- R737d Rohenkohl, Brenno Lucas Santos.  
Diagnóstico das práticas de impermeabilização do sistema de cobertura em casas de alto padrão em Maceió / Brenno Lucas Santos  
Rohenkohl. – 2023.  
73 f. : il. color.
- Orientadora: Karoline Alves Melo Moraes.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil)  
– Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.
- Bibliografia: f. 67-70.  
Apêndices: f. 71-73.
1. Impermeabilização. 2. Coberturas. 3. Água – Edificações. I. Título.

CDU: 624

*Aos meus pais, Pedro e Maria, a quem devo minha vida e  
formação moral. A meu irmão, pelo companheirismo inabalável.  
Meus profundos agradecimentos pelo apoio, ensinamentos e  
compreensão ao longo da minha vida.*

*Sem vocês, nada seria.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Pois sem a benção dEle sobre minha vida, nada seria. És a minha força maior.

Agradeço uma vez mais a meus pais, Pedro e Maria, por serem meus maiores exemplos em vida. Sou grato por tudo o que batalharam para me prover a melhor educação e desenvolvimento possíveis em todos os âmbitos.

Agradeço a meu irmão, Pedro Emanuel, por ser o meu melhor amigo e aquele a quem posso contar em todos os momentos.

Agradeço à Empresa Júnior de Arquitetura e Engenharia Civil – EJEC, por todo o conhecimento e prática adquiridos no exercício das atividades de projetista e Gerente de Projetos. Aqui, senti-me acolhido de braços abertos.

Agradeço a todos os meus amigos e companheiros de jornada. Mesmo com toda a arduidade da graduação, vocês ajudaram a trazer risos e descontração, foram companheiros em inúmeros trabalhos, seminários e estudos. Com vocês, pude dividir momentos desesperadores às vésperas de uma entrega importante e instantes de felicidade inigualável.

Agradeço ao professor Eduardo Setton, pois mais do que um professor, é um amigo. Sou grato pelas inúmeras conversas, onde aprendi e fui estimulado ao ecossistema de inovação e empreendedorismo, ampliando minha visão de mundo e sendo introduzido a métodos de gestão e avaliação de projetos.

Agradeço à minha orientadora, professora Karoline Melo. Por ser inspiração enquanto pedagoga e ser humano, com sua compaixão e didatismo incríveis.

Agradeço a todos os professores que compartilharam seus conhecimentos comigo ao longo destes anos. Em especial, ao professor Wellinsilvio Costa, pela orientação na pesquisa e aos professores Francisco Potiguar e Valmir Pedrosa pelas inúmeras conversas engrandecedoras após as aulas.

Finalmente, agradeço a todos que passaram pela minha vida e deixaram um aprendizado, vocês ajudaram a me tornar quem sou.

## RESUMO

Nas últimas décadas, com o maior rigor no controle de qualidade dos materiais e serviços utilizados na construção civil, foi percebido que, quanto mais cedo as intervenções e manutenções eram realizadas, menos se gastava. Assim, viu-se a importância da prevenção para a extensão da saúde da edificação, quer seja no aspecto estético, funcional ou estrutural. Logo, este trabalho teve por objetivo diagnosticar os principais problemas concernindo a impermeabilização do sistema de cobertura em Maceió-AL, salientando a importância dos cuidados requeridos à estanqueidade. Para tal, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica sobre as boas práticas de impermeabilização, com respeito ao custo, regramento normativo, tipos de sistemas, detalhes construtivos e sua importância. Na sequência, foi realizado um questionário junto ao meio técnico composto por projetistas, construtoras e aplicadores. Os resultados mostraram que: os projetistas consideram as normas brasileiras inadequadas à nossa realidade, as construtoras apontam a falta de qualificação da mão de obra e os aplicadores acusam a quase inexistência do projeto de impermeabilização no serviço prestado. A partir disso, concluiu-se que há um desconhecimento e falta de aplicação das normas brasileiras que regem a impermeabilização, bem como uma displicência por parte do meio técnico, sobretudo da parte das construtoras, quanto à importância da impermeabilização.

Palavras-chave: Cobertura. Impermeabilização. Água.

## ABSTRACT

In the last decades, with the greater rigor in the quality control of the materials and services employed in civil construction, it was noticed that, the sooner the interventions and maintenance were made, less was spent. Thus, the importance was seen of the prevention to extend the building health, either in the aesthetic, functional or structural aspect of it. Then, this paper had the objective of diagnostic the main problems concerning the waterproofing of the rooftop system in Maceió-AL, stressing the importance of the care towards the tightness. For such, it was carried out a wide bibliographical revision about the good practices of waterproofing, with respect to the cost, normative rule, type of systems, construction details and its importance. In sequence, it was carried out a quiz near the technical means composed of designers, builders and applicators. The results showed that: the designers consider the brazilian norms inadequate towards our reality, the builders point the lack labor qualification and the applicators accuse the almost inexistence of the waterproofing project in the service performed. From that, it is concluded that there is a lack of knowledge and application of the Brazilian norms that rule the waterproofing, as well as a negligence by part of the technical means, above all on behalf of the builders, regarding the importance of waterproofing.

Keywords: Rooftop. Waterproofing. Water.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados sobre a pergunta a) - Projetistas.....	52
Gráfico 2: Resultados sobre a pergunta f) – Projetistas.....	55
Gráfico 3: Resultados sobre a pergunta d) – Construtoras .....	58
Gráfico 4: Resultados sobre a pergunta e) - Construtoras .....	59
Gráfico 5: Resultados sobre a pergunta c) – Aplicadoras .....	61
Gráfico 6: Resultados sobre a pergunta d) - Aplicadoras.....	62
Gráfico 7: Resultados sobre a pergunta e) – Aplicadoras .....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução dos custos em cada fase de intervenção.....	16
Figura 2: Percentual de custos em cada etapa de uma obra.....	17
Figura 3: Evolução do custo da impermeabilização ao longo da obra .....	17
Figura 4: Origens das manifestações patológicas.....	18
Figura 5: Organograma de uma vistoria .....	20
Figura 6: Atuação da umidade em uma edificação.....	28
Figura 7: Locais de uma edificação que requerem impermeabilização.....	29
Figura 8: Elementos de cobertura em telhado aparente.....	33
Figura 9: Pressão negativa atuando de forma inversa a impermeabilização .....	35
Figura 10: Pressão positiva de compressão da base .....	36
Figura 11: Principais causas de infiltrações em edificações.....	44
Figura 12: Principais situações de sinistro em edificações.....	44
Figura 13: Representação da impermeabilização de chumbamento.....	48
Figura 14: Detalhe da impermeabilização em juntas de dilatação .....	49

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

ED – Engenharia Diagnóstica

IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização

NBR – Normas Brasileiras de Regulamentação

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados sobre a pergunta b) - Projetistas .....	53
Tabela 2: Resultados sobre a pergunta c) - Projetistas .....	53
Tabela 3: Resultados sobre a pergunta d) - Projetistas .....	54
Tabela 4: Resultados sobre a pergunta e) - Projetistas .....	54
Tabela 5: Resultados sobre a pergunta a) - Construtoras .....	56
Tabela 6: Resultados sobre a pergunta b) - Construtoras .....	57
Tabela 7: Resultados sobre a pergunta c) - Construtoras .....	57
Tabela 8: Resultados sobre a pergunta f) - Construtoras.....	59
Tabela 9: Resultados sobre a pergunta a) - Aplicadoras .....	60
Tabela 10: Resultados sobre a pergunta b) - Aplicadoras .....	61
Tabela 11: Resultados sobre a pergunta g) - Aplicadoras .....	63
Tabela 12: Resultados sobre a pergunta h) - Aplicadoras .....	64
Tabela 13: Resultados sobre a pergunta i) - Aplicadoras .....	64

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
1.2.1 <i>Objetivo geral</i> .....	15
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 VIDA ÚTIL E DURABILIDADE .....	19
2.2 DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES .....	19
2.2.1 <i>Anamnese</i> .....	20
2.2.2 <i>Sintomatologia</i> .....	21
2.2.3 <i>Mecanismos de atuação</i> .....	21
2.2.4 <i>Origem e agentes causadores</i> .....	22
2.2.5 <i>Diagnóstico</i> .....	22
2.2.6 <i>Diagnóstico Preliminar</i> .....	23
2.2.6.1 <i>Prognóstico</i> .....	23
2.2.7 <i>Terapia</i> .....	23
2.2.8 <i>Conceitos adicionais</i> .....	24
<b>3. MECANISMOS DE ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES .....</b>	<b>26</b>
3.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO.....	26
3.2 UMIDADE ASCENSIONAL.....	26
3.3 UMIDADE POR CONDENSAÇÃO .....	27
3.4 UMIDADE DE OBRA.....	28
3.5 UMIDADE ACIDENTAL .....	28
<b>4. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA.....</b>	<b>29</b>
4.1 CRITÉRIOS NORMATIVOS.....	29
4.1.1 <i>Impermeabilidade de Telhas</i> .....	30
4.1.2 <i>Estanqueidade à água de coberturas</i> .....	30
4.1.3 <i>Estanqueidade das aberturas de ventilação</i> .....	31
4.1.4 <i>Captação e escoamento de águas pluviais</i> .....	31
4.1.5 <i>Estanqueidade de coberturas com sistema de impermeabilização</i> .....	32
4.2 SISTEMA DE COBERTURA .....	32
4.3 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....	33
4.4 ESCOLHA DA IMPERMEABILIZAÇÃO .....	35
4.5 TIPOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	36
4.5.1 <i>Impermeabilização rígida</i> .....	37
4.5.1.1 <i>Misturas cimentícias e argamassas poliméricas</i> .....	37
4.5.1.2 <i>Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo</i> .....	38
4.5.1.3 <i>Aditivos cristalizantes</i> .....	38
4.5.1.4 <i>Cimentos impermeabilizantes de pega ultra rápida (CIPUR)</i> .....	39
4.5.2 <i>Impermeabilização flexível</i> .....	39

4.5.2.1	Emulsão acrílica .....	40
4.5.2.2	Manta asfáltica .....	40
4.5.2.3	Membrana asfáltica .....	41
4.5.2.4	Membrana polimérica modificada com cimento.....	42
4.6	ETAPAS SUCESSORAS DO PROCESSO IMPERMEABILIZANTE .....	42
4.6.1	<i>Camada de proteção térmica</i> .....	42
4.6.2	<i>Camada de proteção mecânica</i> .....	43
4.7	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS POR ERROS NAS IMPERMEABILIZAÇÃO.....	44
4.7.1	<i>Anomalias devido à ausência de projeto</i> .....	45
4.7.2	<i>Anomalias devido à execução</i> .....	45
4.7.3	<i>Anomalias devido à má utilização e manutenção</i> .....	45
4.7.4	<i>Anomalias devido à qualidade dos materiais</i> .....	46
4.8	DETALHES CONSTRUTIVOS .....	46
4.8.1	<i>Regularização e caimento</i> .....	47
4.8.2	<i>Ralo</i> .....	47
4.8.3	<i>Chumbamento</i> .....	48
4.8.4	<i>Pingadeira</i> .....	48
4.8.5	<i>Junta de dilatação</i> .....	49
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>50</b>
<b>6.</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
6.1	RESULTADOS DOS PROJETISTAS.....	52
6.2	RESULTADOS DAS CONSTRUTORAS .....	56
6.3	RESULTADOS DAS APLICADORAS .....	60
6.4	RESUMO DOS RESULTADOS .....	65
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA.....</b>	<b>72</b>
	<b>APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE PESQUISA.....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE PESQUISA.....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

A Patologia das Construções é o ramo da engenharia civil responsável por estudar as origens, manifestações e mecanismos de ocorrência das falhas e efeitos deletérios nas edificações. Em suma, ao estudo sobre questões relativas à saúde e ao desempenho de cada construção, seja ele no aspecto estético, funcional ou estrutural.

Embora o interesse sobre o tema tenha crescido nas últimas décadas, ele é bastante antigo. Sena (2020) relata que referências a este assunto são encontradas no código de Hamurabi, o mais antigo código de leis, escrito há cerca de 4.000 anos. Neste documento, há cinco artigos dedicados a arquitetos e construtores no aspecto da responsabilidade legal pela construção.

No Brasil, o intenso desenvolvimento ocorrido durante a segunda metade do século XX e início do século XXI implicou em obras ocorrendo a velocidades maiores, sem terem sido acompanhadas com maior rigor no controle de qualidade dos materiais e serviços utilizados (THOMAZ, 2020).

Somado a isso, estão a adoção simultânea de novas práticas construtivas e tecnologias sendo incorporadas a todo momento. É nesse cenário que surge a Engenharia Diagnóstica (ED), definida por Lívio (2021) como a disciplina de caráter técnico, empregada para qualificar os diagnósticos de manifestações patológicas e enquadramento em níveis de desempenho das edificações, visando o aumento da qualidade e apuração de responsabilidade.

A ED é comumente empregada em soluções judiciais, visando apurar responsabilidades técnica, civil e penal. A primeira delas é posta como o cumprimento de normas, dos encargos e das exigências de teor técnico. Por sua vez, a responsabilidade civil versa sobre a reparação a dano moral ou patrimonial infligido a terceiros e a responsabilidade penal ou criminal discorre sobre a imputabilidade do delito cometido (FONSECA, 2017).

Em que pese a frequência da associação entre a ED e os três âmbitos da responsabilidade citados acima, este trabalho se ocupará da identificação de vícios construtivos na execução da impermeabilização de sistemas de cobertura de construções residenciais em Maceió-Alagoas, as quais implicam no surgimento de manifestações

patológicas. Tem-se como foco a tomada de decisões e medidas a fim de prevenir sua ocorrência e melhorar a qualidade final da obra entregue.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho possui como objetivo geral analisar o cenário referente ao serviço de impermeabilização no sistema de cobertura em residências de alto padrão em Maceió, assim como a forma de preveni-las.

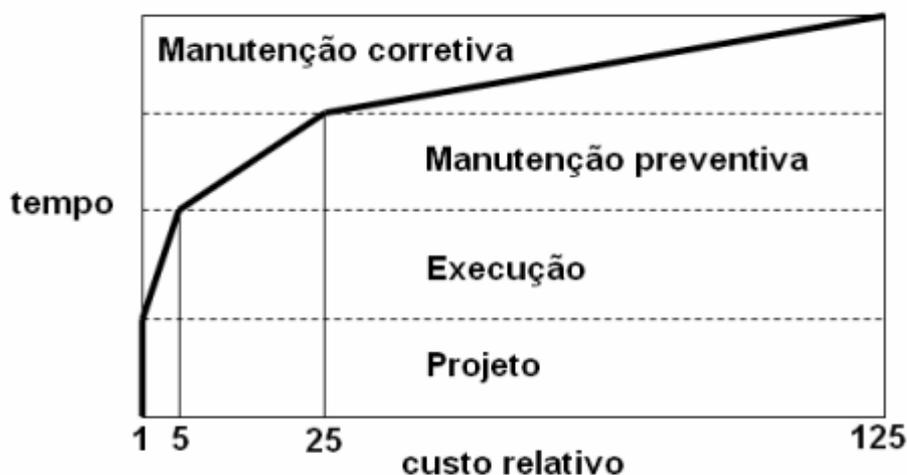
### 1.2.2 Objetivos específicos

- Detectar, junto ao meio técnico, os principais fatores que comprometem a qualidade da impermeabilização no sistema de cobertura e as manifestações patológicas decorrentes dessa situação.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Helene (1992), a demora em submeter problemas patológicos a métodos de correção, implica em elevados custos de recuperação e reparo, pois viabiliza o agravamento ou até o surgimento de outras anomalias. Tal fato encontra forte amparo na Lei dos Cinco, onde Sitter (1984 *apud* BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019, p. 55) estudou a implicação financeira de intervenções na construção ao longo do tempo, com a distinção entre ações corretivas e preventivas e que pode ser visualizado na figura 1.

Figura 1: Evolução dos custos em cada fase de intervenção



Fonte: SITTER (1984 *apud* BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019, p.55)

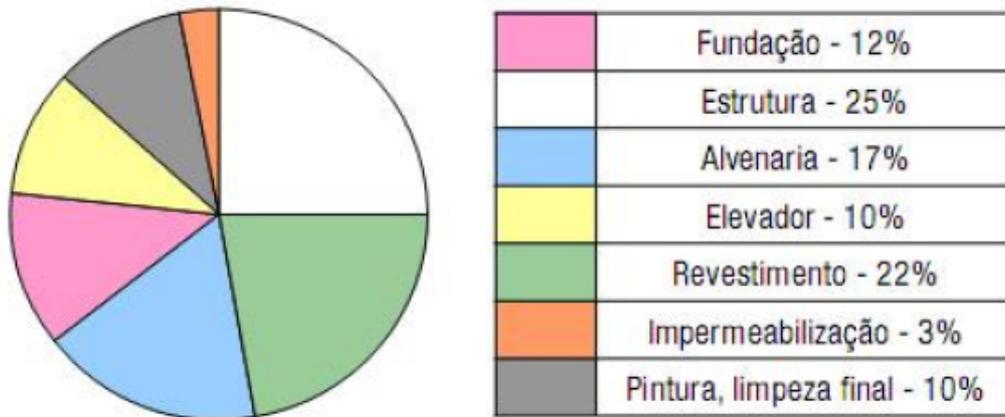
O estudo mostra que os custos envolvidos na recuperação de uma estrutura variam em progressão geométrica de razão cinco, assim, as intervenções corretivas seriam cinco vezes mais custosas do que as intervenções preventivas. Nesse contexto, entende-se por manutenção preventiva aquela que visa preservar o desempenho da edificação ao longo de sua vida útil, evitando a ocorrência de anomalias (BOLINA; TUTIKIAN; HELENE, 2019).

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010, p. 5), “a impermeabilização é o produto do conjunto de componentes e serviços objetivando proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e da umidade”. Picchi (1986) afirma que embora não seja de grande complexidade, a mínima falha, ainda que localizada, pode comprometer todo o serviço.

Isso ocorre porque vários serviços complementares, como a argamassas e pisos cerâmicos, atuam sobre a impermeabilização. Assim, no caso de ocorrer uma falha neste processo, perdem-se materiais utilizados de forma subsequente. Em se tratando de custos, a figura 2 mostra que a impermeabilização representa até 3% do custo total da edificação.

No entanto, ressalta-se que a composição orçamentária de uma edificação varia de acordo com a tipologia construtiva adotada; topografia do terreno, escolha do tipo de fundação e estrutura; padrão de acabamento e questões diversas. Assim, o percentual de custos visualizado abaixo é uma média amostral de acordo com as principais etapas de construção.

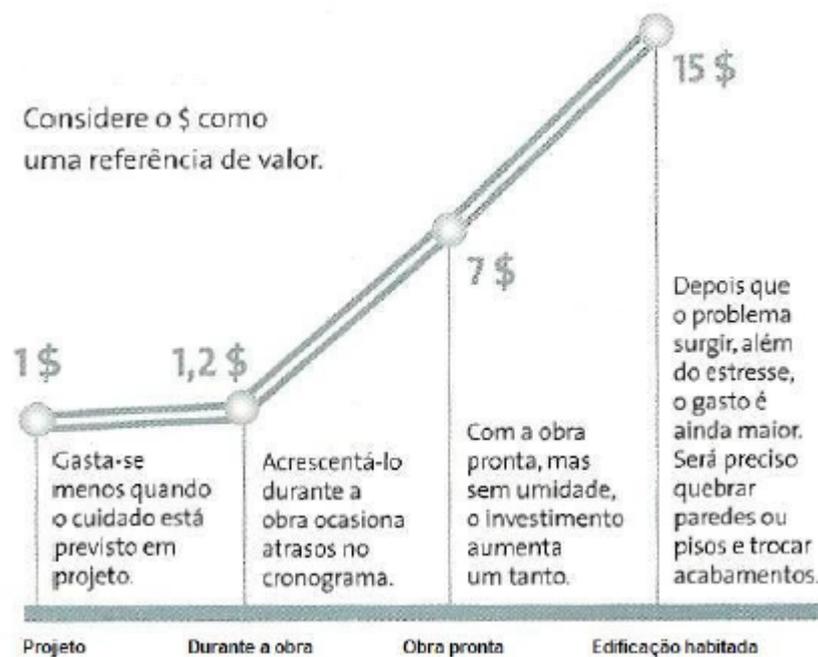
Figura 2: Percentual de custos em cada etapa de uma obra



Fonte: Vedacit (2007 *apud* RIGHI, 2009, p. 6)

Além disso, de maneira congruente ao enunciado da Lei de Sitter, vê-se na figura 3 um aumento exponencial no custo da aplicação de serviços impermeabilizantes ao longo do curso da vida de uma edificação, com o custo entre a impermeabilização na fase de concepção em projeto e com a edificação já habitada aumentando em quinze vezes.

Figura 3: Evolução do custo da impermeabilização ao longo da obra



Fonte: Arquitetura e Construção (2005 *apud* RIGHI, 2009, p. 17)

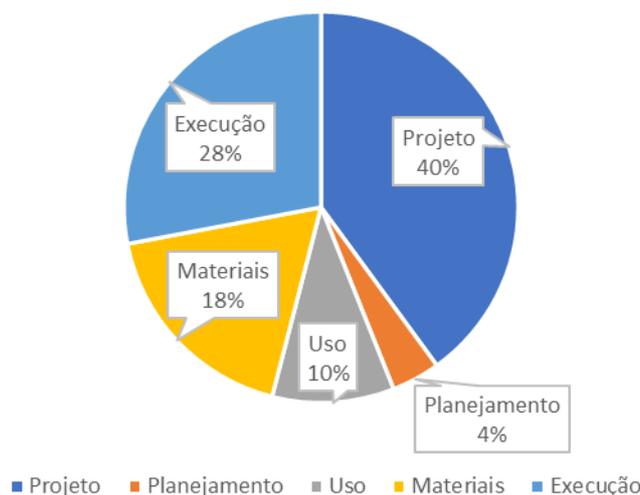
O rápido crescimento de custo está amparado na ampliação do escopo do problema patológico. Assim, ainda que o crescimento não seja exatamente como descrito na figura 3, é notório que a composição de custos do reparo, englobando materiais e mão de obra, será muito maior. Isso porque, à medida que a situação se alastra, a região de interferência e os sistemas afetados se avolumam.

Além do prejuízo à saúde da edificação, há também os danos causados a eletrônicos, com a umidade aumentando a condutividade dos fios (UNAHALELHAKA; PHONKAPHON, 2016) e gerando mal funcionamento ou até queima de aparelhos, prejuízo mobiliários e principalmente, ao organismo humano, pois devido à umidade excessiva, há um ambiente fértil para o aparecimento de mofo, bactérias, vírus e insetos transmissores de doenças.

Assim, percebe-se uma clara assimetria entre o valor diminuto da impermeabilização e a magnitude da sua importância no âmbito financeiro e da saúde. Dessa forma, pode-se ressaltar o conhecimento de seus parâmetros normativos e sua devida execução como de primeira ordem.

A figura 4 mostra a ocorrência das manifestações patológicas segundo a sua origem. Nela, destaca-se a ampla representatividade de erros em projeto, execução, materiais e uso.

Figura 4: Origens das manifestações patológicas



Fonte: Adaptado de Helene (2007)

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Primeiro, para corrigir os fatores que levam às anomalias construtivas do sistema de cobertura, como inexistência de projeto de impermeabilização, emprego de sistemas impermeabilizantes indevidos e emprego de técnicas incorretas, será feita abaixo uma modelagem teórica dos aspectos circundantes do problema.

### 2.1 VIDA ÚTIL E DURABILIDADE

A NBR 15.575-1 (ABNT, 2021, p. 15) define como vida útil (VU) "o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas atendem aos níveis de desempenho especificados em projeto". De forma similar, a vida útil de projeto (VUP) é uma definição temporal teórica, ou seja, baseada em estimativas, onde espera-se que sejam atendidos os requisitos de cada um dos seis sistemas de uma construção (geral, estrutural, pisos, vedações, coberturas e instalações).

É importante ressaltar que ambas as definições pressupõem manutenções periódicas nos subsistemas da edificação. Caso contrário, a vida útil cai consideravelmente e cessa de ter valor referencial.

Por sua vez, a durabilidade deve ser entendida como a capacidade de uma edificação de desempenhar ao longo do tempo as funções esperadas, com as condições de uso e manutenção prescritas no manual de uso, operação e manutenção.

A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe foram atribuídas em projeto, seja por degradação ou obsolescência funcional. Em suma, conforme definido por Mehta e Monteiro (2014), uma vida útil extensa é tida como sinônimo de durabilidade.

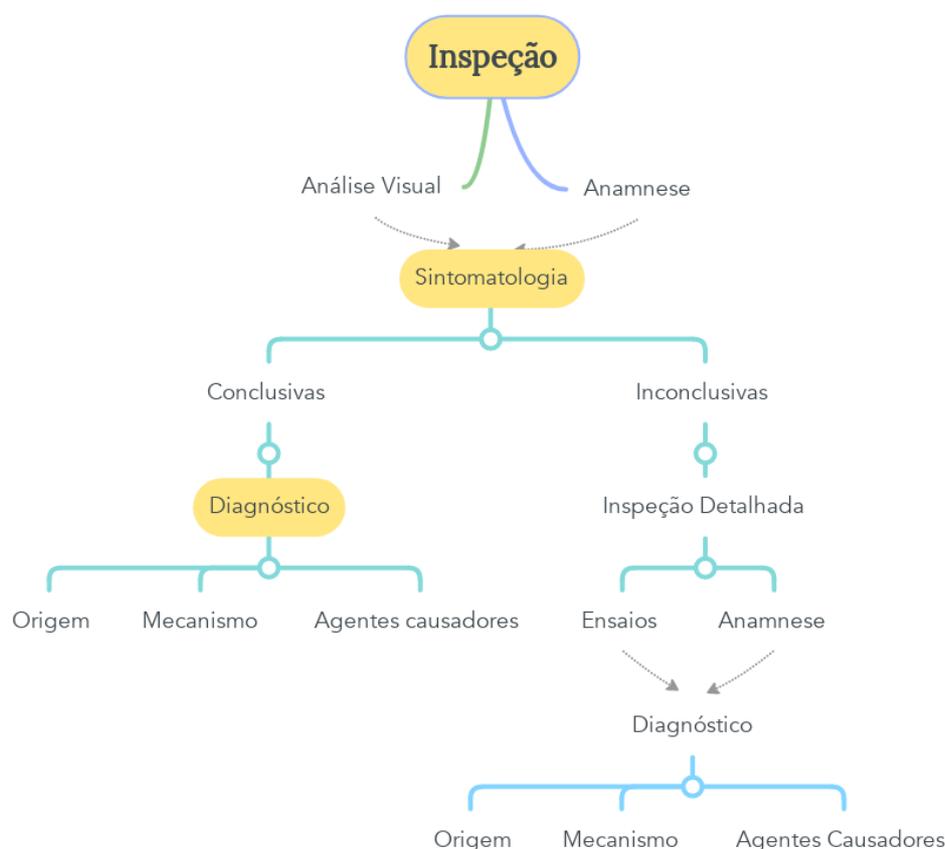
### 2.2 DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES

Na verificação de uma edificação, ao se estudar o que a está afetando, é preciso seguir uma série metódica de passos descrita abaixo e relatada na NBR 16.747 (ABNT, 2020). O conceito de manutenção preventiva ancora a determinação da profilaxia, isto é, ao conjunto de medidas preventivas adotadas antes que um problema patológico surja, evitando assim transtornos futuros.

No entanto, para uma medida preventiva ser eficaz, ela precisa estar baseada em estudos, sendo o primeiro deles a sintomatologia. Através dela, há um indicativo das causas que culminaram no surgimento da manifestação patológica em pauta. É através da busca pela anomalia em questão, através da análise de cada sinal ou ocorrência, que a sintomatologia está focada (BRITO, 2017). Na busca da justificativa dessa condição, está o diagnóstico.

Na figura 5 está um organograma com os passos descritos nos próximos itens.

Figura 5: Organograma de uma vistoria



Fonte: Adaptado de BOLINA; TUTIKIAN e HELENE, 2019, p. 39

### 2.2.1 Anamnese

A NBR 16.747 (ABNT, 2020, p. 2) define anamnese como “uma série de entrevistas para coleta de dados e informações sobre o histórico da edificação. Em suma, trata-se da análise expedita de documentos, projetos e do histórico da edificação, incluindo relatos e entrevistas com moradores”. Costuma ser realizada junto a uma inspeção de caráter visual culminando na sintomatologia.

### 2.2.2 Sintomatologia

Estuda como os defeitos se manifestam em caráter visual, com a manifestação que se visualiza sendo caracterizada como um sintoma, um indicativo de que há uma anomalia em curso naquele elemento. O estudo desde indicativo, é o primeiro passo para o entendimento das causas que culminaram no surgimento da situação anômala (HELENE, 1992).

É na sintomatologia que o perito se baseia para fornecer o diagnóstico preliminar, sendo este dependente da experiência e conhecimento prévio do inspetor. Tal fato é notável pois mecanismos de deterioração de mesma origem produzem consequências distintas em materiais distintos, ao passo que um mesmo sintoma pode ser originado por diferentes fontes (BOLINA; TUTIKIAN e HELENE, 2019).

Esse estudo aponta como a principal função da sintomatologia a de definir hipóteses sobre a situação anômala em curso, com um plano de ação orientado em ensaios, revisão de projetos e maior compreensão do problema. Em situação mais simples, é possível gerar um diagnóstico apenas com esta etapa.

### 2.2.3 Mecanismos de atuação

Tutikian e Pacheco (2013) seccionam os mecanismos de deterioração do material em quatro tipos: químico, físico, biológico ou mecânico.

- Deterioração química: ocorre mudança nas propriedades inerentes ao material, com mudança da aparência física ou comportamento mecânico. Nasce a partir da combinação entre um agente agressor externo e um interno. A agressividade do meio e a qualidade do material base são preponderantes na análise da durabilidade do sistema em estudo, com o processo deletério sendo diretamente proporcional a ambos.
- Deterioração física: ocorre alteração volumétrica, através de processos termo-higroscópicos, onde há tanto a variação volumétrica por dilatação térmica, quanto por variações higroscópicas através da absorção e retenção de água pelos poros do material, sendo diretamente proporcionais à porosidade e interconectividade desses poros. Também pode ser vista em elementos com coeficiente de dilatação térmica distintos.

- Deterioração biológica: ocorre mudança nas propriedades intrínsecas do material pela ação de macro ou microorganismos do meio à volta. Entre os fatores que a potencializam estão a alta umidade, processos constantes de umidificação e secagem e baixa insolação. Frequentemente, ocorre em associação com outras três deteriorações.
- Deterioração mecânica: ocorre devido às solicitações de carregamento impostas ao material, culminando em fissuras, quando a capacidade resistente do material é superada por um esforço simples ou combinado, com o colapso ocorrendo quando as cargas atuantes extrapolam os coeficientes de segurança admitidos em projeto.

A devida compreensão destes mecanismos é de fundamental importância para prevenir os sistemas contra o aparecimento de anomalias em edificações.

#### 2.2.4 Origem e agentes causadores

A origem é a gênese do problema, isto é, a falha em alguma etapa do ciclo de vida da construção. No entanto, de maneira análoga ao sintoma, uma manifestação patológica pode ser oriunda de várias etapas, tornando o diagnóstico ainda mais complexo, isso é especialmente importante para fins judiciais, onde a apuração da responsabilidade tem papel primordial.

Se na origem analisa-se a etapa responsável, quando se fala em agente causador, o que está em pauta é a principal circunstância preponderante na deflagração da anomalia, classificando-a em intrínseca ou extrínseca. Por intrínseco, entende-se problemas originários de peças defeituosas, execução ou utilização deficiente da obra. Por extrínseco, são agentes causadores que independem da composição interna do material e das falhas ocorridas nos processos produtivo, execução ou uso (HELENE, 1992).

#### 2.2.5 Diagnóstico

Nesta etapa, o foco está na identificação do mecanismo, processo ou agente causador da anomalia em questão. Segundo Tutikian e Pacheco (2013), há uma incerteza inerente a todo diagnóstico, o que se busca é a máxima redução do número de dúvidas para garantia de assertividade, que só poderá ser comprovada na resposta do sistema

tratado ou no emprego de uma solução que, ao longo do tempo, se provou eficaz na prevenção da ocorrência da anomalia em questão.

A realização de um diagnóstico eficaz depende do conhecimento multidisciplinar de cada sistema analisado, com os devidos conhecimentos de degradação típicos àquele material, bem como da realização de ensaios, estes divididos em não destrutivos, semidestruídos e destrutivos, com progressivo ganho de confiabilidade, embora mais custosos e impactantes à estrutura (OLIVEIRA, 2013).

## 2.2.6 Diagnóstico Preliminar

Em casos em que a união entre exames visuais, anamnese e ensaios gerais não destrutivos conferem um bom satisfatório de assertividade, dar-se por satisfeito um diagnóstico preliminar, com a devida avaliação do problema, com detalhes do prognóstico e terapia adequada.

### 2.2.6.1 Prognóstico

É uma extrapolação do que acontecerá com a edificação anômala caso nenhuma medida seja tomada para corrigir o problema, é especialmente importante em uma inspeção pois é através do prognóstico que se avaliam os graus de riscos e prioridades em cada uma das intervenções necessárias. Esta etapa possui grande importância pois trata-se do estudo das alternativas de intervenção e remediação do problema, requerendo grande conhecimento do profissional encarregado.

Para este estudo das características evolutivas, o perito deve se fixar em parâmetros como a análise evolutiva natural do problema, as condições de exposição, a análise do entorno e a tipologia do problema (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

### 2.2.7 Terapia

Trata-se da correção dos problemas patológicos apresentados, restaurando o desempenho e conferindo segurança à edificação, e no pior dos casos, estancando o problema. Cánovas (1988) destaca o peso do fator econômico na avaliação da necessidade e urgência da medida intervencionista. O tipo de terapia empregado está condicionado a

fatores como estética, custo, segurança, funcionalidade e conhecimento. Tutikian e Pacheco (2013) a dividem em:

- Reabilitação: objetiva trazer uma estrutura deteriorada à sua condição inicial de desempenho, que foi perdida ao longo do tempo.
- Recuperação: conjunto de operações e técnicas destinadas a corrigir anomalias existentes em uma edificação, para manutenção do sistema. Divide-se em reparo, reforço e restauro.
  - Reparo: empregado quando a condição do elemento está inadequada, com danos que comprometem o funcionamento de qualquer componente do sistema.
  - Reforço: busca incrementar a resistência e/ou estabilidade de um sistema, com aumento da capacidade portante do sistema em questão.
  - Restauro: análogo ao reforço, mas aplicado a objetos ou partes específicas com magnitude histórica.
- Reforma: trata-se do conjunto de métodos e atividades em que são estabelecidas novas formas e condições de uso a uma edificação. É orientada pela NBR 16.280 (ABNT, 2014c).
- Reconstrução: trata-se de construir novamente uma edificação ou parte dela que se encontre destruída, ou que esteja a iminência de ruir. Baseia-se em um conjunto de técnicas históricas.
- Retrofit: versa sobre a revitalização de edifícios antigos, com a substituição de componentes, elementos ou sistemas inteiros de uma edificação, que se tornaram obsoletos ao longo do tempo.

### 2.2.8 Conceitos adicionais

Para a devida caracterização de uma manifestação patológica, é preciso concebê-la em seu âmbito normativo. Assim, a NBR 16.747 (ABNT, 2020) conceitua:

- Anomalia: irregularidade, anormalidade e exceção à regra, que ocasionam perda de desempenho da edificação ou suas partes, oriundas da fase de projeto, execução ou final de vida útil. Divide-se em anomalia endógena, exógena e funcional.
  - Anomalia endógena: perda de desempenho originária da etapa de projeto e/ou execução.
  - Anomalia exógena: perda de desempenho relacionada a fatores externos.
  - Anomalia funcional: perda de desempenho decorrente da degradação natural ao longo do tempo.
- Falha: irregularidade ou anormalidade que implica no término da habilidade da edificação ou de suas partes de cumprirem suas funções como estabelecidas, apresentando desempenho insatisfatório.

A diferença principal entre os conceitos acima reside no fato da falha ser originária do usuário final, quer seja por problemas de uso, operação ou manutenção. De forma complementar, a NBR 13.752 (ABNT, 1993) define um tipo particular de anomalia, conceituando-o em:

- Vício: anomalias que afetam o desempenho de produtos de serviços, tornando-os inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos materiais ao consumidor. Podem decorrer de falha de projeto, execução, fatores externos ou tempo decorrido. Divide-se em vício aparente, oculto ou redibitório e de segurança e solidez.
  - Vícios aparentes: são percebidos a olho nu, sem auxílio de ferramentas ou conhecimento técnico aprofundado.
  - Vícios ocultos (redibitórios): não são percebidos a olho nu, por terem sido camuflados ou surgirem apenas após um determinado tempo. Requer um profissional qualificado para a sua correta identificação.
  - Vícios de segurança e solidez: são aqueles que causam dano estrutural ou comprometam a saúde dos moradores.

### 3. MECANISMOS DE ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES

Queruz (2007) afirma que, seja no estado sólido, líquido ou gasoso, a água é um dos principais causadores de manifestações patológicas, podendo ser vista tanto como agente de degradação, como um meio para a instalação de agentes terceiros. Segundo Lersch (2003), a umidade nas edificações se dá nas formas descritas abaixo:

- Umidade de infiltração;
- Umidade ascensional;
- Umidade por condensação;
- Umidade de obra;
- Umidade acidental.

#### 3.1 UMIDADE DE INFILTRAÇÃO

Ocorre quando a umidade percola as áreas internas por pequenas fissuras, sendo percebida tanto no começo quanto nas regiões mais elevadas das paredes. Isso ocorre porque os materiais absorvem a umidade presente no ar. Além disso, anomalias em interfaces construtivas, como caimentos inadequados ou impermeabilização deficiente agravam o problema (SOARES, 2014).

Na maioria dos casos, a água da chuva é o fator preponderante na umidade de infiltração, e quando combinada com o vento, pode agravar a velocidade da infiltração com o aumento da pressão de infiltração com inclusive a penetração pelos elementos de cobertura através de impermeabilização deficiente em lajes e forros (VENTURINI, 2009).

#### 3.2 UMIDADE ASCENSIONAL

Ocorre quando a água originada do solo, tanto por aumento de umidade no período chuvoso, quanto por presença ininterrupta de umidade no lençol freático superficial, ascende pelas paredes por capilaridade, por isso, sua presença costuma ser percebida em paredes e pisos (SOARES, 2014).

Os vasos capilares podem ser entendidos como pequenos canais vazios existentes em materiais diversos e maiores quanto maior for a saturação do material. Por serem

pequenos, os poros permitem a subida da água até o ponto em que entra em equilíbrio com a força da gravidade. Não há consenso na altura alcançada pela umidade. Enquanto Verçosa (1991) afirma que a umidade não supera 0,80 m, Lersch (2003) cita médias de 0,8 m, porém máximas de 1,5 m.

De todo modo, entende-se que a altura que a água ascende pelo vaso capilar é diretamente proporcional ao seu diâmetro, onde quanto menor os poros, maior a altura alcançada (FEILDEN, 2003). O mesmo autor nota que a altura da umidade capilar aumenta com o tempo, visto que o fluxo contínuo da água carrega os elementos do material liberando espaço para outros poros.

Queruz (2008) afirma que este fenômeno é consequência direta de falhas na impermeabilização da interface entre as estruturas que compõem a fundação e as áreas superficiais. Por isso, frequentemente é associado à deficiência da impermeabilização da viga baldrame.

### 3.3 UMIDADE POR CONDENSAÇÃO

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), esse mecanismo tem origem na condensação do vapor d'água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo, ocorrendo com frequência em ambientes com baixa ventilação, como banheiros, em temperaturas quentes, como saunas e ambientes frios, como frigoríficos.

Além disso, também ocorre em superfícies com temperatura abaixo do ponto de orvalho, isto é, a temperatura do ar em que o vapor de água se condensa formando geada. Tal fenômeno ocorre pela redução da capacidade de absorção de umidade pelo ar com a diminuição da temperatura na região de contato com a parede, precipitando-se (LERSCH, 2003).

Embora incomum, Feilden (2003) alerta para o fato de o *efeito Stefan*, que permite calcular a energia irradiada por um corpo, ter um potencial danoso maior do que a água da chuva, pois caso a edificação esteja próxima a complexos industriais ou regiões oceânicas, as partículas em suspensão junto ao vapor d'água podem conter moléculas de carbono, sulfato de cálcio e óxidos de ferro. Assim, o vapor de água atmosférico carrega essas moléculas danosas à saúde da edificação.

### 3.4 UMIDADE DE OBRA

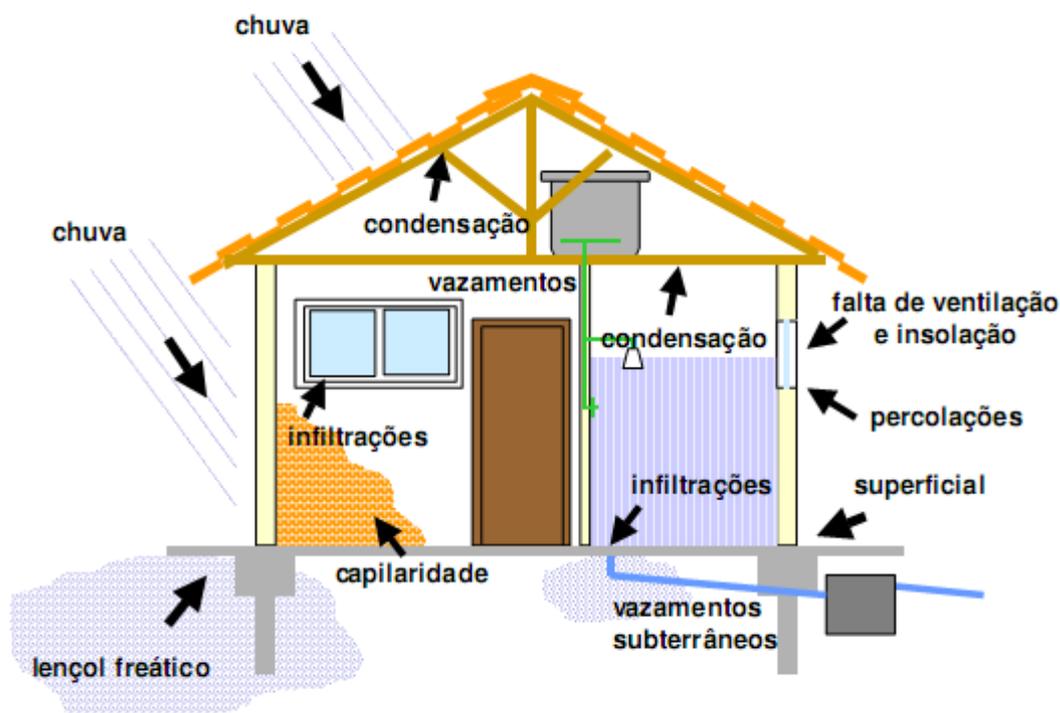
Ocorre pela transferência da umidade retida nos materiais que, com o passar do tempo, busca um ponto de equilíbrio entre material e ambiente, atravessando o material. Segundo Queruz (2008), o exemplo mais comum é o da umidade contida nas argamassas de reboco, que transferem o excesso de umidade para a parte interna da alvenaria, requerendo um tempo superior ao da cura do reboco para alcançar um equilíbrio com o meio.

### 3.5 UMIDADE ACIDENTAL

Ocorre por falhas no sistema hidrossanitário, acarretando infiltrações. Kluppel e Santana (2006) afirmam que a umidade acidental é marcada pelo surgimento de manchas isoladas nas paredes, com formato aproximadamente circular e a região central estando mais úmida. Em edificações antigas, esse tipo de umidade ganha notoriedade por apontar para materiais com desempenho comprometido.

Em suma, a atuação da água na edificação pode ser resumida na figura 6.

Figura 6: Atuação da umidade em uma edificação



Fonte: Casa d'água (2022)

## 4. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010, p. 5) o sistema impermeabilizante é definido como “um conjunto de operações e serviços, composto de uma ou mais camadas, que visam conferir estanqueidade para uma construção contra a ação deletéria de fluidos, vapores e da umidade”. Na mesma norma, estanqueidade é conceituada como a propriedade que um elemento possui de impedir a penetração dos fluidos através de si.

De forma complementar, a NBR 9574 (ABNT, 2008) afirma que as áreas que requeiram estanqueidade devem ser totalmente impermeabilizadas. Na figura 7, são elencadas as áreas de uma edificação que necessitam de um processo impermeabilizante adequado.



Fonte: Unahalelhaka e Phonkaphon (2016)

### 4.1 CRITÉRIOS NORMATIVOS

A NBR 15.575 (ABNT, 2021), responsável por determinar requisitos, critérios e métodos avaliativos para que uma edificação atinja o comportamento apropriado durante o uso, requisita que as edificações habitacionais possuam estanqueidade à água. Isso porque, além de eludir processos deletérios dos materiais e componentes envolvidos, também evita a proliferação de fungos e doenças respiratórias.

As exigências normativas de estanqueidade à água englobam o sistema de pisos, vedação e cobertura. No entanto, pela delimitação do escopo do trabalho, aqui será tratado apenas do sistema de cobertura.

A estanqueidade à água das coberturas depende da conjugação entre impermeabilização e fatores como a declividade, extensão e desempenho das peças que arrematam encontro entre panos, sistema de captação e drenagem das águas pluviais, índices pluviométricos, direção e velocidade dos ventos. Ademais, a norma também se aplica a todos os tipos de coberturas, desde que sejam estanques. Assim, nota-se a amplitude de cenários englobados pela norma.

É importante notar que a norma de desempenho não se sobrepõe a normas específicas, isto é, em sistemas constituídos por lajes impermeabilizadas, devem ser seguidas as orientações das normas NBR 9574 (ABNT, 2008) e NBR 9575 (ABNT, 2010). Da mesma forma, as normas aplicáveis às mantas, membranas ou às telhas de diferentes materiais permanecem válidas e complementares.

Os cinco critérios relativos à estanqueidade de sistemas de cobertura presentes na NBR 15.575 (ABNT, 2021) estão dispostos abaixo.

#### 4.1.1 Impermeabilidade de Telhas

No primeiro critério, afirma-se que, sob ação de coluna de água, nas condições prescritas pela NBR 5642 (ABNT, 1993), as telhas não podem apresentar qualquer forma de escoamento ou gotejamento de água. No tocante às manchas de umidade, o limite de aceitabilidade para o aparecimento de manchas na superfície é de 35% da área das telhas.

#### 4.1.2 Estanqueidade à água de coberturas

No segundo critério, é posto que durante todo o período de vida útil do sistema de cobertura, não pode haver penetração ou infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento, considerando-se a influência de componentes como parafusos, calhas, lajes planas, cumeeiras, espigões, encontros com paredes, subcoberturas e outras posições específicas.

Além disso, atenta para o emprego de telhas com características geométricas e físicas adequadas, lembrando das diferenças de porosidade, absorção de água e permeabilidade, de acordo com o material constituinte da telha, bem como das sobreposições laterais e longitudinais do arranjo.

Na avaliação, deve-se considerar que poderão ocorrer, ao longo do tempo, destacamentos causados pelas movimentações térmicas diferenciadas entre os elementos em contato. Para prevenir isto, deve-se utilizar rejuntas flexíveis e dispositivos análogos.

Para o teste de estanqueidade, deve-se empregar uma câmara de ar que incorpore todos os componentes e elementos característicos do sistema. Salvo quando do emprego de sistemas inovadores de coberturas, é permitido ensaiar com partes representativas.

#### 4.1.3 Estanqueidade das aberturas de ventilação

No terceiro critério, afirma-se que não são permitidas infiltrações de água ou gotejamento nas regiões das aberturas de ventilação constituídas por entradas de ar nas linhas de beiral e saídas de ar nas linhas de cumeeiras, ou mesmo de componentes de ventilação. Ademais, as mesmas aberturas não podem permitir o acesso de pequenos animais para o interior da habitação.

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2017), a fim de se evitar a infiltração de água, as aberturas de ventilação devem apresentar formato e local adequados, evitando posicioná-las em áreas expostas à direção predominante do vento ou em regiões de sobrepessão. Por fim, no tocante aos animais, recomenda-se telas metálicas, pois telhas de materiais menos resistente podem ser rompidas pelos pássaros.

#### 4.1.4 Captação e escoamento de águas pluviais

No quarto critério, impõe-se que o sistema de cobertura tenha capacidade para drenar a máxima precipitação passível de ocorrer, não permitindo empoçamentos ou extravasamentos para o interior da edificação, ou qualquer outro local não previsto no projeto da cobertura. No que tange ao projeto, deve-se considerar o exposto na NBR 10.844 (ABNT, 1989) e compatibilizar, no projeto arquitetônico, os sistemas impermeabilizantes envolvidos.

A CBIC (2017) considera este quesito tão importante quanto o próprio telhado ou a impermeabilização. Isso porque, caso não haja a devida especificação dos caimentos, encontro entre planos, seção de calhas e condutores, visando escoar a água das chuvas o mais rápido possível, a água pode atingir as fachadas da edificação ou ainda ser depositada nas proximidades da fundação.

#### 4.1.5 Estanqueidade de coberturas com sistema de impermeabilização

No quinto critério, exige-se que o sistema de cobertura impermeabilizado mantenha a estanqueidade durante toda a vida útil do projeto, comprovado mediante um ensaio com lâmina d'água (10 mm) pelo tempo mínimo de 72 horas.

### 4.2 SISTEMA DE COBERTURA

De acordo com a NBR 15.575 (ABNT, 2021, p. 3), o sistema de cobertura é definido como “o conjunto de elementos, no topo da construção, que visa assegurar estanqueidade às águas pluviais, protegendo os demais sistemas da edificação habitacional e de quaisquer outros elementos da deterioração por agentes naturais”. Além disso, atua contribuindo para o conforto termoacústico da habitação.

Quando se fala em cobertura, há basicamente três formatos tradicionais: laje impermeabilizada, telhado embutido e telhado aparente. Usualmente, a superfície inferior de uma cobertura é chamada de teto, podendo apresentar forro e sendo marcada pela delimitação da parte superior de um cômodo. No entanto, existem soluções arquitetônicas em que a própria laje ou telhado realizam essa função.

Segundo Schreiber (2012), o principal tipo de laje de cobertura é a laje de concreto armado, que é classificada tanto pela forma, quanto pela acessibilidade. Picchi (1986) acrescenta que uma estrutura de concreto, por si só, não atende a todos os requisitos exigidos de uma cobertura, como estanqueidade à água e isolamento termoacústico.

Além disto, o mesmo autor explica que é por este motivo que são adicionadas camadas à cobertura de concreto tanto com o objetivo de complementar seu desempenho, quanto para garantir a durabilidade dos materiais envolvidos e solucionar eventuais problemas construtivos. Por fim, Picchi (1986) atenta para o fato de que as variações em coberturas planas ou curvas implicam em diferentes métodos de fixação de impermeabilização.

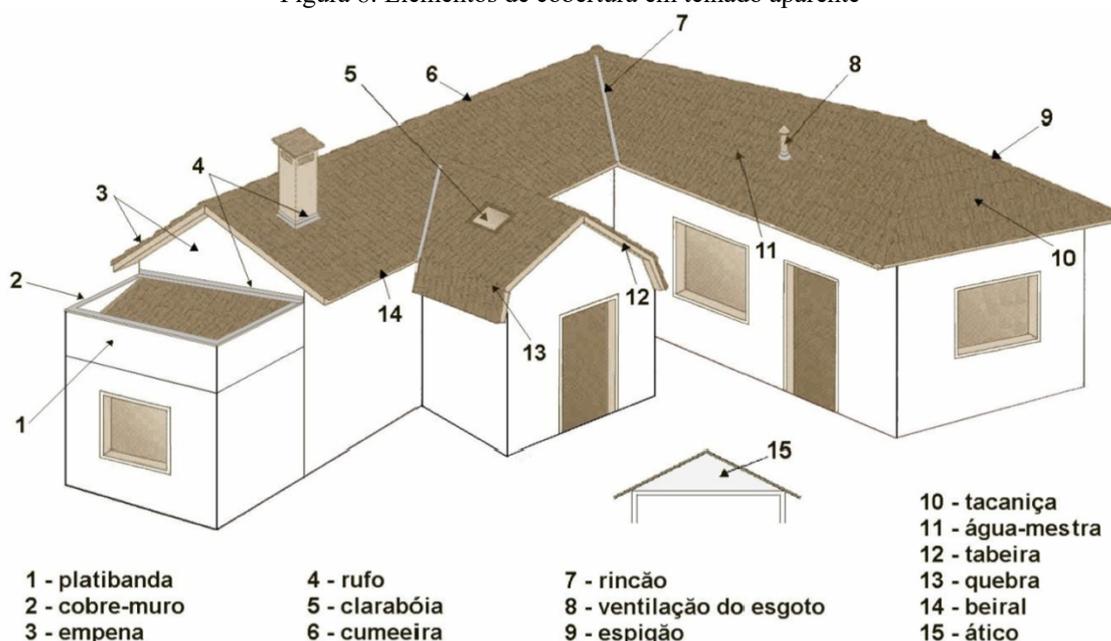
O telhado embutido é uma cobertura feita com telhas que não ficam aparentes, disposta de forma a ficarem obstruídas pela platibanda. Esse tipo de telhado representa uma economia em relação ao telhado exposto pois, embora faça uso de telhas, rufos, tesouras, terças e calhas, a estrutura necessária é menor.

Segundo Guerra *et al.* (2010), um sistema de cobertura em telha aparente é constituído por três partes:

- a) Estrutura principal ou de apoio: constituída geralmente por tesouras, oitões, pontaletes, vigas ou lajes, tendo a função de receber e distribuir as cargas do telhado para o restante da construção;
- b) Estrutura secundária ou trama: constituída geralmente por terças, caibros e ripas, tendo como função a sustentação das telhas;
- c) Estrutura do telhado: refere-se ao conjunto formado pelas estruturas principal e secundária.

A terminologia adotada quanto aos elementos de cobertura de telhado aparente estão presentes na figura 8.

Figura 8: Elementos de cobertura em telhado aparente



Fonte: ABNT (2013)

### 4.3 PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Tópico principal da NBR 9575 (ABNT, 2010), o tipo adequado de impermeabilização a ser empregada na obra é determinado pela solicitação que o fluido impõe nas partes construtivas que requeiram estanqueidade. Pieper (1992) afirma que é na fase de concepção do projeto arquitetônico que se deve analisar qual o sistema impermeabilizante mais adequado.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) pontua que o projeto de impermeabilização é obrigatório e sua responsabilidade é de competência do profissional habilitado. Nesse segundo, a Norma Regulamentadora 18, define o profissional habilitado como aquele

previamente qualificado e com registro no conselho de classe competente. Assim, não há consenso sobre a habilitação para conceber o projeto de impermeabilização.

Ischakewitsch (1996) complementa, pontuando que a participação do projetista de impermeabilização nas primeiras etapas do projeto arquitetônico envolve a adoção de medidas como:

- a) Posicionamento da camada de impermeabilização;
- b) Previsão de acabamentos e terminações que facilitem a manutenção futura;
- c) Compatibilização com os demais projetos da obra.

As etapas de formulação de um projeto de impermeabilização podem ser divididas em:

- a) Estudo preliminar
  - i. Relatório com a qualificação das áreas;
  - ii. Planilha com os tipos de impermeabilização aplicáveis em cada área
- b) Projeto básico de impermeabilização
  - i. Compatibilização entre todos os elementos construtivos
  - ii. Definição dos sistemas impermeabilizantes;
  - iii. Planilha de levantamento quantitativo;
  - iv. Estudo de desempenho;
  - v. Estimativa de custos.
- c) Projeto executivo de impermeabilização
  - i. Plantas de localização e detalhamento construtivo das impermeabilizações;
  - ii. Memorial descritivo com procedimentos de execução, descrevendo materiais e as camadas de impermeabilização.
- d) Serviços complementares
  - i. Metodologia para controle e inspeção dos serviços;
  - ii. Metodologia para controle e inspeção dos ensaios tecnológicos;
  - iii. Diretrizes para manual e uso, operação e manutenção

Em que pese a importância do projeto de impermeabilização, Cabral (1992) atesta que, na maioria dos casos, as construtoras só dedicam atenção à impermeabilização ao final da obra, gerando custos adicionais desnecessários. A partir disso, a improvisação gera um grande número de anomalias que serão desencadeadas no futuro próximo.

Indo além, Antonneli *et al.* (2002) arrematam que a falta de projeto de impermeabilização é responsável por 42% dos problemas patológicos, prejudicando tanto a execução como a fiscalização dos serviços.

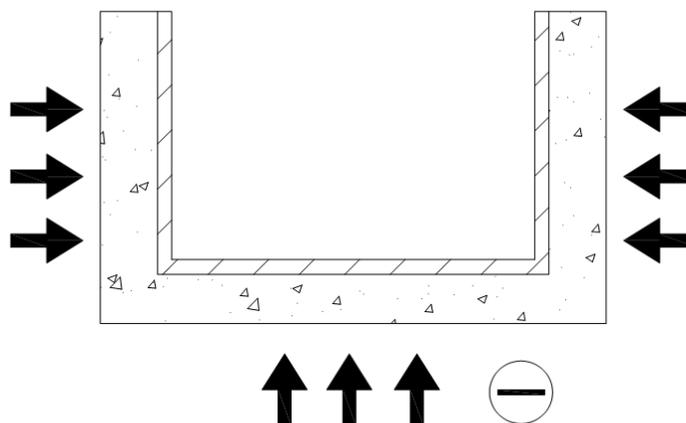
#### 4.4 ESCOLHA DA IMPERMEABILIZAÇÃO

A definição do sistema impermeabilizante a ser empregado depende da circunstância do uso. Souza e Melhado (1997) entendem como características preponderantes na escolha o atendimento aos requisitos de desempenho, a facilidade de execução, a capacitação da mão de obra, a produtividade, o método construtivo, a durabilidade e o custo, com este último devendo-se considerar o valor das demais camadas constituintes do sistema, assim como os gastos com manutenção.

No que concerne ao comportamento da água, Cunha e Neumann (1979) afirmam a necessidade de considerar:

- a) Água de percolação: atuante em terraços, coberturas e fachadas, onde há livre escoamento, mas sem pressão sobre os elementos da construção;
- b) Água de condensação: atuante pela condensação do ar atmosférico;
- c) Água sob pressão: atuante em subsolos, caixas d'água, piscinas, exercendo força hidrostática sobre a impermeabilização, podendo ser de dois tipos:
  - i) Água sob pressão negativa (figura 9): pressão hidrostática inversa à impermeabilização, penetrando a estrutura e forçando-a de modo a se desprender do produto impermeabilizante.

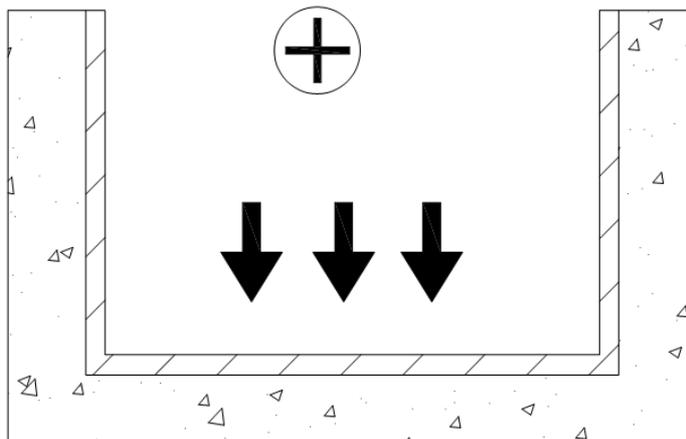
Figura 9: Pressão negativa atuando de forma inversa à impermeabilização



Fonte: Soares (2014)

- ii) Água sob pressão positiva (figura 10): exerce pressão hidrostática direta na impermeabilização, comprimindo a base sobre a qual está aplicada.

Figura 10: Pressão positiva de compressão da base



Fonte: Soares (2014)

- d) Umidade por capilaridade: atuante sobre os elementos das construções em contato direto com bases alagadas ou em solo úmido.

#### 4.5 TIPOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Os sistemas impermeabilizantes podem ser classificados das quatro formas descritas abaixo:

- a) Quanto à rigidez: grau de deformabilidade
- ii. Rígido: Não apresenta maleabilidade, sem acompanhar as movimentações estruturais, sendo empregado em situações de estabilidade.
  - iii. Flexível: Possui características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis em locais com tendência de movimento e fissuração, com presença de elastômeros e polímeros responsáveis por essa característica.
- b) Quanto à origem: local de fabricação
- i. Membranas: moldados *in loco*.
  - ii. Mantas: pré-fabricados.

- c) Quanto à aderência: grau de fixação
  - i. Aderido: Material onde há fixação total ao substrato.
  - ii. Semi-aderido: Parcialmente fixado, sendo fixado apenas nos chamados pontos críticos.
  - iii. Flutuante: Não há aderência ao substrato, sendo utilizado em estruturas com grande deformabilidade.
- d) Quanto ao material: principal constituinte
  - i. Cimentícios;
  - ii. Asfálticos;
  - iii. Poliméricos.

#### 4.5.1 Impermeabilização rígida

A NBR 9575 (ABNT, 2010, p. 5) define impermeabilização rígida como “o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis em partes construtivas não sujeitas à fissuração”. Os impermeabilizantes rígidos não trabalham junto com a estrutura, o que exclui áreas de trânsito ou que sofram grande dilatação térmica. Segundo Righi (2009) a impermeabilização rígida é composta de materiais que apresentam baixa porosidade e grande estanqueidade, porém pouco flexíveis.

##### 4.5.1.1 Misturas cimentícias e argamassas poliméricas

Segundo Silveira (2001), cimentos e argamassas poliméricos são materiais compostos de cimentos especiais e látex de polímeros aplicados na pintura sobre o substrato, formando uma película impermeável, de intensa aderência e que resiste tanto à pressão hidrostática positiva, quanto à negativa. Por isso, são muito usados em reservatórios enterrados, áreas frias, poços de elevador, rodapés e em elementos de fundação enterrados.

Embora seja classificado como rígido, Sayegh (2001) afirma que o produto acompanha de maneira satisfatória pequenas movimentações das estruturas, sendo classificados por suas fabricantes como semi-flexível, embora esta nomenclatura não esteja contemplada na NBR 9575 (ABNT, 2010). De acordo com o site da Viapol (2022), pode ser empregado na pintura de estruturas de concreto, alvenaria ou argamassa.

#### 4.5.1.2 Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo

Aditivos hidrófugos são aditivos impermeabilizantes de pega normal, que reagem com o cimento durante o processo de hidratação (DENVER, 2022). São compostos por sais metálicos e silicatos que visam diminuir a permeabilidade e absorção de água pelos poros capilares por meio do preenchimento de vazios nos capilares da pasta de cimento hidratado, tornando os concretos e argamassa impermeáveis (SIKA, 2008). É recomendado que sejam usados em conjunto com outro sistema impermeabilizante, sendo neste caso costumeiramente empregados com o aditivo cristalizante.

Sua principal vantagem é a facilidade de aplicação e alta durabilidade, pois é dissolvido na argamassa. No entanto, não é indicado para locais com intensa exposição solar onde possam ocorrer dilatações térmicas no substrato. Cunha e Neumann (1979) afirma que o aditivo hidrófugo deve ser aplicado que elementos não sujeitos a movimentações estruturais. Assim, a maior desvantagem fica por conta de necessidade de ser aplicado junto a outro sistema impermeabilizante que garante estanqueidade.

#### 4.5.1.3 Aditivos cristalizantes

Esse sistema consiste em argamassas cimentícias com aditivos químicos e adições minerais responsáveis por promover a cristalização no concreto e, conseqüentemente, impermeabilizar a estrutura. Isso ocorre porque esses materiais possuem a propriedade de penetração osmótica nos capilares da estrutura, formando um gel cristalizante, incorporando ao concreto compostos de cálcio estáveis e insolúveis (DENVER, 2022).

Silveira (2001) afirma que há dois tipos de cristalizantes bastante disseminados, sobretudo no meio industrial. No primeiro deles, em cimentos cristalizantes, a aplicação se dá sob a forma de pintura em superfícies de concreto, argamassa ou alvenaria, desde que previamente saturadas com água. Já no segundo tipo, são os próprios cristalizantes líquidos à base de silicato que são injetados por efeito de cristalização, diminuindo a porosidade de tijolos maciços, bloqueando a umidade ascendente.

Este impermeabilizante pode ser utilizado em estruturas sem movimentação e sujeitas à infiltração pelo lençol freático, como reservatórios enterrados, subsolos, lajes, e pisos frios em contato direto com o solo, além de atuar como sistema auxiliar. A desvantagem fica por conta da baixa proteção da camada impermeabilizante,

necessitando de cuidados na aplicação do produto e na utilização do sistema, pois este fica aparente (VIAPOL, 2022).

#### 4.5.1.4 Cimentos impermeabilizantes de pega ultra rápida (CIPUR)

Trata-se de solução aquosa de silicato modificado, que ao ser misturado com a água e o cimento transforma-se em hidrosilicato, tendo como principais características a insolubilidade em água ao preencher os poros da argamassa. É usado como aditivo líquido de pega ultra-rápida em pastas de cimento, com o início da pega ocorrendo entre 10 e 15 segundos e o fim entre 20 e 30 segundos (SIKA, 2008).

Denver (2022) indica o uso do produto para fechamento de infiltrações e água sob pressão em solos, poços de elevadores, cortinas, galerias e demais estruturas submetidas à infiltração por lençol freático, frisando que se trata de uma solução temporária, onde a vida útil do sistema é estendida, ganhando tempo até que a impermeabilização definitiva seja efetuada.

#### 4.5.2 Impermeabilização flexível

A NBR 9575 (ABNT, 2010, p. 5) define impermeabilização flexível como “o conjunto formado por materiais e produtos aplicáveis às partes construtivas sujeitas à fissuração, sendo empregada em estruturas propícias à movimentação”. Divide-se em dois tipos, as moldadas no local e chamadas de membranas, ou as pré-fabricadas e chamadas de mantas.

Segundo Cichinelli (2004), as membranas exigem rígido controle de espessura e da quantidade do produto aplicado por metro quadrado, sendo esta uma falha de ocorrência comum diante da difícil visualização. Diante da necessidade de tal controle tecnológico, em muitos casos, dar-se-á a preferência pelos sistemas pré-fabricados, pois a qualidade da impermeabilização em sistema de membranas, depende de sobremaneira do teor do produto e da execução.

Por outro lado, as membranas apresentam a vantagem de não possuírem emendas, que são pontos comuns de falha, fator que tende a prevalecer em áreas muito recortadas e irregulares.

Os produtos usualmente empregados neste sistema são feitos à base de polímeros e elastômeros e são empregados em terraços, lajes maciças, piscinas suspensas,

reservatórios superiores, varandas, coberturas, jardins, espelhos d'água e pisos de áreas molhadas.

#### 4.5.2.1 Emulsão acrílica

Também chamada de resina acrílica, a NBR 13.321 (ABNT, 2008, p. 2) define sistemas acrílicos como “o resultado da emulsão de polímeros termoplásticos em água, a serem aplicados em áreas externas e expostas, formando uma superfície protetora contra ataques da umidade e infiltração”.

Apesar de ter um elevado índice de elasticidade, possui baixíssima resistência mecânica, não sendo possível colocar piso ou contra piso sobre ele. Assim, é indicada para áreas onde não há necessidade de outros revestimentos, sendo ela mesma o produto final. Possui como principais vantagens a versatilidade e o baixo custo, tendo na contrapartida a baixa durabilidade, requerendo reaplicação periódica.

#### 4.5.2.2 Manta asfáltica

A NBR 9952 (ABNT, 2014, p. 2) define esse sistema como “um produto composto predominantemente por asfalto, com a adição de polímeros, reforçado com armadura e obtido por calandragem, extensão ou processos com características definidas”. Assim, o asfalto modificado presente na composição da manta é o responsável pelas propriedades impermeabilizantes, com o desempenho estando em função do tipo de estruturante empregado.

Os principais responsáveis pelo destaque deste sistema impermeabilizante estão na sua durabilidade e custo. Isso porque, Gonçalves et. al (2019), ao estudar o custo do ciclo de vida – valor obtido pela soma do custo de aplicação mais as manutenções ao longo da vida útil do sistema - de diversos materiais aplicados na impermeabilização de lajes de cobertura planas, concluiu que a manta asfáltica possuía a melhor relação de custo do ciclo de vida.

Ainda na NBR 9952 (ABNT, 2014), as mantas asfálticas são categorizadas de três formas. A primeira delas é de acordo com o tipo de asfalto utilizado:

- Elastoméricas: adição de elastômeros;
- Plastoméricas: adição de plastômeros;
- Oxidado: adição de mistura genérica de polímeros.

A segunda forma é de acordo com o estruturante interno:

- Glass: véu de fibra de vidro;
- Poliéster: tela ou não-tecido de filamentos de poliéster;
- Polietileno: filme de polietileno de alta resistência.

A terceira e última é quanto ao acabamento aplicado na superfície:

- Granular;
- Metálico;
- Antiaderente.

Mello (2005) cita como principais vantagens das mantas asfálticas:

- Espessura constante;
- Facilidade no controle e fiscalização;
- Aplicação única;
- Baixo tempo de aplicação;

Entre os revezes, estão o fato de não resistir à pressão hidrostática negativa e a impossibilidade de ficar exposta a intempéries. Pereira (1995) complementa, denotando que a devida aderência entre a manta e o substrato é fundamental para evitar bolhas e problemas que comprometam o desempenho do sistema. Além disso, também frisa que os principais pontos críticos estão nas emendas, requisitando de uma sobreposição de 10 cm entre as mantas.

#### 4.5.2.3 Membrana asfáltica

Segundo a NBR 13.724 (ABNT, 1996), a membrana asfáltica deriva do cimento asfáltico de petróleo (CAP) e é um dos sistemas impermeabilizantes mais antigos. Atua formando uma membrana sobre o substrato, sendo indicada para combater a água de

percolação, água de condensação e umidade ascensional, sendo também empregada em contrapisos que irão receber pisos de madeira.

Podem ser aplicados tanto a frio como a quente. Segundo Lwart (2009), a frio, assemelha-se a uma pintura, executada com trincha, rolo ou escova em substrato seco. A quente, requer mão de obra especializada, pois é necessário o uso de caldeira.

Moraes (2002) alerta para o cuidado na aplicação em áreas de pouca ventilação quando se utilizam produtos a quente tanto no tocante tanto à manipulação quanto no risco ao fogo.

#### 4.5.2.4 Membrana polimérica modificada com cimento

Consiste em um revestimento impermeabilizante, flexível, bicomponente à base de resinas termoplásticas e cimentos com aditivos e possibilidade de incorporação de fibras sintéticas de polipropileno, aumentando sua flexibilidade. Esta composição resulta em características de resistência às pressões hidrostáticas positivas, fácil aplicação com trincha ou vassoura de pelo, não alterar a potabilidade da água e suporte às movimentações e fissuras (DENVER, 2022).

Dessa forma, seu uso é indicado para torres de água e reservatórios de água potável apoiados em estruturas de concreto armado. Atualmente, não há uma NBR específica para esse tipo de impermeabilizante, atendendo apenas à normalização nacional da NBR 9575 (ABNT, 2010) e da NBR 12.170 (ABNT, 2017).

## 4.6 ETAPAS SUCESSORAS DO PROCESSO IMPERMEABILIZANTE

Feita a aplicação do produto impermeabilizante, são executados os serviços de proteção da impermeabilização, descritos abaixo.

### 4.6.1 Camada de proteção térmica

Todas as estruturas sofrem efeitos das dilatações e contrações térmicas, variando em função do coeficiente de dilatação térmica do material. Tais movimentações podem causar fissuras que geram prejuízos ao sistema impermeabilizante da cobertura, com presença de infiltrações que deterioram a estrutura.

Cunha (1979) frisa que para minimizar os efeitos das dilatações, para além do isolamento térmico da laje da cobertura, é preciso optar por elementos construtivos com o menor comprimento possível entre as juntas de dilatação, evitando confinar elementos da construção entre perímetros rígidos, que são pontos de acúmulo de tensões.

Para Picchi (1986), a isolação térmica na cobertura atende às funções de conforto, economia de energia e estabilidade estrutural, implicando no aumento da vida útil dos demais componentes da edificação. Na época deste trabalho, a camada isolante era composta de materiais com grande capacidade de absorção de água, mas com capacidade resistente diminuída com a presença de umidade. Assim, era comum que o isolamento térmico precedesse a impermeabilização.

#### 4.6.2 Camada de proteção mecânica

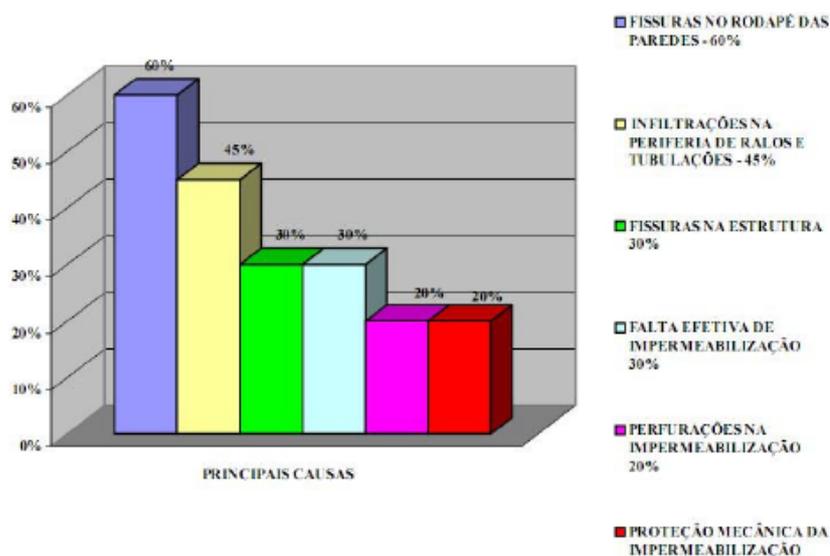
No tocante à proteção mecânica, Cruz (2003) afirma que há quatro tipos de sistemas:

- a) Sistemas que dispensam a proteção: possuem acabamento superficial incorporado na fabricação e devem possuir características que retardem o envelhecimento impermeabilizante por ação de intempéries, de agentes poluentes ou raios ultravioletas e somente devem ser utilizados em locais com trânsito eventual de pessoas.
- b) Sistemas que solicitam proteção intermediária: servem como meio de distribuição dos esforços e amortecimento das cargas na impermeabilização, vindas das proteções finais ou do sistema de pisos.
- c) Sistemas que solicitam proteção para solicitações normais: servem como meio para distribuir os carregamentos normais atuantes na impermeabilização, demandando resistência mecânica compatível com as solicitações previstas.
- d) Sistemas que solicitam proteção para superfícies verticais: servem como proteção ao impacto, intemperismo e abrasão, atuando como camada intermediária para os revestimentos de acabamento.

#### 4.7 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS POR ERROS NAS IMPERMEABILIZAÇÃO

A figura 11 mostra o percentual de incidência das principais causas de infiltração em uma edificação, elencando falta de impermeabilização em 30% dos casos e problemas de perfuração no sistema impermeabilizante ou na proteção mecânica na ordem de 20%.

Figura 11: Principais causas de infiltrações em edificações



Fonte: Antonelli (2002)

Martins (2006) cita uma pesquisa feita por uma seguradora francesa que analisou dez mil situações de deficiências construtivas, visualizadas na figura 12.

Figura 12: Principais situações de sinistro em edificações



Fonte: Martins (2006)

Assim, tem-se uma divisão clara em quatro etapas: projeto, execução inadequada, utilização indevida e materiais inadequados.

#### 4.7.1 Anomalias devido à ausência de projeto

Siqueira Filho (1991) afirma que cerca de 90% das obras não têm projeto de impermeabilização e os serviços são executados de maneira empírica, preferindo-se o menor custo à qualidade do serviço. O mesmo autor lista os principais problemas gerados pela ausência de projeto de impermeabilização:

- Retrabalho em instalações hidrossanitárias;
- Enchimentos desnecessários;
- Mudança no dimensionamento final dos acabamentos;
- Custos com manutenções adicionais na impermeabilização.

#### 4.7.2 Anomalias devido à execução

Godoy e Barros (1997) realçam que os principais problemas ocorridos durante a execução dos serviços são:

- Ausência da argamassa de regularização;
- Não arredondamento de cantos e arestas;
- Execução de impermeabilização sobre a base úmida ou empoeirada;
- Juntas travadas em cantos cortantes;
- Falhas em emendas;
- Perfuração das mantas e/ou membranas pela na execução.

Na descrição dos itens requeridos ao aplicador da impermeabilização, a NBR 9574 (ABNT, 2008) lista o memorial descritivo e desenhos com detalhamentos da aplicação da impermeabilização. Todavia, como já dito, é comum que não haja projetos. Assim, por iteratividade, os erros em execução são aumentados.

#### 4.7.3 Anomalias devido à má utilização e manutenção

Cantu (1986) destaca os pontos de atenção principais no que diz respeito à utilização e manutenção:

- Colocação de peso excessivo sobre a impermeabilização;
- Perfuração da impermeabilização com instalação de antenas e varais;
- Danos causados pela troca de piso;

- Instalação de floreiras na cobertura para possibilitar a penetração de água por cima do rodapé impermeabilizados;
- Colocação de camada de brita sobre cobertura, para efeito de correção térmica, sem considerar o efeito à sobrecarga da laje.

Segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), o proprietário do imóvel deve receber um manual técnico de utilização e manutenção referentes às áreas impermeabilizadas, contendo todas as informações e orientações para a melhor utilização e preservação do sistema, incluindo:

- Descrição de cada impermeabilização utilizada;
- Cuidados na utilização;
- Programa de manutenção preventiva;
- Relação de fornecedores;
- Garantia.

Do lado do usuário do imóvel, é requerido:

- Executar inspeções periódicas;
- Executar limpeza em ralos e reservatórios;
- Executar reparos em vazamentos de tubulações;
- Evitar o entupimento do sistema de drenagem.

#### 4.7.4 Anomalias devido à qualidade dos materiais

Os problemas decorrentes dos materiais estão relacionados com a não normatização, com propriedades inadequadas, ausência de controle de qualidade e adulteração pelo fornecedor e/ou aplicador. Tais fatores geram consequências graves, com danos à construção, de ordem estética, funcional e estrutural, à saúde dos usuários, aos bens internos e ações judiciais (PICCHI, 1986 *apud* RIGHI 2009).

## 4.8 DETALHES CONSTRUTIVOS

Cuidados prévios ao processo impermeabilizante devem ser tomados de maneira a não ocorrer vazamentos futuros. Tais detalhes são de suma importância no processo pois a maior parte dos problemas com impermeabilização ocorre no encontro com ralos, em juntas de dilatação, mudança de planos, pingadeiras e chumbamentos. Ademais, o

autor afirma que são esses detalhes que garantem a estanqueidade dos pontos críticos e singulares de cada construção. (PICCHI, 1986 *apud* RIGHI 2009).

#### 4.8.1 Regularização e caimento

Para superfícies de concreto, Silveira (2001) recomenda que, após todas as falhas de concretagem serem detectadas, tais locais sejam abertos até se obter concreto firme e homogêneo, executando-se o corte das pontes de ferro sem função estrutural e recompondo estas áreas com argamassa de cimento e areia no traço 1:3.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) afirma que se deve executar a regularização das superfícies com argamassa desempenada de cimento e areia, mediante caimento mínimo de 1% em direção aos ralos. Além disso, é preciso arredondar ou chanfrar arestas, permitindo o ajustamento contínuo do sistema impermeabilizante, sem dobra de ângulo, tubulações emergentes ou ralos mal executados. Dessa forma, a execução dos arremates é facilitada.

Cichineli (2004) faz um alerta importante sobre a umidade do substrato. Para produtos de base solvente, o substrato deve estar totalmente seco. Por sua vez, para produtos emulsivos, à base de água, o substrato pode ser úmido, desde que não haja pressão de água atrás da superfície de contato, o que ocasionaria descolamento. O mesmo autor conclui ao afirmar que, além do exposto acima, o substrato deverá estar limpo e isento de quaisquer óleos, tintas, pastas de cimento e materiais que interfiram na aderência.

#### 4.8.2 Ralo

A NBR 9575 (ABNT, 2010) aponta que os coletores devem possuir diâmetro que garanta a manutenção nominal dos tubos prevista no projeto hidrossanitário após a execução da impermeabilização. Assim, embora o diâmetro mínimo apontado pela norma seja de 75 mm, é comum que coletores de diâmetro maior sejam usados. Isso porque, na medida em que as mantas adentram os coletores, há perda de diâmetro nominal.

Abatte (2003) afirma que alguns sistemas requerem ralos de diâmetro de pelo menos 100 mm e que os ralos estejam suficientemente afastados de paredes e elementos verticais para permitir o manuseio dos produtos durante a execução do arremate.

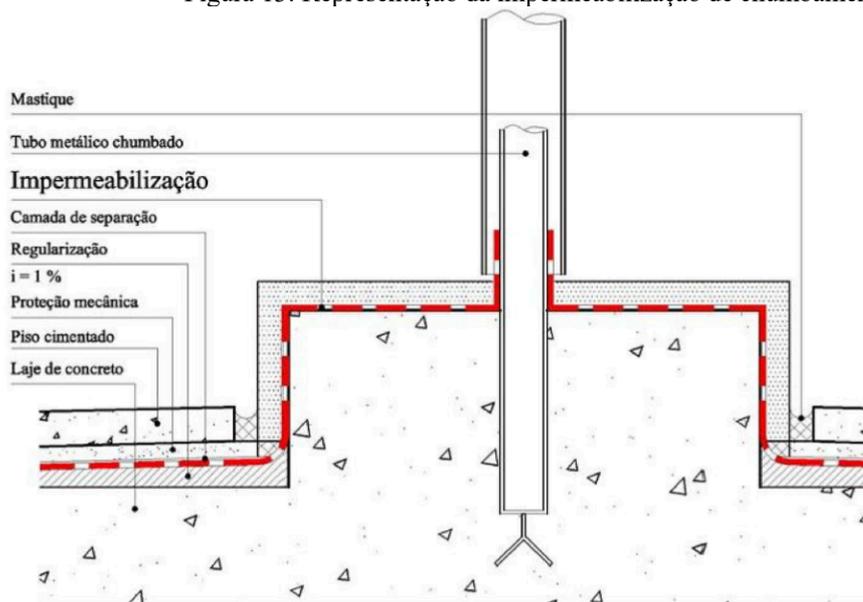
Soares (2014) aponta que a execução da camada impermeabilizantes antes do coletor de ralo é um erro executivo muito comum, implicando no fluido passar entre o coletor e a camada impermeabilizante, gerando uma manifestação patológica no futuro.

#### 4.8.3 Chumbamento

A NBR 9575 (ABNT, 2010) estabelece que toda instalação que necessite de fixação na sua estrutura, ou em toda a tubulação que atravesse a impermeabilização, devem possuir detalhes específicos de arremate e reforços na impermeabilização. Righi (2003) pontua que a fixação ocorra antes da impermeabilização, para não causar interferência na execução, permitindo o arremate da impermeabilização a uma altura superior a 20 cm.

Na figura 13, apresenta-se a representação gráfica de como ocorre a impermeabilização do chumbamento.

Figura 13: Representação da impermeabilização de chumbamento



Fonte: Cruz (2003)

#### 4.8.4 Pingadeira

As pingadeiras têm por finalidade impedir o escoamento da água nos parâmetros verticais, evitando que ela penetre no arremate da impermeabilização. Para tal, devem ser previstos, nos locais requeridos, muretas, platibandas e parapeitos, cabendo ao projetista definir os tipos a serem adotados.

Soares (2014) afirma que para que as pingadeiras executem o seu papel adequadamente, deve possuir friso e inclinação entre 2 a 5%. Adicionalmente, ele salienta a importância do avanço lateral do peitoril para janelas de fachada, de forma que o fluxo de água não danifique as laterais inferiores do vão. Assim, indica-se que o peitoril avance ao menos 25 mm de cada lado.

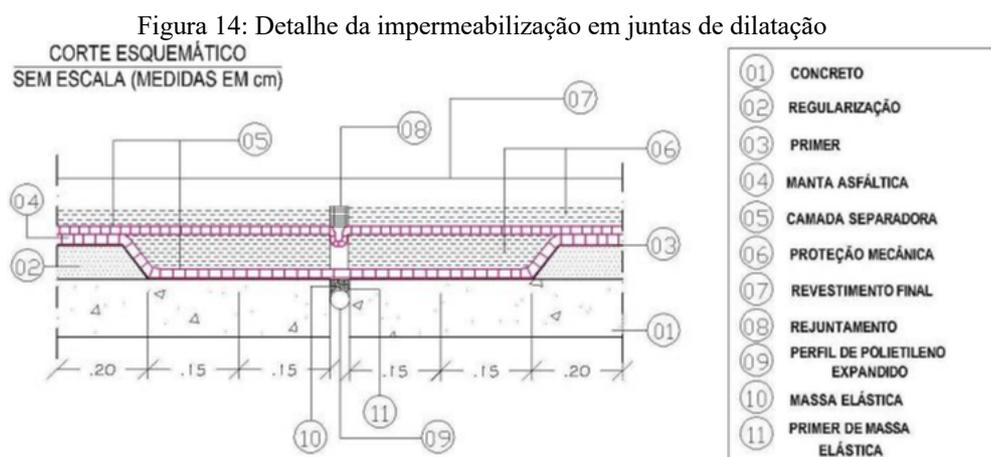
#### 4.8.5 Junta de dilatação

Soarez (2014) define a junta de dilatação como uma separação entre duas partes de uma estrutura, permitindo que os dois elementos possam expandir-se e contrair-se sem que haja transmissão de esforços entre eles. A falha, ou ausência de vedação adequada dessa junta fará com que se crie um ponto de maior possibilidade de infiltrações.

Righi (2009) observa que o espaço das juntas deve ser devidamente ventilado sem prejudicar a liberdade de movimentação, e para tal, é importante que isso seja pensado no momento de construção da junta.

A NBR 9575 (ABNT, 2010) afirma que as juntas de dilatação devem ser divisoras de água, com cotas mais elevadas no nivelamento do caimento. A norma também prevê que nas juntas de dilatação, haverá tratamento específico compatível aos reforços atuantes e materiais empregados na impermeabilização.

Na figura 14 é apresentado o detalhamento da impermeabilização nas juntas de dilatação.



Fonte: Denver (2022)

## 5. METODOLOGIA

O trabalho teve início com a revisão bibliográfica sobre os aspectos que abrangem os sistemas de impermeabilização, pontuando sua representatividade frente aos problemas de ordem patológica presentes em muitas construções habitacionais. Assim, fez-se uma síntese sobre os elementos constituintes de um sistema impermeabilizante, seus tipos e usos e requisitos normativos.

Para além disso, abrangeu-se todo o processo diagnóstico preconizado pela patologia das construções. Na sequência, explanou-se os prejuízos que a ausência de projeto, má execução, baixa qualidade dos materiais e má utilização e manutenção geram sobre as construções.

Para embasamento deste trabalho, foi escolhido o método das entrevistas por levantamento amostral, em que um grupo amostral foi selecionado, em termos estatísticos, como representante do meio. Isso porque, segundo Robert Yin (2015), o levantamento é um método de obtenção de dados adequado para explicar questões contemporâneas inseridas em um contexto real.

Assim, fez-se um conjunto predeterminado de questões para todos os respondentes com respostas autodeclaradas. Dessa maneira, foi possível comparar as respostas com o preconizado pelo meio técnico especializado.

Uma vez terminada a coleta de dados com projetistas, construtoras e aplicadoras em Maceió sobre os problemas e cuidados na impermeabilização do sistema de cobertura, teve início a análise dos resultados.

Feito isso, o objetivo do trabalho consistiu no levantamento dos principais problemas relacionados à impermeabilização de sistemas de cobertura. Tal levantamento foi realizado por meio de informações coletadas junto ao meio técnico envolvido no processo, divididos em três grupos: projetistas, construtoras e empresas prestadoras de serviços de impermeabilização (aplicadoras).

A população alvo foi composta por empresas atuantes em Maceió e que tem foco de atuação no segmento de casas de alto padrão imobiliário. Para os projetistas, foram selecionadas 12 empresas; para as construtoras, 15 empresas; e para as aplicadoras, 10 empresas.

O tipo de cobertura mais usual foi o da laje exposta sem telhado e os três sistemas impermeabilizante empregados foram: manta asfáltica, manta líquida e pintura impermeabilizante.

Os dados obtidos por meio de questionários específicos para cada um dos três grupos estão presentes nos Apêndices A, B e C. Para isso, os questionários foram realizados por meio de ligação telefônica. Por fim, pontua-se que o questionário foi composto de perguntas estruturadas, visando tratamento equânime para os entrevistados.

Para os projetistas, o questionário conteve 6 questões.

Para as construtoras, o questionário conteve 6 questões.

Para as aplicadoras, o questionário conteve 9 questões.

## 6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

De posse de todos os insumos para estudo, neste capítulo serão apresentados os resultados e feitas as devidas análises.

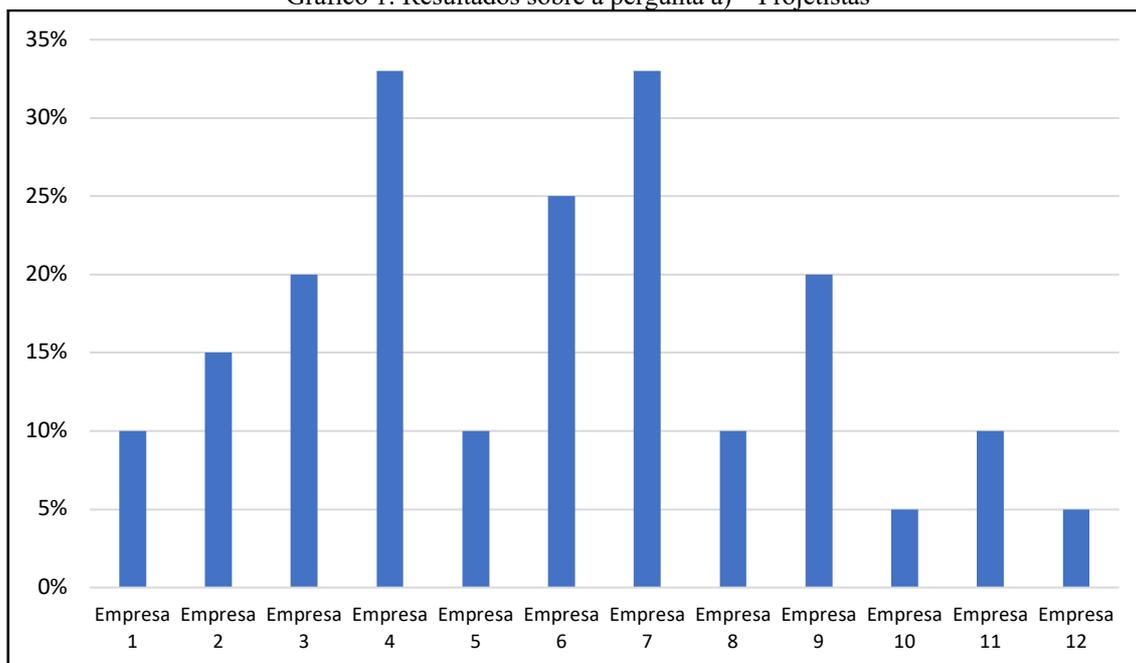
### 6.1 RESULTADOS DOS PROJETISTAS

Neste subitem são apresentadas as perguntas e os dados referentes às respostas obtidas em entrevistas com os projetistas e os respectivos questionamentos, conforme consta no Apêndice A.

- a) Com qual frequência as construtoras solicitam o projeto de impermeabilização?

No gráfico 1 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Gráfico 1: Resultados sobre a pergunta a) – Projetistas



Fonte: Autor (2023)

Do gráfico, chama a atenção a baixa solicitação média do projeto de impermeabilização pelo contratante, de apenas 16%. Esta baixa frequência aponta para um quadro alarmante em que há pouca importância atribuída para esse tipo de projeto. Infelizmente, tal resultado é compatível com o trabalho de Siqueira Filho (1991), em que cerca de 90% das obras estudadas não possuíam serviço de impermeabilização.

Há de se pontuar que os escritórios de arquitetura consultados atendem majoritariamente casas de alto padrão. Para outros padrões construtivos, os resultados

podem variar. Isso porque, as implicações decorrentes da ausência de um projeto de impermeabilização aumentam quanto maior o grau de complexidade construtiva.

- b) Durante o dimensionamento da cobertura, são feitas considerações especiais para diminuir movimentações térmicas e estruturais?

Na tabela 1 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 1: Resultados sobre a pergunta b) - Projetistas

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Sim</b>	10	83,3
<b>Não</b>	2	16,7
<b>Total</b>	12	100

Fonte: Autor (2023)

As considerações especiais no dimensionamento, sobretudo de terraços e lajes expostas são importantes para auxiliar o sistema de impermeabilização. No entanto, 16,7% dos entrevistados não adotam nenhum cuidado especial. O pequeno percentual de negativas aponta para um quadro em que se reconhece a importância das considerações especiais.

Nota-se que tais recomendações estão contidas na NBR 9575 (ABNT, 2010), onde, vertendo-se ao projeto, é salientada a importância de se prever o tipo, finalidade e deformação prevista da estrutura, bem como o posicionamento das juntas de dilatação.

- c) Os projetos de lajes de cobertura consideram o uso de isolamento térmico?

Na tabela 2 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 2: Resultados sobre a pergunta c) - Projetistas

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Sim</b>	8	66,7
<b>Não</b>	4	33,3
<b>Total</b>	12	100

Fonte: Autor (2023)

Como foi visto, a NBR 9575 descreve a competência do projeto de impermeabilização apenas em termos de profissional habilitado. Assim, esse projeto poderia ser feito tanto por um arquiteto ou engenheiro civil.

Embora a responsabilidade pelo projeto arquitetônico não seja de competência exclusiva do arquiteto, em todos os escritórios consultados, este era o profissional responsável. Assim, como é nesse projeto que se delimitam as características de

ventilação, drenagem e estanqueidade das superfícies, a definição pelo uso ou não do isolamento térmico, é atribuição do arquiteto, com a mensuração da carga adicional devidamente compatibilizada pelo projetista estrutural.

Por meio do isolante térmico, há incremento na durabilidade da impermeabilização, pela redução das movimentações de origem térmica. Ainda assim, um terço dos entrevistados não consideram o uso de isolamento térmico ao projetar o sistema de impermeabilização.

- d) As normas brasileiras de impermeabilização e desempenho da construção, estão adequadas à nossa realidade?

Na tabela 3 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 3: Resultados sobre a pergunta d) - Projetistas

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Sim</b>	3	25
<b>Não</b>	9	75
<b>Total</b>	12	100

Fonte: Autor (2023)

Ao assinalar que as normas de impermeabilização brasileiras são inadequadas, os escritórios criticaram a brevidade destas. Ainda assim, surpreende o fato de 75% dos entrevistados terem respondido que as normas brasileiras estão inadequadas à nossa realidade. Isso porque, existem normas editadas pela ABNT sobre impermeabilização há décadas, e desde 1975, o IBI atua na difusão e debate das normas de impermeabilização.

- e) Em caso negativo, o que seria recomendável modificar?

Na tabela 4, são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 4: Resultados sobre a pergunta e) - Projetistas

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Variações climáticas</b>	5	41,7
<b>Descrever melhor</b>	5	41,7
<b>Sem sugestões</b>	2	16,6
<b>Total</b>	12	100

Fonte: Autor (2023)

Para 41,7% dos entrevistados, as normas falham ao não considerar o efeito deletério das variações climáticas regionais sobre uma edificação. No entanto, ao analisar as condições que levam a vazamentos em telhados, Talib *et al.* (2015) afirmam que há pouca diferença entre as causas típicas que levam uma edificação a apresentar esse tipo de problema tanto para o caso do Reino Unido quanto no caso da Malásia. Segundo o grupo de pesquisadores, isso é especialmente notável visto que os dois países possuem climas diferentes, com variações de temperatura e umidade díspares.

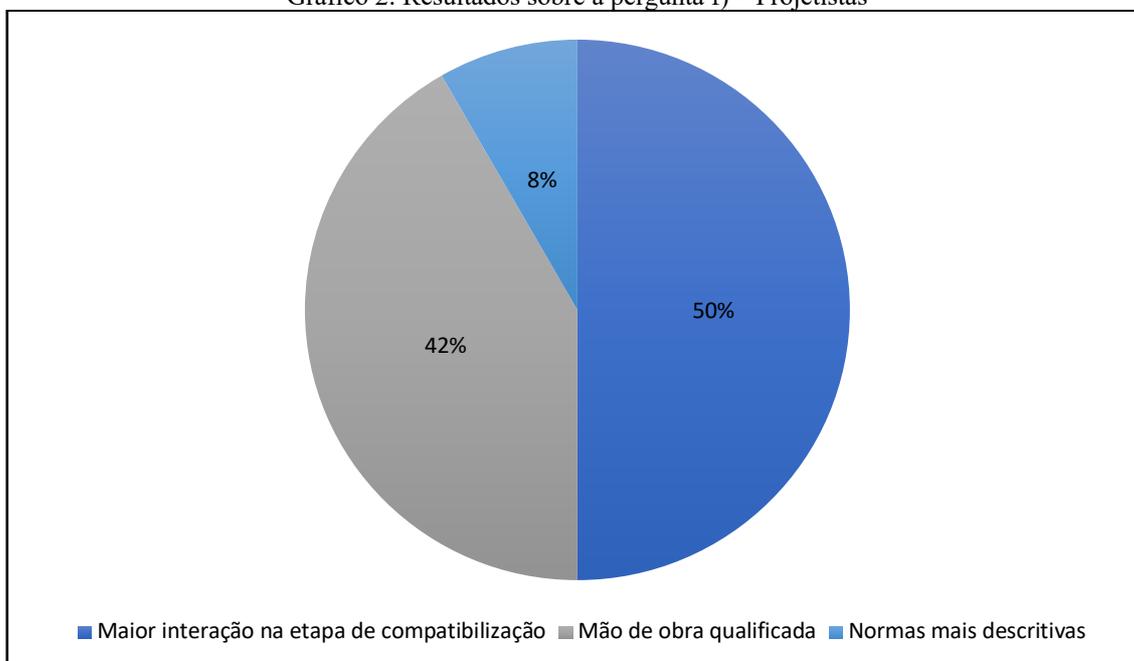
Para outros 41,7% dos entrevistados, as normas pecam pela falta de descrição dos procedimentos e atividades requeridas. Todavia, as normas publicadas pela ABNT possuem caráter unicamente instrutivos, relativo a bocas práticas consolidadas no meio científico.

Mediante as respostas, notou-se um certo desconhecimento com relação à natureza e ao conteúdo próprio das normas, pois, como visto acima, as duas principais respostas estão em desacordo com a realidade.

- f) Poderia indicar uma sugestão para aprimorar a qualidade geral das impermeabilizações nas coberturas?

No gráfico 2 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Gráfico 2: Resultados sobre a pergunta f) – Projetistas



Fonte: Autor (2023)

Para metade dos entrevistados, a interação entre os projetistas na fase de concepção do projeto é de fundamental importância para uma impermeabilização bem sucedida. Esta afirmação é importante porque corrobora com a literatura especializada de que a interação entre os profissionais responsáveis pelo sistema de cobertura, indo desde o projeto até a execução, resulta na qualidade da estanqueidade à água.

Para outros 41,7%, o maior problema reside na falta de qualificação da mão de obra. Disso, entende-se uma nítida insatisfação com qualidade a mão de obra empregada nos serviços de impermeabilização. Tal fato merece destaque pois muitos erros derivados de má execução estão em detalhes como falhas em emendas, perfuração da manta, execução da impermeabilização sob substrato sujo ou úmido, entre outros.

## 6.2 RESULTADOS DAS CONSTRUTORAS

Neste subitem são apresentadas as perguntas e os dados referentes às respostas obtidas em entrevistas com as construtoras e os respectivos questionamentos, conforme consta no Apêndice B.

a) Nas obras executadas pela construtora, há projeto de impermeabilização?

Na tabela 5 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 5: Resultados sobre a pergunta a) - Construtoras

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Sim</b>	4	26,7
<b>Não</b>	11	73,3
<b>Total</b>	15	100

Fonte: Autor (2023)

O alto índice de respostas negativas (73,3%) indica que muitas obras estão sujeitas a improvisações e deficiência no desempenho, fruto da falta de planejamento. Tal incidência vai de encontro ao estabelecido pela NBR 9575 (ABNT, 2010) que trata sobre a obrigatoriedade do projeto de impermeabilização e seus elementos constitutivos.

Embora não se possa atribuir poder legal a uma norma ABNT, elas podem se tornar obrigatórias por força de lei por meio de resoluções específicas, para os três âmbitos federativos. Assim, trata-se de uma obrigação ética dos construtores de seguir o regramento normativo, pois o ato deliberado de não as cumprir é uma presunção de irregularidade.

- b) Em caso positivo, em que momento da obra o projeto de impermeabilização é solicitado?

Na tabela 6, são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 6: Resultados sobre a pergunta b) - Construtoras

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Compatibilização</b>	5	33,3
<b>Junto ao projeto estrutural</b>	8	53,4
<b>Na contratação da aplicadora</b>	2	12,3
<b>Total</b>	15	100

Fonte: Autor (2023)

Em apenas um terço dos casos, a concepção do projeto de impermeabilização é solicitada no momento adequado. Tal resultado defronta o disposto na NBR 10.844 (ABNT, 1989), que prega a compatibilização, no projeto arquitetônico, dos sistemas impermeabilizantes envolvidos. Contudo, é importante ressaltar que as correções no projeto de impermeabilização durante a concepção do projeto estrutural são bem menos custosas do que se fossem feitas no canteiro.

A contratação do projeto de impermeabilização simultâneo com a aplicadora resulta em diversos problemas, notadamente: desníveis, encaixe de soleiras e caimentos para coletoras.

- c) Quem costuma ser o responsável pela execução da impermeabilização?

Na tabela 7, são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 7: Resultados sobre a pergunta c) - Construtoras

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Mão de obra própria</b>	4	26,7
<b>Empresa terceirizada</b>	11	73,3
<b>Total</b>	15	100

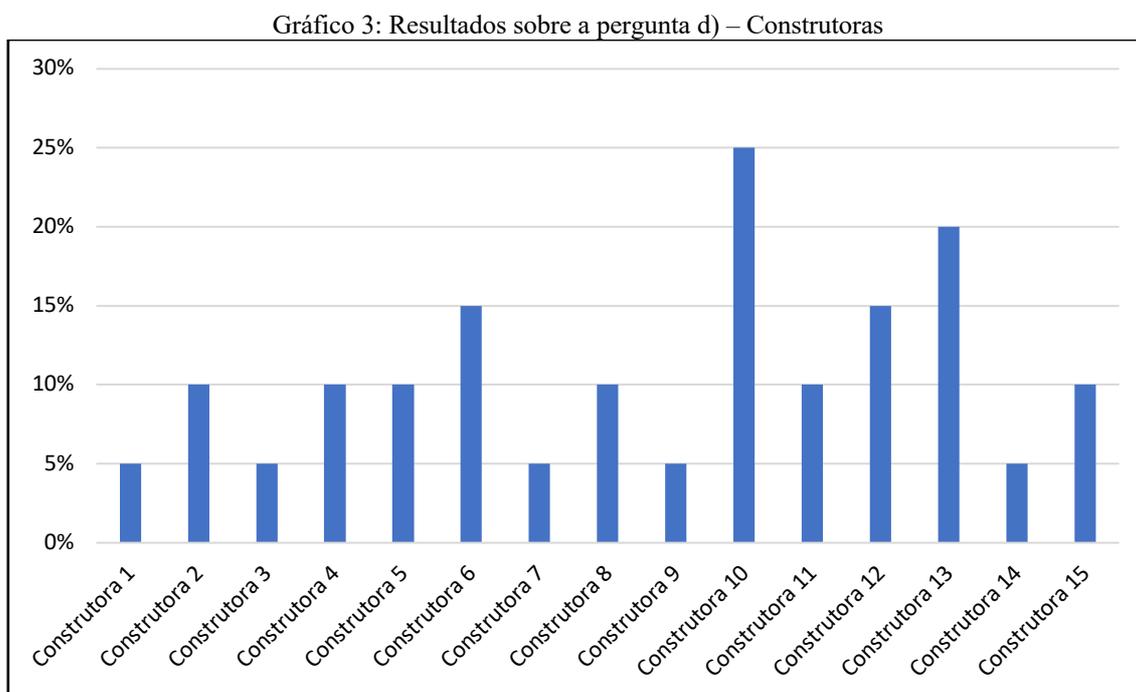
Fonte: Autor (2023)

Não há nenhum impeditivo para a execução da impermeabilização por funcionários da própria obra. Porém, é preciso que a equipe técnica envolvida esteja devidamente capacitada para tal. Assim, os dois argumentos preponderantes para se

utilizar a terceirização nessa etapa da obra foram: a dificuldade de se encontrar funcionários capacitados no mercado e o alto custo envolvido na capacitação interna.

- d) Com qual frequência ocorrem problemas na impermeabilização do sistema de cobertura?

No gráfico 3 são exibidas as respostas à pergunta acima.



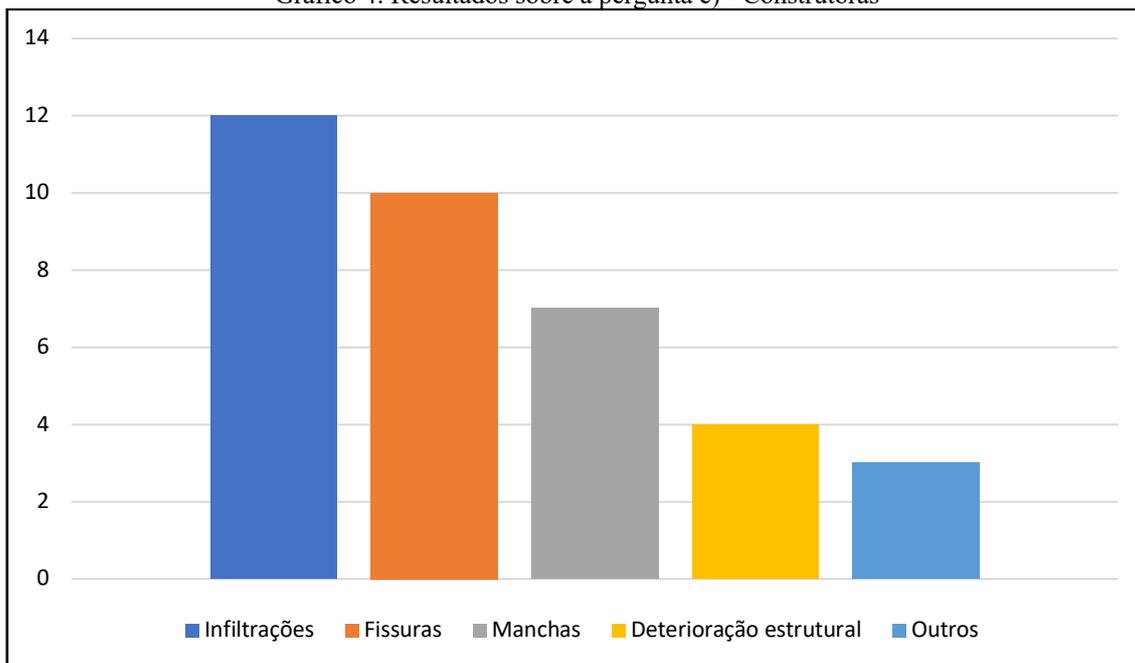
Fonte: Autor (2023)

Os dados acima demonstram um baixo índice de reclamações dos usuários finais para as construtoras no quesito impermeabilização da coberta. No entanto, como as respostas foram autodeclaradas, há um conflito de interesses em questão. Isso porque, as construtoras tendem a subnotificar a ocorrência de problemas de qualquer tipo em suas obras. Tal fato é melhor explicado nas respostas das aplicadoras.

- e) Em caso positivo, quais são os problemas mais comuns?

No gráfico 4, são exibidas as respostas à pergunta acima.

Gráfico 4: Resultados sobre a pergunta e) - Construtoras



Fonte: Autor (2023)

Para esta pergunta, permitiu-se múltiplas respostas, resultando em uma quantidade de resultado acima dos 15 entrevistados. Destaca-se a forte prevalência de infiltrações, fissuras e manchas entre as manifestações relatadas.

f) Poderia indicar uma sugestão para aprimorar a qualidade geral das impermeabilizações realizadas?

Na tabela 8, são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 8: Resultados sobre a pergunta f) - Construtoras

Respostas	Quantidade	%
<b>Maior interação na etapa de compatibilização</b>	3	20,0
<b>Mão de obra qualificada</b>	11	73,3
<b>Fabricantes de produtos impermeabilizantes</b>	1	6,7
<b>Total</b>	15	100

Fonte: Autor (2023)

Enquanto apenas 20% dos entrevistados apontaram como item de melhoria a interação na etapa de compatibilização de projetos, outros 73% sugeriram uma maior qualificação sobre a mão de obra. Disto, depreende-se que uma grande importância é

atribuída à execução da impermeabilização, com uma menor grandeza assumida pela etapa de compatibilização. Este fato é consumado por apenas 26% das construtoras consultadas realizem suas oras de posse do projeto de impermeabilização.

Não há dúvidas que uma mão de obra qualificada é atributo fundamental a uma impermeabilização bem sucedida. No entanto, a execução sem um projeto de impermeabilização prévio favorece o risco de erros e retrabalhos futuros, implicando em maiores gastos.

Para um entrevistado, as fabricantes de produtos impermeabilizantes falham ao oferecer diversos produtos para a mesma finalidade, com diferenças sutis no modo de aplicação e preparação do substrato, dificultado a execução do produto e a garantia da durabilidade do sistema. No entanto, isso recai sobre a qualificação do profissional responsável pela impermeabilização e a atenção dada ao processo.

### 6.3 RESULTADOS DAS APLICADORAS

Neste subitem são apresentadas as perguntas e os dados referentes às respostas obtidas em entrevistas com as aplicadoras e os respectivos questionamentos, conforme consta no Apêndice C.

a) Nas obras em que vocês atuam, há projeto de impermeabilização?

Na tabela 9 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 9: Resultados sobre a pergunta a) - Aplicadoras

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Sim</b>	2	20
<b>Não</b>	8	80
<b>Total</b>	10	100

Fonte: Autor (2023)

Apesar das ligeiras diferenças entre as respostas das construtoras e aplicadoras, entende-se que não é prática corrente possuir o projeto de impermeabilização. Fatalmente, isto resultará em prejuízos futuros.

b) Qual o tipo de impermeabilização mais utilizado no sistema de cobertura?

Na tabela 10, são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 10: Resultados sobre a pergunta b) - Aplicadoras

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Manta asfáltica</b>	7	70
<b>Manta líquida</b>	2	20
<b>Pintura impermeabilizante</b>	1	10
<b>Total</b>	10	100

Fonte: Autor (2023)

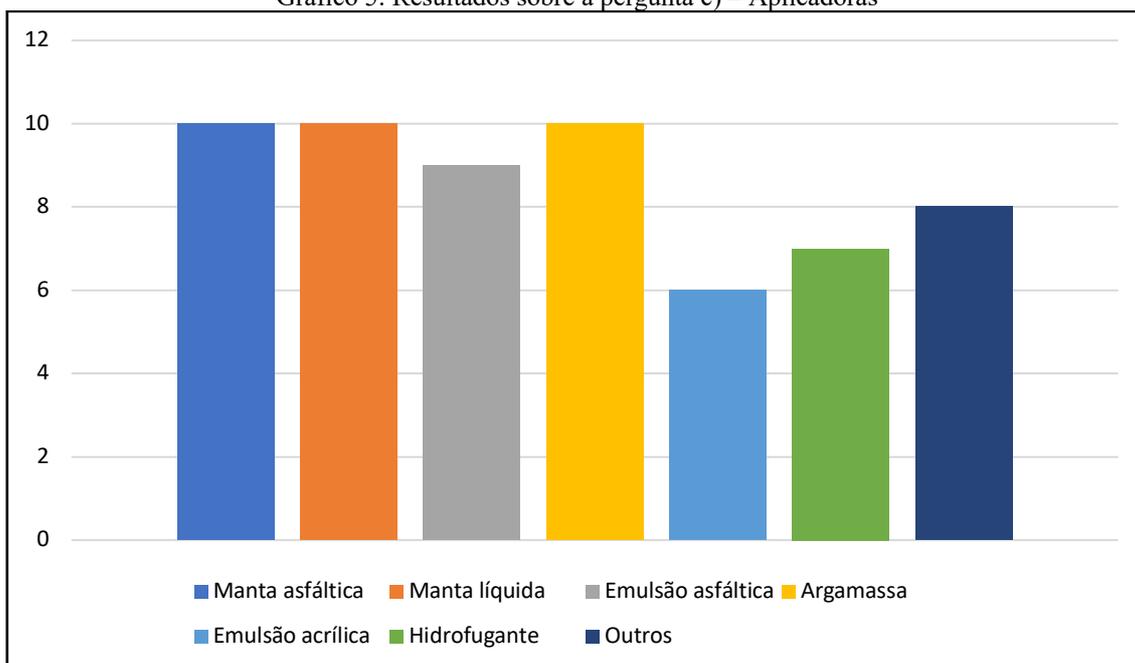
A manta asfáltica é o sistema mais tradicional de impermeabilização de coberturas e principalmente de lajes expostas, permanecendo como o mais utilizado. A manta líquida, embora de fácil aplicação, tem menor durabilidade e está limitada a superfícies diminutas. Por sua vez, em se tratando da cobertura, a pintura impermeabilizante foi empregada apenas em telhado de fibrocimento.

A ampla predominância de manta asfáltica se justifica pela sua elevada durabilidade, estimada em dez anos, e seu tempo de mercado. Assim, muitos profissionais estão familiarizados com a técnica, sabendo aferir a qualidade da aplicação e, em caso de reparos, como recuperar a durabilidade do elemento.

c) De quais tipos de impermeabilizações vocês dispõem?

No gráfico 5 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Gráfico 5: Resultados sobre a pergunta c) – Aplicadoras



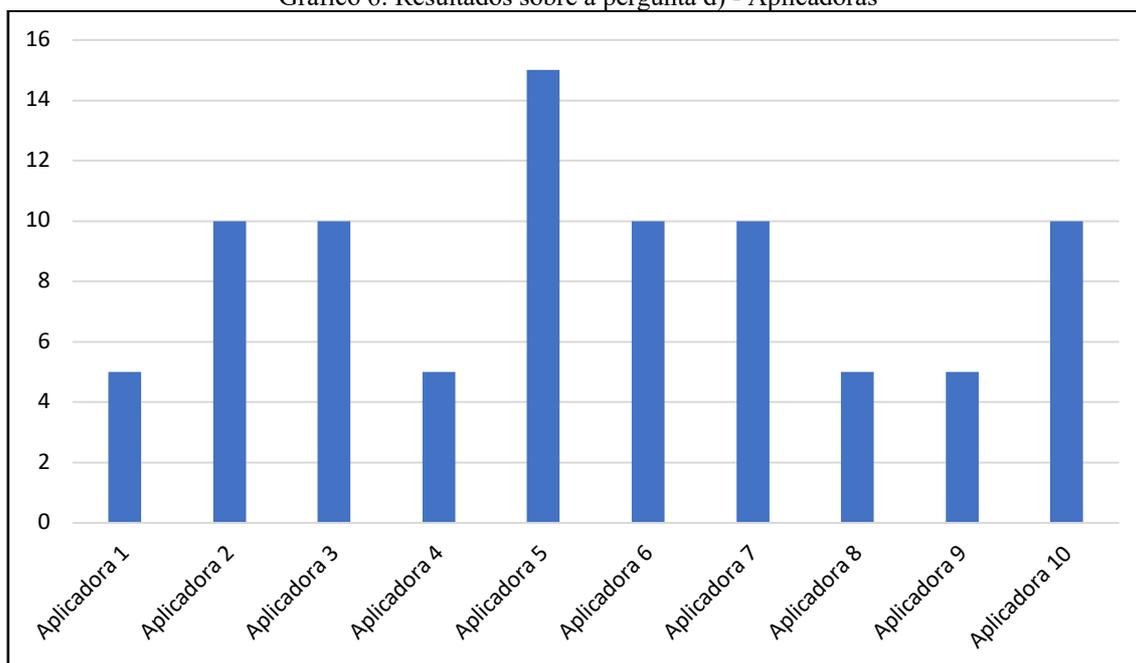
Fonte: Autor (2023)

Para esta pergunta, permitiu-se múltiplas respostas, resultando em uma quantidade de resultado bem acima dos 10 entrevistados. Por meio dela, foi mostrado que os sistemas impermeabilizantes mais comuns são a manta asfáltica, manta líquida e a argamassa, quer seja a impermeabilizante ou a polimérica.

- d) Com qual frequência ocorrem problemas na impermeabilização do sistema de cobertura?

No gráfico 6 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Gráfico 6: Resultados sobre a pergunta d) - Aplicadoras



Fonte: Autor (2023)

O resultado encontrado surpreende, pois afirma que o índice de erros é baixíssimo, apontando para uma excelente qualidade da execução, a despeito da frequente ausência de projeto impermeabilizante.

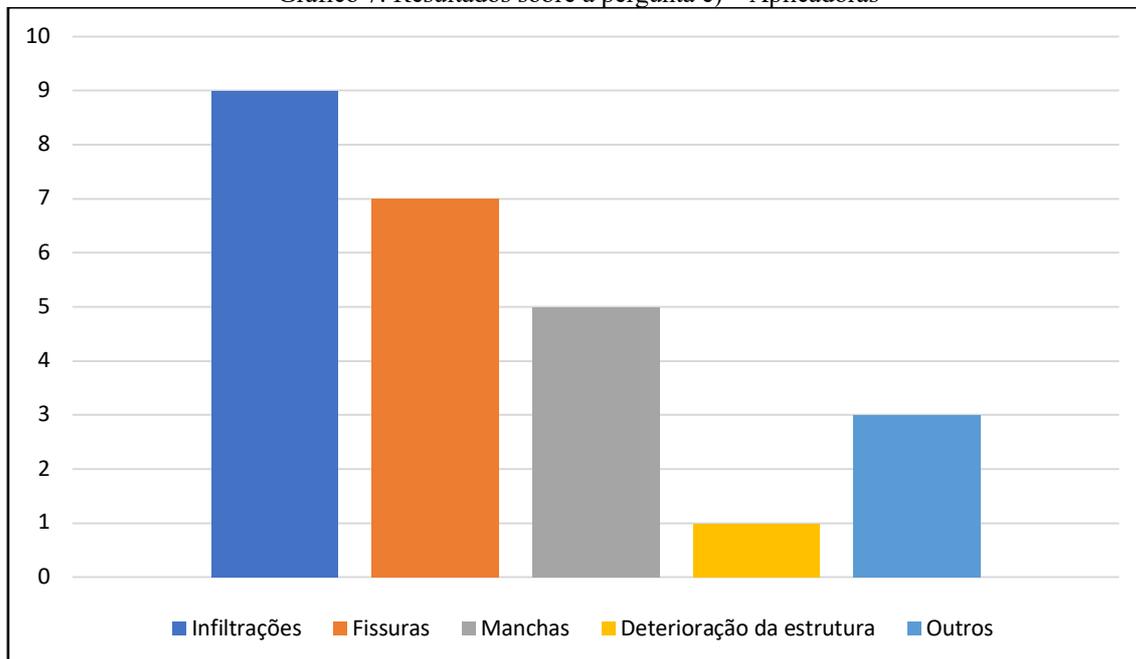
Um dos entrevistados relatou que, em mais de dois terços dos casos, o serviço trata-se na verdade de um reparo, para corrigir uma manifestação patológica já deflagrada. Disto, conclui-se que os problemas decorrentes de uma impermeabilização mal feita ou não executada são muito comuns.

Como as respostas são autodeclaradas, há uma tendência das empresas em subestimarem os seus erros. Corroborando com isso, um dos entrevistados afirmou que muitos dos serviços tratam-se na verdade de reparos, quer sejam de outras aplicadoras ou da própria construtora. Assim, entende-se que o índice de ocorrência de anomalias tende a ser superior ao apresentado.

e) Em caso positivo, quais são os problemas mais comuns?

No gráfico 7 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Gráfico 7: Resultados sobre a pergunta e) – Aplicadoras



Fonte: Autor (2023)

Para esta pergunta, permitiu-se múltiplas respostas, resultando em uma quantidade de resultado acima dos 10 entrevistados. Destaca-se a forte prevalência de infiltrações, fissuras e manchas entre as manifestações relatadas, bem como a congruência com o resultado obtido das construtoras.

f) As normas brasileiras de impermeabilização e desempenho da construção, estão adequadas à nossa realidade?

Na tabela 11 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 11: Resultados sobre a pergunta g) - Aplicadoras

Respostas	Quantidade	%
<b>Sim</b>	8	80
<b>Não</b>	2	20
<b>Total</b>	10	100

Fonte: Autor (2023)

Em forte discordância com o resultado dos projetistas, uma ampla maioria das empresas de impermeabilização considera as normas brasileiras adequadas. O motivo principal se deve ao conhecimento que as empresas aplicadoras de impermeabilização

possuem do processo envolvido, pois os procedimentos normativos são exigidos cotidianamente.

g) Em caso negativo, o que seria recomendável modificar?

Na tabela 12 são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 12: Resultados sobre a pergunta h) - Aplicadoras

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Especificação da proteção térmica</b>	3	30,0
<b>Soluções modernas</b>	6	60,0
<b>Variações climáticas</b>	1	
<b>Total</b>	10	100

Fonte: Autor (2023)

Entre os aplicadores, a principal crítica sobre as normas atuais recai sobre a questão de não contemplar soluções modernas de impermeabilização, como os sistemas semiflexíveis que se desenvolveram e se consolidaram após a publicação das normas 9574 (ABNT, 2008) e 9575 (ABNT, 2010). Além disso, relatam que a preocupação quanto à variação térmica recai quase que inteiramente sobre os fabricantes.

h) Poderia indicar uma ou mais sugestões para aprimorar a qualidade geral das impermeabilizações realizadas?

Na tabela 13, são exibidas as respostas à pergunta acima.

Tabela 13: Resultados sobre a pergunta i) - Aplicadoras

<b>Respostas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
<b>Performance dos produtos</b>	3	30
<b>Projeto de impermeabilização</b>	6	60
<b>Divulgação normativa</b>	1	10
<b>Total</b>	10	100

Fonte: Autor (2023)

Por meio da tabela, percebe-se que muitos aplicadores alertam para a conscientização do meio técnico para a necessidade de projeto de impermeabilização, no

sentido de coibir erros e retrabalhos futuros. Além disso, 30% dos entrevistados se queixaram da falta de indicadores de performances dos sistemas impermeabilizantes em diferentes condições.

Ao estudar a variação na umidade relativa fundações rasas de concreto enterradas, An Ku-Won *et al.* (2020) apontam que em cenários onde a umidade relativa supera os 70%, há intensa formação de mofo e outras anomalias. Citam ainda que, embora nenhum fornecedor mostre, testes experimentais demonstraram que um material inadequado na impermeabilização pode inclusive favorecer o aumento da umidade relativa do lado negativo da estrutura de concreto e facilitar o aparecimento de mofo e outras manifestações patológicas.

O estudo corrobora com as críticas dos entrevistados de que os fabricantes não apresentam transparências quanto aos resultados obtidos nos testes feitos internamente. Além do que, a utilização de material inadequado pode inclusive propiciar o surgimento de anomalias construtivas.

#### 6.4 RESUMO DOS RESULTADOS

Da análise do levantamento, compreende-se que há um gargalo na etapa de compatibilização de projetos, pois esta é um momento crítico na identificação de incompatibilidade entre as interfaces construtivas. Nota-se também, que a obrigatoriedade do projeto de impermeabilização está longe de ser seguida, posto que apenas um baixo percentual das obras o possui.

Outro gargalo identificado foi a qualificação da mão de obra. Uma queixa das aplicadoras foi a de que a adoção de novas soluções impermeabilizantes é dificultada pela falta de qualificação da mão de obra. Assim, mesmo em situações onde o uso de manta líquida ou argamassa polimérica seria mais fácil e prático, acaba se utilizando a manta asfáltica pela ampla experiência da mão de obra com este sistema.

Por fim, pelo fato de o levantamento ser autodeclarado, é possível e provável que os índices de ocorrência de anomalias nas obras e serviços realizados pelas construtoras e aplicadoras seja superior ao aferido. No entanto, para uma maior precisão, seria requerido a vistoria em múltiplas obras de cada uma das empresas entrevistadas, algo que é inviabilizado pela questão temporal e escopo do trabalho.

## 7. CONCLUSÕES

O presente trabalho se propôs a diagnosticar os principais problemas concernendo a impermeabilização do sistema de cobertura de construções residenciais de alto padrão construtivo em Maceió-AL, através de questionário junto ao meio técnico envolvido.

De forma a tornar possível essa análise, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o processo diagnóstico envolvido, juntamente a uma explanação sobre os mecanismos de atuação da água nas edificações, finalizando com a impermeabilização do sistema de cobertura, com os tipos de impermeabilização, detalhes construtivos, a importância de projeto, mão de obra qualificada, boa qualidade dos materiais, utilização e manutenção adequada do espaço.

Da análise dos questionários depreende-se que não há maior zelo das construtoras com a impermeabilização. Isso porque, como mostrado no primeiro capítulo desse trabalho, se feita no momento adequado, a impermeabilização custa cerca de 3% do valor total da obra, enquanto os erros decorrentes da ausência ou má execução desta, aumentam em progressão geométrica com o tempo.

Entre os projetistas, destaca-se a falta de compreensão do caráter instrutivo das normas publicadas pela ABNT, bem como do aspecto climático regional que, embora importante, trata-se muito mais de reduzir o gradiente térmico do que da adequação normativa propriamente dita.

Entre os construtores, foi evidente que o projeto de impermeabilização é pouco solicitado. Tal fato é especialmente crítico pois a primeira edição da NBR 9575 (ABNT, 2010) foi publicada há décadas e infelizmente ainda não é seguida em muitas obras.

Não bastasse isso, a promulgação da norma de desempenho em 2013 elevou os patamares de qualidade das novas construções e o não cumprimento desta - pelo descaso com o sistema de impermeabilização - é uma presunção de irregularidade passível de punição. Por fim, a falta de projeto de impermeabilização, aliada à má execução implica em elevado número de infiltrações, fissuras, manchas e até deterioração estrutural.

Entre os aplicadores, percebeu-se ampla prevalência do uso da manta asfáltica frente a outros sistemas impermeabilizantes mais modernos e de mais fácil aplicação. Além disso, foi interessante notar que, assim como para as construtoras, a quantidade de erros assumidos na impermeabilização foi baixíssima, contrastando com a falta de projeto impermeabilizante e demais informações apresentadas ao longo desse trabalho.

O estudo da impermeabilização é de grande valor para a qualidade das edificações, pois ele confere anteparo para a qualidade construtiva, conferindo ganhos à saúde dos usuários e salubridade dos ambientes. Por isso, a proteção das estruturas sujeitas ao contato com a água é de primeira importância no âmbito da construção civil.

Esse trabalho reforça a necessidade da existência de um projeto dedicado à impermeabilização, bem como maiores cuidados sendo despendidos à qualificação da mão de obra, escolha de materiais e execução do sistema impermeabilizante.

Embora normatizado há anos, o projeto de impermeabilização ainda é pouco utilizado e isso traz malefícios de toda ordem. Isso porque, nele devem constar os requisitos e detalhamentos pertinentes ao processo de impermeabilização e sem isso, é quase certo que a execução sairá comprometida. Com a compatibilização entre projetos comprometida, fica difícil assegurar a estanqueidade da estrutura.

A falta de qualificação da mão de obra também é um problema frontal no ramo da impermeabilização e que deve ser confrontado em várias frentes, visto que ainda há poucos cursos técnicos voltados à formação nessa área. Caberá a um esforço conjunto dos construtores e usuários finais requisitarem essa etapa, aumentando a demanda por cursos profissionalizantes nas instituições competentes.

Na frente da qualidade dos materiais, tem sido feito crescente esforço no sentido de atendimento a normas e exigências internacionais de controle de qualidade, aumentando e assegurando a qualidade final do produto empregado. Segundo um fabricante de materiais de impermeabilização, se há trinta anos havia cerca de vinte produtos disponíveis em seu catálogo, hoje existem mais de duzentos. Além disso, houve aumento do ambiente competitivo, estimulando inovação e soluções diversas.

Para estudos futuros, recomenda-se a realização de um amplo estudo de caso em cada subsistema de uma edificação que requeira estanqueidade, permitindo uma base de dados confiável sobre a ocorrência de manifestações patológicas relacionadas com a água, bem como formas preventivas e métodos de recuperação mais adequados para cada situação. Ademais, é válida uma análise e caracterização da performance dos materiais empregados, bem como da influência do isolamento térmico na durabilidade da impermeabilização.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5642**: Telha de fibrocimento – Verificação da impermeabilidade. Rio de Janeiro, 1993.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9574**: Execução de impermeabilização. São Paulo, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e projeto. São Paulo, 2010.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9952**: Manta asfáltica com armadura para impermeabilização – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas prediais. Rio de Janeiro, 1989.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12.170**: Materiais de impermeabilização – Determinação da potabilidade da água após o contato. São Paulo, 2017.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13.321**: Membrana acrílica para impermeabilização. São Paulo, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13.724**: Membrana asfáltica para impermeabilização, moldada no local, co estruturantes. Rio de Janeiro, 1996.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13.752**: Perícias de engenharia na construção ciivl. Rio de Janeiro, 1996.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais – Desempenho. São Paulo, 2021.
- \_\_\_\_\_. **NBR 16.280**: Reforma em edificações – Sistema de gestão de reformas - Requisitos. São Paulo, 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 16.747**: Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. São Paulo, 2020.
- AN, KI-WON. *et al.* **Evaluation method of relative humidity changes in below-grade concrete structure space depending on different waterproofing material and installation method.** In: Materials, 2020.
- ANTONELLI, G. R; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia-Go.** IX Encontro Nacional do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, 2002.
- BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia das estruturas.** [S.l]: Oficina de textos, 2019.
- CABRAL, P. L. **Impermeabilização e proteção em armazéns graneleiros.** Revista Impermeabilizar, São Paulo, nº 43, p. 6, 1992.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia de concreto armado.** São Paulo: Pini, 1988.
- CANTU, C. M. **Gerenciamento total de serviços de impermeabilização.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, São Paulo, 1997.
- CASA D'ÁGUA. Disponível em <[www.casadagua.com](http://www.casadagua.com)>. Acesso em 21/06/2022.

CBIC. Disponível em <[https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/Guia\\_da\\_Norma\\_de\\_Desempenho\\_2013.pdf](https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/Guia_da_Norma_de_Desempenho_2013.pdf)>. Acesso em 07/03/2023.

CICHINELLI, G. **A evolução das membranas moldadas in loco**. Técnica, São Paulo, nº 87, p. 32-34, 2004.

CORREIA, N. C.; SILVA, C. G. G.; MONTEIRO, E. C. B. et al. **Caracterização das manifestações patológicas em serviços de impermeabilização**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7º, Florianópolis, 1997.

CUNHA, A. G.; NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. Rio de Janeiro, Texsa Brasileira, 4. ed., 1979.

DENVER. Disponível em <<http://denverimper.com.br>>. Acesso em 23/06/2022.

FEILDEN, B. **Conservation of historic buildings**. 3. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003.

FILHO, Firmino Soares Siqueira. **Notas de aula. Sistemas Impermeabilizantes**. Curso de Especialização em Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.

FONSECA, Marcello Pires (org.). **Engenharia de Produção: Coletânea de artigos científicos**. 1ª edição. Solapur (Índia):Laxmi Book Publication/Hillsborough: (USA): Lulu Books, 2017.

GONÇALVES, M. et al. **Environmental and economic comparison of the life cycle of waterproofing solutions for flat roofs**. In: Elsevier, 2019.

GUERRA, J.; MAGALHÃES, B.; GOMES, M.; FONSECA, R. **Materiais de construção II: coberturas**. Porto: Universidade Fernando Pessoa, 2010. Disponível em: <http://www2.ufp.pt/jguerra/PDF/Construcoes/Cobertura.pdf>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2023.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. Projeto de difusão Fosroc. São Paulo, 1992.

HELENE, P. R. L. **Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto**. In: HELENE, P.; PEREIRA, F. Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto. São Paulo: Paulo Helene & Fernando Pereira, 2007.

ISCHAKEWITSCH, G. T. **Projeto, acompanhamento e controle**. Caminho da qualidade. Revista impermeabilizar, São Paulo, n. 91, p. 15-26, 1996.

JOISEL, A. **Fissuras y grietas en morteros y hormigones: sus causas y remedios**. 4. Ed, Barcelona: Editores Técnicos Associados, 1975.

KLUPPEL, G. P.; SANTANA, C. M. **Manual de conservação preventiva de edificações**. Minc, IPHAN, UCG/ Projeto Monumenta, 2006.

LÍVIO, L. F. G.; FLORA, S. M. D.; BRAGA, A. G. M.; GULLO, M. A.; FAGUNDES, J. C. P. N. **Manual de Engenharia Diagnóstica [S.l.]**: Leud, 2021.

- LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- LWART – **Manual técnico de impermeabilização**. Disponível em <<http://lwart.com.br>>. Acessado em 01/07/2022.
- MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3. Ed. São Paulo: Ibracon, 2014.
- MELLO, L. S. L. **Impermeabilização – materiais, procedimentos e desempenho**, 2005. 55 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.
- MORAES, C. R. K. **Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais pontos envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre**. 2002, 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- OLIVEIRA, D. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf>> Acesso em: 27 de abril de 2022
- PEREIRA, G. R. **Emenda entre mantas asfálticas**, Conceito Revolucionário. Revista Impermeabilizar, São Paulo, Palanca, nº 81, p.192-196, 1995.
- PICCHI, F. A. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Editora Pini, 1986. 220 p.
- PIEPER, R. **Só se nota impermeabilização quando ela não existe**. Revista impermeabilizar, São Paulo, nº 43, p. 6, 1992.
- QUERUZ, F. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. Santa Maria: UFSM, 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- RIGHI, G. V. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – Análise da casos**. 2009. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- SAYEGH, S. **Cimentos e polímeros contra a umidade**. Técnica, São Paulo, nº 56, p.42-44, 2001.
- SIKA, Disponível em <<http://sika.com.br>>. Acessado em 26/06/2022.
- SENA, G. O.; NASCIMENTO, M. L.M; NABUT, A. C. N. **Patologia das Construções**. [S.l]: 2B Educação, 2020.

- SILVEIRA, M.A. **Impermeabilizações com cimentos poliméricos**. Técnica, São Paulo, nº 54, p. 108-110, 2001.
- SIQUEIRA FILHO, F. **Impermeabilização no Brasil e no Mundo**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 7., São Paulo, p. 231-239, 1991.
- SOARES, F.F. **A importância de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014. 62 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- SOUZA, J.C.S.; MELHADO, S. B. **Parâmetros para seleção e projeto de impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios**. In: XVII ENEGEP- Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Gramado-RS, 1997.
- TALIB, R. *et al.* **Investigating effective waterproofing materials in preventing rook leaking; initial comparative study: Malasya, U.K.** In: Elsevier, 2015.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. [S.l]: Oficina de Textos, 2020.
- TUTIKIAN, B. F.; PACHECO, M. **Boletim Técnico 01: inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção civil**. Alconpat Internacional: Mérida, 2013.
- UNAHALEKHAKA, P.; PHONKAPHON, S. **Influences of relative humidity on the electric field and potential on suspension insulator string**. Energy Procedia, 2016.
- VERÇOSA, J. E. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.
- VIAPOL. **Manual Técnico Viapol**. <<http://cms.viapol.com.br/media/512194/manual-t%C3%A9cnico.pdf>>. Acessado em 26/06/2022.
- Yin, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. [S.l]: Borkman, 2015.

## APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE PESQUISA

### PROJETISTAS

- a) Com qual frequência as construtoras solicitam o projeto de impermeabilização?
- b) Durante o dimensionamento da cobertura, são feitas considerações especiais para diminuir movimentações térmicas e estruturais?
- c) Os projetos de lajes de cobertura consideram o uso de isolamento térmico?
- d) As normas brasileiras de impermeabilização e desempenho da construção, estão adequadas à nossa realidade?
- e) Em caso negativo, o que seria recomendável modificar?
- f) Poderia indicar uma sugestão para aprimorar a qualidade geral das impermeabilizações nas coberturas?

## **APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE PESQUISA**

### **CONSTRUTORAS**

- a) Nas obras executadas pela construtora, há projeto de impermeabilização?
- b) Em caso positivo, em que momento da obra o projeto de impermeabilização é solicitado?
- c) Quem costuma ser o responsável pela execução da impermeabilização?
- d) Com qual frequência ocorrem problemas decorrentes da impermeabilização no sistema de cobertura?
- e) Em caso positivo, quais são os problemas mais comuns?
- f) Poderia indicar uma sugestão para aprimorar a qualidade geral da impermeabilização realizada?

## **APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE PESQUISA**

### **APLICADORAS**

- a) Nas obras em que vocês atuam, há projeto de impermeabilização?
- b) Qual o tipo de impermeabilização mais solicitado?
- c) De quais tipos de impermeabilização vocês dispõem?
- d) Com qual frequência ocorrem problemas na impermeabilização do sistema de cobertura?
- e) Em caso positivo, quais são os problemas mais comuns?
- f) As normas brasileiras de impermeabilização e desempenho da construção, estão adequadas à nossa realidade?
- g) Em caso negativo, o que seria recomendável modificar?
- h) Poderia indicar uma ou mais sugestões para aprimorar a qualidade geral da impermeabilização realizada?