



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PARÂMETROS PARA SELEÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS
IMPERMEABILIZANTES EM LAJE DE COBERTA: UM ESTUDO DE CASO DE
EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB**

JULIANA VITORINO RIBEIRO

João Pessoa - PB
Junho de 2017

JULIANA VITORINO RIBEIRO

**PARÂMETROS PARA SELEÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS
IMPERMEABILIZANTES EM LAJE DE COBERTA: UM ESTUDO DE CASO DE
EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
pconselho do curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal da Paraíba – UFPB, como
requisito para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dr.(a) Andrea Brasiliano Silva

JOÃO PESSOA

2017

B862i Ribeiro, Juliana Vitorino

Parâmetros e seleção de sistemas impermeabilizantes em laje de coberta: um estudo de caso de edifício residencial na cidade de João Pessoa/PB ./Juliana Vitorino Ribeiro. – João Pessoa, 2017.

68f. il.:

Orientadora: Prof. Dra. Andrea Brasiliano Silva

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Impermeabilização 2. Membrana acrílica 3. Projeto 4. Lajes de cobertura I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

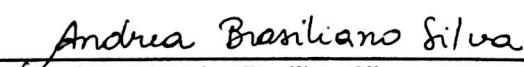
JULIANA VITORINO RIBEIRO

PARÂMETROS PARA SELEÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES EM LAJE DE COBERTA: UM ESTUDO DE CASO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB

Trabalho de Conclusão de Curso em 07/06/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Hidelbrando José Farkat Diógenes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

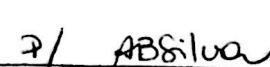
APROVADA


Prof. Dr. (a) Andrea Brasiliano Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA


Prof. Dr. Clóvis Dias
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO


Prof. Dr. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga
Matrícula Siape: 1668619
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

Prof. Dr. Andrea Brasiliano
Vice - Coordenadora CCGEC
Siape 1549557

Aos meus pais, Maria da Luz e Josinaldo, e ao meu noivo Matheus.
Minha formação profissional não teria sido concretizada sem vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me conceder saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais que sempre me incentivaram durante todos os anos que estive na faculdade.

Ao meu noivo Matheus, que compartilhou comigo tantos momentos, foi muito paciente em minhas ausências, sempre me apoiando para o desenvolvimento deste e de tantos outros trabalhos da universidade.

A Universidade Federal da Paraíba, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram o sonho que hoje vislumbro de um curso superior.

Aos meus orientadores Andrea e Hidelbrando por sempre estarem dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado.

Agradeço também aos amigos e colegas da universidade que sempre torceram por mim e me apoiaram no decorrer do curso.

A todos que contribuíram, de alguma forma, para a conclusão do trabalho.

“Sem sonhos, a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não tem alicerces.
Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais.”

(Augusto Cury)

RESUMO

Parâmetros para seleção e projeto de sistemas impermeabilizantes em laje de coberta: um estudo de caso de edifício residencial da cidade de

João Pessoa/PB

Juliana Vitorino Ribeiro – Engenheira Civil

juhribero@hotmail.com

A construção civil tem experienciado nos últimos anos um crescimento relevante, elevando os níveis das edificações atuais com o surgimento de inovações tecnológicas em diversos setores da engenharia. Por se tratar de um mercado bastante competitivo, e com o objetivo de satisfazer as exigências de um nicho de mercado com consumidores cada vez mais exigentes, empresários do ramo da construção civil deveriam buscar cada vez mais investir na etapa de impermeabilização, aumentando a vida útil das edificações e buscando um diferencial competitivo. Os projetos de impermeabilização são considerados bastante eficientes como meio de comunicação na obra, possibilitando uma adequada orientação no processo de seleção do sistema de impermeabilização, garantindo o melhor desempenho da edificação. Este trabalho tem como objetivo identificar os parâmetros de utilização e aplicação de materiais impermeabilizantes em lajes de cobertura que utilizam membranas flexíveis de base acrílica. A metodologia consistiu em primeiramente levantar os principais sistemas impermeabilizantes utilizados, posteriormente acompanhou-se a etapa de impermeabilização de um edifício composto por 18 pavimentos tipo, buscando realizar uma análise de como o processo foi executado e onde poderiam vir a surgir falhas no mesmo, e finalmente a última etapa consistiu em realizar testes em laboratório a fim de obter o índice de absorção de água da utilização de membrana acrílica, onde utilizou-se o produto Tecryl D3, e da utilização de argamassa polimérica, onde utilizou-se Viapol 1000. Os resultados alcançados evidenciam a relevância do tema, apresentando que o gerenciamento de um adequado processo de impermeabilização resulta em estruturas cada vez mais duráveis.

Palavras-chave: Impermeabilização, membrana acrílica, projeto, lajes de cobertura.

ABSTRACT

Parameters for the selection and design of waterproofing systems in non-covered slab: a study case of residential building in the city of João Pessoa

Juliana Vitorino Ribeiro – Civil Engineering
juhribero@hotmail.com

The construction industry has experienced in recent years a relevant growth, raising the levels of current buildings with the emergence of technological innovations in various areas of engineering. Because it is a very competitive market, and in order to meet the requirements of a market niche with increasingly demanding consumers, entrepreneurs in the construction industry should get increasingly invest in the proofing stage, increasing the useful life of buildings and seeking a competitive advantage. Waterproofing projects are considered quite effective as a means of communication in the work, allowing adequate guidance in the selection process of the waterproofing system, ensuring the best performance of the building. This work aims to identify the parameters of the use and application of waterproofing materials cover slabs using flexible membranes acrylic base. The methodology consisted of first raise the main waterproofing systems used, subsequently accompanied-if the step of proofing a building composed of 18 floors kind, seeking to carry out an analysis of how the process was executed and where could arise even failures, and finally the last step was to perform laboratory tests in order to obtain the water absorption index using acrylic membrane where we used the product Tecryl D3, and the use of polymer mortar, where Viapol 1000. The results obtained demonstrate the relevance of the topic, showing that the management of a suitable waterproofing process results in more and more durable structures.

Keywords: Waterproofing Systems, membrane waterproofing, design, cover slabs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas impermeabilizantes rígidos	23
Figura 2 - Sistemas Impermeabilizantes Flexíveis	26
Figura 3 - Detalhe ralo	31
Figura 4 - Detalhe rodapé	32
Figura 5 - Detalhe de projeto executivo de impermeabilização	37
Figura 6 - Placas de poliestireno expandido e modificado	40
Figura 7 - Principais efeitos causados pelas falhas na impermeabilização	41
Figura 8 - Patologias causadas pela presença da umidade	44
Figura 9 - Planta baixa do pavimento cobertura	46
Figura 10 - Condição de superfície e limpeza	47
Figura 11 - Interferências presentes na laje estudada	49
Figura 12 - Ausência de barreira física e espaço insuficiente	51
Figura 13 - Armazenagem do produto impermeabilizante	52
Figura 14 - Serviço de serralheria	52
Figura 15 - Aplicação de Membrana Acrílica	53
Figura 16 - Execução de segunda demão de membrana acrílica	54
Figura 17 - Aplicação de membrana acrílica nos cantos e nos arremates	55
Figura 18 - Execução de proteção mecânica	56
Figura 19 - Secagem em estufa na temperatura de 45oC	61
Figura 20 - Determinação da massa seca do tijolo	61
Figura 21 - Aplicação de Base Acrílica	62
Figura 22 - Corpos de prova em lâmina d'água	62
Figura 23 - Teste de estanqueidade com argamassa polimérica	65
Figura 24 - Teste de estanqueidade com membrana acrílica	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das mantas segundo o desempenho.....	27
Tabela 2 - Classificação das mantas segundo o tipo de asfalto.....	28
Tabela 3 - Classificação das mantas segundo os revestimentos.....	28
Tabela 4 - Quadro comparativo entre os sistemas.....	48
Tabela 5 - Quadro de áreas de impermeabilização.....	55
Tabela 6 - Composição da manta asfáltica com proteção.....	56
Tabela 7 - Composição com Membrana Acrílica.....	57
Tabela 8 - Índice de absorção, para cada demão dos materiais.....	61
Tabela 9 - Especificações da Norma NBR 13321:2008	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CAU/PB – Conselho de Arquitetura e Urbanismo da Paraíba

CREA/PB – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Paraíba

SINDUSCON/PB – Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa

IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

AA (%) – Índice de Absorção de Água

m_s – Massa Seca

m_u – Massa Úmida

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.2 Metodologia	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Breve Histórico	17
2.2 Conceito.....	18
2.3 Mecanismos de atuação da água nas edificações	20
2.4 Considerações sobre processos impermeabilizantes	22
2.4.1 Classificação dos Sistemas Impermeabilizantes.....	22
2.4.1.1 Impermeabilização rígida	22
2.4.1.1.1 Argamassa e Cimento Polimérico	24
2.4.1.2 Impermeabilização Flexível.....	24
2.4.1.2.1 Membrana Acrílica	27
2.4.1.2.2 Mantas Asfálticas.....	28
2.4.2 Detalhes Construtivos	29
2.4.2.1 Regularização e cimentos.....	30
2.4.2.2 Ralo	31
2.4.2.3 Rodapé	32
2.4.2.4 Chumbamento	33
2.4.2.5 Soleira	33
2.4.2.6 Junta de Dilatação	33
3. PROJETO DE SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES	34
3.1 A importância do Projeto de Impermeabilização	34
3.2 Aspectos do projeto de impermeabilização	35
3.3 Dimensionamento do projeto de impermeabilização	38
3.4 Etapas posteriores ao processo de impermeabilização	39
3.5 Isolamento térmico	39
3.6 Proteção mecânica.....	40
3.7 Principais Consequências da umidade	41
4. ESTUDO DE CASO – ANÁLISE E SUGESTÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO .	45
4.1 Caso I – Laje de Cobertura.....	45
4.1.1 Descrição do local	46
4.1.2 Condição da superfície	47
4.1.3 Solução adotada.....	48
4.1.4 Análise do uso comparativo entre membrana acrílica e manta asfáltica	50
4.1.5 Análise da execução do sistema flexível em laje de cobertura.....	51
4.2 Estudo de viabilidade econômica entre manta asfáltica e membrana acrílica	57
4.2.1 Manta Asfáltica com proteção mecânica.....	57
4.2.2 Utilização de Membrana Acrílica.....	59
5. ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE MATERIAIS DE BASE ACRÍLICA E CIMENTÍCIA	60
5.1 Caracterização dos materiais utilizados	60
5.2 Procedimentos de ensaio.....	60
5.3 Análise e discussão dos resultados	63
5.3.1 Testemunho.....	63
5.3.2 Materiais de Base Acrílica e Cimentícia.....	63
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Alexandre Baruffi, da Icubit Brasil, empresa italiana que fabrica impermeabilizantes há 100 anos, em palestra técnica realizada na cidade de João Pessoa, no dia 30 de Março de 2017, voltada para engenheiros, arquitetos e construtores, com o apoio do CAU/PB , do CREA/PB e do SINDUSCON/JP, a atividade de impermeabilizar tem formação precária no Brasil, desde o curso universitário com poucas aulas e o mercado pouco explorado tecnicamente.

Segundo o IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização), através de seu portal oficial *online*, a etapa de impermeabilização representa um alto percentual dos problemas verificados nas edificações. Além do mais, levantamentos feitos pelo mercado indicam que, dos problemas ligados à impermeabilização, a deficiência da mão-de-obra representa 90% contra 10% da qualidade dos materiais. Tais números explicam o fato de que o mercado da construção civil é muito informal e apresenta uma carência de capacitação de mão de obra, uma vez que o aprendizado quase sempre se dá com a prática cotidiana e pela orientação recebida por profissionais mais experientes.

Ainda de acordo com Alexandre Baruffi, o problema é que não há um projeto para essa atividade de impermeabilização, e atualmente o IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização) está entrando no mercado para conscientizar através da NBR 15.575 – Desempenho de Edificações Habitacionais aprovada em 2013, que passou a exigir nacionalmente que, nos projetos de edifícios residenciais protocolados a partir de 9 de julho, todas as edificações habitacionais deveriam apresentar estanqueidade à agua e, no caso de adotarem sistemas de impermeabilização, deve-se obedecer à NBR 9575:2010.

Tal exigência normatizada evidencia a importância da implementação de um método impermeabilizante viável, de forma a não prejudicar a durabilidade da construção e nem comprometer as condições de saúde e higiene nas habitações, uma vez que a umidade é fonte potencial de doenças respiratórias, formação de fungos entre outras implicações. As principais vantagens do uso de sistemas impermeabilizantes em edifícios habitacionais estão relacionadas à eficiência da edificação relativas à estanqueidade, higiene, durabilidade e economia, além de elevar o nível de qualidade das edificações.

1.1 Objetivos

A proposta do trabalho consiste no estudo do uso e aplicação de materiais impermeabilizantes em obras residenciais. Desta forma, o estudo tem como objetivos:

- a) Expor as formas existentes de sistemas de impermeabilização atuais, apontando as desvantagens de um sistema inadequado de impermeabilização;
- b) Comparar o comportamento de métodos convencionais, como mantas asfálticas, com os sistemas executados com membranas acrílicas, evidenciando as vantagens e desvantagens de cada um;
- c) Apresentar as propriedades intrínsecas aos sistemas impermeabilizantes de acordo com as normas regulamentadoras vigentes;
- d) Orientar quanto à seleção do sistema impermeabilizante mais adequado para cada aplicação;

1.2 Metodologia

A primeira etapa do desenvolvimento desse estudo se fará por meio de um levantamento dos principais sistemas impermeabilizantes, bem como dos principais tipos de produtos e materiais utilizados no processo de impermeabilização, como argamassas poliméricas e mantas asfálticas, levantamento das principais causas de patologias relacionadas à impermeabilização encontradas na construção civil.

A segunda etapa consiste em um estudo de caso de aplicação de um tipo de produto específico em um Edifício Residencial na cidade de João Pessoa – PB, com acompanhamento no local e levantamento fotográfico do processo de aplicação e diagnóstico com a caracterização das etapas executadas, indicando a solução mais adequada de acordo com o manual técnico de aplicação do fabricante, constituindo uma análise de como foi executado e onde poderiam vir a surgir falhas no processo.

A terceira etapa inclui testes em laboratório e em campo, utilizando-se inicialmente de alguns tijolos maciços, com o intuito de obter o índice de absorção de água de cada produto utilizado, através da medição de sua massa. Depois de aplicar 2, 3 e 4 demões (conforme manual técnico do fabricante). A avaliação se dará em etapas, de acordo com as Normas Técnicas de Impermeabilização, NBR

9575:2010 – Impermeabilização – Seleção e Projeto. O estudo que se realizará em campo será um teste de estanqueidade, utilizando dois tipos de sistemas diferentes, aplicados em uma caixa de papelão, para observar o seu desempenho.

Após a análise de todas as informações obtidas durante o estudo, serão elaboradas as considerações finais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

De forma a garantir a vida útil de edificações e obras em geral, é necessário que um adequado sistema de impermeabilização seja implementado. A impermeabilização é o conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade (NBR 9574, 2008). Em praticamente todas as partes da construção são utilizados sistemas impermeabilizantes, justificando as mais variadas soluções disponíveis no mercado. Além de causar problemas à estrutura da edificação, os desgastes causados pela água podem trazer tormentos aos moradores, como goteiras, manchas nas paredes, estragos em pinturas e azulejos e necessidades constantes de reformas, podendo impactar fortemente na saúde e qualidade de vida dos moradores.

2.1 Breve Histórico

Conforme cita a Bíblia, no livro de Genesis, capítulo 6 do versículo 14, o primeiro registro de uma obra de engenharia teria sido a construção da arca de Noé, onde Deus teria ordenado *“Faze uma arca de tábuas de cipreste; nela farás compartimentos e a calafetarás com betume por dentro e por fora”*. Podemos observar, nesta citação, orientações indicativas a respeito da necessidade de impermeabilização na etapa de obra de engenharia, a partir do momento em que é citado o “betume”, derivado do petróleo ou carvão, que segundo Picchi (1986) era um material que já fornecia características impermeabilizantes.

A atividade de impermeabilizar originou-se, na era moderna, com a construção das primeiras obras em concreto armado no século XX, particularmente em seguida da inserção de novos conceitos arquitetônicos de Le Corbusier (1914), onde adotou-se modelos de estruturas mais esbeltas, trabalhando mais à flexão e menos à compressão, solicitando de novas técnicas de impermeabilização, com o intuito de atenuar maiores movimentações estruturais (RESENDE apud MORAES¹, 2002

No Brasil, nos primórdios da colonização, já se iniciavam os primeiros serviços impermeabilizantes, como os fortes ou fortalezas, feitas pelos portugueses. O “Forte dos Reis Magos”, na cidade de Natal (RN), e o “Forte de São Marcelo”, na cidade de Salvador (BA), exemplificam tipicamente a engenharia impermeabilizante da época. O método de aplicação utilizado naqueles tempos, consistia na utilização de óleo de baleia misturado com cal e areia, com o objetivo de formar uma argamassa de grande durabilidade e de baixa permeabilidade. Nos séculos XVII e XVIII, a técnica empregada consistia em evitar a construção com contato direto com o solo, construindo assim porões com ventilações. (POZZOLI apud MORAES, 2002)

O autor ainda cita que na década de 60, com os estudos para a implantação do Metrô em São Paulo, surgiu a necessidade da criação de normas brasileiras para esse campo. Até então existiam apenas as normas internas das empresas, onde cada uma empregava seus métodos e sistemas. Na década de 60, um grupo de pesquisadores liderados pelo empresário e engenheiro mecânico Curt Baumgart passou a trabalhar junto à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) com o objetivo de elaborar a normatização necessária. Este trabalho durou cerca de 8 anos e deu origem as atuais normas (POZZOLI apud MORAES, 2002).

Quase 4000 anos depois da constatação verificada na Bíblia, em 1975, foi criado o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), que surgiu com o intuito de difundir as normas da ABNT e de normatizar as atividades de impermeabilização. Cabe a nós, engenheiros civis e empresários do ramo da construção civil, seguirmos a NBR 9575, que teve sua primeira versão em 1986, sendo revisada em 2003. Esta norma especifica a necessidade de elaboração do projeto de impermeabilização a “edificações e construções em geral, em execução ou sujeitas a acréscimo ou reconstrução, ou ainda àquelas submetidas a pequenas reformas ou reparos.”

2.2 Conceito

A impermeabilização pode ser considerada uma das mais importantes etapas de uma edificação. É conceituada, ainda, como um desafio para a construção civil, uma vez que objetiva evitar possíveis patologias que ocorrem decorrente a infiltração, fazendo com que a estrutura apresente uma vida útil prolongada com

relação a superfícies que não recebem este tratamento prévio (RIGHI apud DRESCH,2015).

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2003), a impermeabilização é um método de proteção de estruturas contra a ação da umidade, principal agente provocador da desintegração das edificações, sendo o agente agressivo ou o veículo condutor de outros agentes (ácidos, sais, álcalis, etc). Com o intenso crescimento da indústria da construção civil nos últimos anos, é de grande importância que as edificações sejam duráveis, devendo-se analisar e avaliar qualquer possibilidade de ataque pela água, para que haja uma prevenção de possíveis problemas decorrentes de uma má impermeabilização.

Porcello (apud CRUZ 2003) sustenta que a falta ou a inadequada utilização dos sistemas impermeabilizantes comprometem a durabilidade da edificação e geram altos custos de manutenção e recuperação. Ainda segundo Porcello (1998), o custo de uma adequada impermeabilização gira em torno de 1% a 3% do custo total da obra. Quando a impermeabilização não atinge os seus objetivos, pode gerar custos de reparação, não só da impermeabilização, mas também das estruturas e elementos construtivos prejudicados, da ordem de 5% a 10% do custo total da obra. No Brasil, pode-se notar um juízo pré-formado por engenheiros e arquitetos de que o ato de impermeabilizar representa um processo oneroso e de desempenho duvidoso. Podemos justificar esse fato à falta de projetos específicos, à falta de conhecimentos básicos do construtor e, principalmente, à contratação baseada apenas pelo preço do serviço prestado.

Elevar o padrão das edificações a fim de garantir saúde e conforto aos usuários é de suma importância, pois cada vez mais não se admite residir sob intempéries causadas pela má impermeabilização, como: goteiras, manchas, umidade e mofo em paredes e pisos, o que ocasiona desconforto e riscos à saúde dos usuários. Nos dias de hoje, são vários os setores que se beneficiam, como por exemplo: a criação de coberturas verdes, auxiliando a recuperação climática dos grandes centros urbanos; tratamento de espaços reservados a receber dejetos industriais evitando, assim, a contaminação dos solos.

Podendo solucionar e corrigir tantos problemas, o argumento que o processo de impermeabilização apresenta baixo desempenho e alto custo não é cabível, devendo-se ter uma visão mais abrangente, possibilitando um maior aproveitamento do mesmo.

2.3 Mecanismos de atuação da água nas edificações

Segundo PEREZ (1985), a umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos dentro da construção civil. Essa dificuldade está relacionada à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas. Atualmente este entrave ainda é obstáculo, mais de 35 anos após a elaboração do trabalho do autor citado.

As consequências mais frequentes devido às falhas nas etapas construtivas da construção civil são decorrentes da penetração da água, ou resultantes de manchas de umidade. Tais deformidades geram graves contratemplos e desfechos difíceis, como prejuízos relacionados à funcionalidade da edificação, desconforto dos moradores - podendo até afetar a saúde dos mesmos, malefícios em bens encontrados nos interiores das habitações e vários outros estragos financeiros.

Relacionar os problemas de umidade a uma única causa, de forma geral, é um processo atípico, uma vez que estas complicações se manifestam em diversos elementos das edificações, como: pisos, paredes, fachadas, fundações, elementos de concreto armado em geral, dentre outros.

Segundo QUERUZ (2007), a água é um dos maiores causadores de patologias, de forma direta ou indireta, quer se encontre nos estados sólido (gelo), líquido ou gasoso (vapor de água), podendo ser vista como um agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes.

Segundo VERÇOZA (1991), as umidades nas construções têm as seguintes origens:

a) Umidade de obra

Entende-se como a umidade remanescente no material, acarretado pelo processo de execução do mesmo que, ao entrar em equilíbrio com o meio onde está inserido (a obra), expulsa essa umidade seja na forma líquida ou gasosa. Um caso bem comum e prático de se entender é o que ocorre com a umidade contida nas argamassas de assentamento e de reboco, que acabam por transferir a umidade em excesso para as alvenarias, alterando o tempo de cura dessa argamassa até que entre em equilíbrio com o meio.

b) Umidade ascensional

É a umidade trazida por capilaridade, proveniente da água presente no solo que, em contato com paredes e pisos, deflagra-se. Segundo Verçosa (1991 *apud* SOUZA, 2008), a altura que a água ascende não costuma ultrapassar 0,80m. Essa ascensão dá-se principalmente pelo efeito de capilaridade, em que os pequenos 'vasos capilares' permitem a elevação da água até uma altura onde estabeleça o equilíbrio com a força da gravidade, que dependerá do seu diâmetro. A altura e o diâmetro apresentam aspectos inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor o diâmetro dos vasos capilares, menor a altura.

c) Umidade de infiltração

Constitui-se principalmente das águas de percolação. Caracteriza-se pela umidade proveniente de áreas externas às internas, que entram através de trincas e fissuras causadas pela água da chuva ou de lavagens que, quando acompanhada por ventos, pode agravar ainda mais o quadro de infiltração, uma vez que confere um aumento da pressão hidrostática.

d) Umidade accidental

Esse tipo de umidade é decorrente principalmente de falhas existentes em redes de tubulação hidráulicas de água fria, esgoto, pluvial, entre outros sistemas que transportem água que causam vazamentos. Esse tipo de umidade representa um fator importante quando estamos considerando edificações antigas ou com um tempo considerável de existência, que possuem o risco de apresentar materiais ou equipamentos com vida útil no limite de funcionalidade, trazendo riscos de infiltrações à edificação.

e) Umidade por condensação

É aquela causada pela ocorrência de grande umidade relativa do ar em contato com substratos ou superfícies que se encontram com temperaturas inferiores ao ponto do orvalho. Isto reduz a capacidade de absorção de umidade pelo ar, causando a precipitação da mesma na interface da parede.

2.4 Considerações sobre processos impermeabilizantes

2.4.1 *Classificação dos Sistemas Impermeabilizantes*

Segundo a Norma Brasileira NBR 9575/2010, define-se *sistema* como o conjunto de materiais que, uma vez aplicados, conferem impermeabilidade às edificações, dividindo-se em rígidos e flexíveis, apresentando características distintas e estando relacionados às partes construtivas estarem ou não suscetíveis a fissuração. Possuem, como principal função, o envelopamento da edificação contra os malefícios de infiltrações, eflorescências e tantas outras patologias causadas pela presença da umidade.

Antes de iniciar a execução dos sistemas impermeabilizantes, algumas atividades prévias já devem ter sido concluídas, como: a regularização do substrato, execução de cimentos e detalhes construtivos, estando assim habilitado a iniciar a execução do processo de impermeabilização. Em seguida, as etapas posteriores que constituem processos como proteção mecânica e térmica, quando especificado. É de suma importância que esses cuidados especiais sejam atendidos, garantindo o êxito do processo.

2.4.1.1 *Impermeabilização rígida*

Os sistemas impermeabilizantes classificados como rígidos são definidos pela NBR 9575 (ABNT 2010) como o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas não sujeita à fissuração, por não trabalharem junto com a estrutura, levando a exclusão de áreas expostas a grandes variações de temperatura. Devido a esse fato, esses sistemas são utilizados em larga escala em estruturas não sujeitas à fissuração, à grandes movimentações ou vibrações, à forte exposição solar e à variações térmicas.

A camada estanque é aplicada diretamente sobre a base, geralmente sem outras camadas complementares.

São indicados para os seguintes locais:

- Fundações, muros de arrimo e contenções;
- Paredes de encosta e poços de elevadores;

- Argamassa de contrapiso e regularização;
- Caixas d'água e piscinas enterradas.

Na Figura 1 estão ilustrados algumas das aplicações de alguns dos sistemas rígidos de impermeabilização. Na figura 8a é demonstrado a aplicação de cristalizante, na figura 8b aplicação de aditivo hidrófugo para argamassa, na figura 8c resina epóxi e na figura 8d o cimento polimérico.

Figura 1 - Sistemas impermeabilizantes rígidos



Fonte: Equipe de Obra (2012)

2.4.1.1.1 *Argamassa e Cimento Polimérico*

Argamassas e cimentos poliméricos são produtos encontrados no mercado na versão bicomponente (um componente em pó e o outro líquido) a base de cimentos, que são formados por cimentos especiais (ultrafino), agregados minerais inertes, polímeros acrílicos na forma de látex e aditivos, compondo um revestimento impermeável que pode ser aplicado sob a forma de pintura, conferindo excelente aderência e garantindo estanqueidade.

O processo de impermeabilização com a utilização desse produto dá-se de maneira que, após o correto processo de aplicação, ergue-se um obstáculo contra cloretos e sulfatos, igualando e selando o substrato, limitando o consumo de outros produtos sobre a base. É aplicado sob forma de pinturas com o auxílio de trinhas ou broxas ou como revestimento final utilizando-se a desempenadeira, que é uma ferramenta da construção civil. As orientações de uso e o produto devem atender aos requisitos das normas C e Polímeros e NBR 15.885:2010 – Membrana de Polímero Acrílico com e sem cimento, para impermeabilização.

Como principais vantagens citam-se a facilidade de execução, o poder de resistir a pressões hidrostáticas positivas e negativas (muitas vezes sendo rotulada como semi-flexíveis), a possibilidade de acompanhar pequenas movimentações dos elementos estruturais e ao fato de não alterar a potabilidade da água. São indicadas para solicitações de água de percolação e condensação (pisos internos, paredes expostas, banheiros, cozinhas e varandas), bem como para solicitações de água sob pressão (reservatórios enterrados), atentando para o fato de algumas resinas não serem recomendadas, devendo-se avaliar a garantia do fabricante do produto.

2.4.1.2 *Impermeabilização Flexível*

A impermeabilização flexível é o conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo. Para ser caracterizada como flexível, a camada impermeável deve ser submetida a ensaio específico. (NBR 5575:2010)

Podemos segmentar os sistemas flexíveis em dois tipos, o sistema flexível moldado no local, como membranas asfálticas e acrílicas e argamassas poliméricas e o sistema flexível pré-fabricado como as mantas asfálticas. Diferentemente dos sistemas rígidos, os sistemas flexíveis suportam deformações em função do tipo de produto utilizado, resistindo a fissuras e trincas, podem ser aplicadas utilizando-se estruturantes, com materiais resistentes a tração e sem estruturantes. Este tipo de sistema é potencialmente indicado para elementos estruturais submetidos a movimentação, alta exposição solar, variações térmicas e vibrações.

Os sistemas pré-fabricados, como as mantas asfálticas, que podem ser estruturadas ou não, e as mantas poliméricas, como PVC e PEAD, apresentam algumas especificidades em relação ao seu processo de aplicação, como maior facilidade de controle de aplicação, maior velocidade de aplicação e maior rendimento de mão-de-obra, entre outras.

Os sistemas moldados no local, como as membranas asfálticas, encontradas como asfalto oxidado e emulsão asfáltica, e as membranas poliméricas, encontradas como acrílicas e elastoméricas, apresentam como principal vantagem a maior facilidade de aplicação em áreas com muitas interferências.

São indicados para os seguintes locais:

- Lajes de cobertura;
- Lajes com trânsito de veículos;
- Terraços;
- Calhas de concreto;
- Áreas frias (banheiros, cozinhas, áreas de serviço e varandas);
- Reservatórios elevados;
- Baldrames;
- Blocos de Fundação.

Na Figura 2 estão ilustrados os sistemas flexíveis de impermeabilização. Na Figura 2a é demonstrado a membrana acrílica, na Figura 2b solução e emulsão asfáltica, na Figura 2c a manta de EPDM, na Figura 2d a membrana de poliuretano, na Figura 2e a geomembrana PEAD e na Figura 2f a mantas asfáltica.

Figura 2 - Sistemas Impermeabilizantes Flexíveis



Fonte: Equipe de Obra (2012)

2.4.1.2.1 Membrana Acrílica

Segundo dados da empresa Denver Impermeabilizantes, que atua no mercado de impermeabilizantes há trinta anos, a membrana acrílica é um impermeabilizante formulado à base de polímeros acrílicos dispersos em meio aquoso, indicadas para impermeabilização exposta de lajes de cobertura, pisos e estacionamentos elevados, marquises, telhados, pré-fabricados, estruturas metálicas, proteção de tubulações, em áreas com inclinação maior que 2% entre outros, não sendo indicada para locais suscetíveis à pressão hidrostática negativa.

A membrana acrílica é um sistema impermeabilizante moldado *in loco*, monocomponente, de base acrílica, obtida pela aplicação a frio de sucessivas demãos sob forma de pintura na superfície a ser tratada, aplicada com o auxílio de trincha, broxa ou rolo pé de carneiro, que depois de seco, forma uma membrana flexível sem emendas.

De acordo com a revista Equipe de Obra (2013, edição 65) a depender do fabricante os produtos desse sistema apresentam variações em relação à flexibilidade, à resistência aos raios solares (ultravioleta), a utilização intercalada de tela industrial de polyester como reforço e aos procedimentos de aplicação. São indicados para espaços menores ou de difícil acesso, como áreas molháveis e pequenas lajes, onde o uso de mantas asfálticas é contraindicado. É necessário respeitar o consumo do produto indicado na embalagem, assim como o número de demãos, já que a economia nesse serviço pode resultar em uma impermeabilização deficiente.

Como principal vantagem a membrana acrílica após aplicado não apresenta nenhuma emenda em toda sua extensão, eliminando a ocorrência de pontos falhos e vulneráveis, conferindo propriedades elásticas, excelente estabilidade térmica e grande aderência ao substrato. No caso de haver a necessidade de rompimento da manta já existente, por diversas finalidades, como por exemplo, para a fixação de antenas, para a recomposição da manta é feita sem o menor prejuízo à sua monoliticidade, mantendo todas as características iniciais, após sua restauração.

Pode ser utilizada em vários locais onde as tradicionais mantas asfálticas tornaram-se ineficientes, agregando baixo custo, praticidade de aplicação, alto desempenho e excelente durabilidade.

2.4.1.2.2 Mantas Asfálticas

As mantas asfálticas são utilizadas em larga escala em projetos de impermeabilização, sendo indicadas para locais com vastas áreas a serem impermeabilizadas.

Segundo a ABNT NBR 9952:1998 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1998) as mantas asfálticas podem ser classificadas como tipo I, II, III e IV, utilizando como parâmetros ensaios realizados para verificação de espessura, resistência à tração, absorção d'água, flexibilidade a baixa temperatura, escorramento, estabilidade dimensional, entre outros.

Porém, pela grande diversidade de produtos, são geralmente classificadas no mercado de acordo com o desempenho, o tipo de asfalto e os revestimentos utilizados, de acordo com as tabelas 1,2 e 3, respectivamente:

Tabela 1 - Classificação das mantas segundo o desempenho

TIPO	CARACTERÍSTICA	APLICAÇÕES
I	São mantas de desempenho básico. Com resistência mecânica e elasticidade mais baixas, são indicadas para locais com pouco trânsito e carregamentos leves. Este tipo praticamente não é usado nas obras brasileiras.	Pequenas lajes não expostas ao sol, banheiros, cozinhas, varandas, baldrames, vigas- calha, etc.
II	Produto com resistência mecânica adequada a situações leves e moderadas, como o de áreas internas residenciais, pequenas lajes e fundações. Também podem ser usadas em impermeabilizações com mantas duplas.	Lajes sob telhados, banheiros, cozinhas, varandas, baldrames, etc.
III	Mantas de elasticidade e resistência mecânica elevadas, desenvolvidas para a impermeabilização de estruturas sujeitas a movimentações e carregamentos típicos de um edifício residencial ou comercial.	Lajes maciças, pré-moldadas, steel deck, terraços, piscinas, camadas de sacrifício em sistema de dupla manta, etc.
IV	Trata-se de material de alto desempenho e maior vida útil. São indicadas para estruturas sujeitas a maiores deformações por dilatação ou por grandes cargas, como	Lajes de estacionamentos, tanques e espelhos d'água, túneis, viadutos, rampas, helipontos, etc.

	obras viárias e de infraestrutura.	
--	------------------------------------	--

Fonte: Equipe de Obra (2012, p. 18)

Tabela 2 - Classificação das mantas segundo o tipo de asfalto

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Elastoméricas	Os elastômeros são substâncias que, misturadas ao asfalto, tornam a manta mais elástica.
Plastoméricas	As mantas feitas com asfaltos misturados a plastômeros apresentam boa resistência mecânica, térmica e química.

Fonte: Equipe de Obra (2012, p. 18)

Tabela 3 - Classificação das mantas segundo o revestimento

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Polietileno	As mantas com acabamento em polietileno são desenvolvidas para aplicação com maçarico.
Areia	As mantas com acabamento em areia são desenvolvidas para aplicação com asfalto quente ou maçarico.
Alumínio	Desenvolvido para impermeabilização de coberturas e lajes sem proteção mecânica e sem trânsito de pessoas ou veículos, o revestimento em alumínio na face exposta é resistente aos raios solares e proporciona relativo conforto térmico à edificação.
Geotêxtil	Desenvolvido para impermeabilizar lajes sem proteção mecânica e sem trânsito de pessoas ou veículos. O revestimento com material geotêxtil na face exposta é preparado para receber pinturas refletivas.
Ardosiado	Desenvolvido para impermeabilizar lajes sem proteção mecânica e sem trânsito de pessoas ou veículos. O revestimento com ardósia natural e grânulos minerais na face exposta dá acabamento final à superfície e protege a manta contra a ação dos fenômenos climáticos.
Antirraiz	Para uso em jardineiras, o produto recebe tratamento com produtos que inibem o crescimento de raízes (herbicidas), para que elas não danifiquem a impermeabilização.

Fonte: Equipe de Obra (2012, p. 18)

2.4 Detalhes Construtivos

O êxito e o bom desempenho de todo o sistema impermeabilizante também irá depender de várias particularidades, garantindo assim a estanqueidade de pontos cruciais, como os detalhes construtivos existentes nas bordas, nos encontros

com ralos, nas mudanças de plano, nas juntas, nas tubulações que atravessam a cobertura, nos rodapés, nos cimentos e nas regularizações, entre outros. Esses pontos críticos são os responsáveis pela maior parte dos problemas encontrados nos sistemas de impermeabilização, merecendo uma atenção especial, tanto na fase de projeto, quanto na fase de execução.

Segundo ABNT 9575 (2010) item 6.4, o projeto executivo de impermeabilização deve atender a detalhes construtivos como: inclinação mínima do substrato de áreas horizontais de 1% em relação aos ralos, cantos e arestas arredondadas no encontro entre planos verticais e horizontais, com o intuito de proteger e evitar danos ao sistema impermeabilizante, pois, uma simples fissura ocasionada devido às movimentações da laje, poderia colocar em risco a impermeabilização já executada.

2.4.1 Regularização e cimentos

Com base na NBR 9575 (ABNT 2010), é necessário executar a regularização das superfícies com argamassa desempenada de cimento e areia, com cimento mínimo de 1% em direção aos coletores de água, para calhas e áreas internas é permitido um mínimo de 0,5%. Todo o encontro entre planos verticais e horizontais deve possuir detalhes específicos, como a necessidade de arredondar ou chanfrar os cantos vivos e arestas, de forma a permitir um ajustamento contínuo do sistema impermeabilizante, sem dobragem em ângulo, tubulações emergentes e ralos que deverão estar rigidamente fixados, com o intuito de garantir a perfeita execução de arremates.

É necessário remover partes soltas, providenciar a limpeza da superfície, removendo o excesso de concreto, massa, desmol e poeira, verificar se a regularização encontra-se bem aderida ao substrato em todos os pontos antes de aplicar a impermeabilização, e se necessário, executar correções de eventuais falhas de concretagem.

O intuito de executar meias-cana, arredondamentos ou chanfras é o de proteger os vértices e os cantos contra a pressão hidrostática nestes locais, já que são considerados pontos cruciais, evitando desperdício da aplicação dos materiais

impermeabilizantes, pois arestas vivas podem vir a causar acúmulos e formação de vincos.

2.4.2 Ralo

A NBR 9575 (ABNT 2010) – “Impermeabilização – Seleção e Projeto” atenta para que os diâmetros mínimos dos coletores sejam adotados como previstos no projeto hidráulico após a execução da impermeabilização, adotando-se um diâmetro nominal mínimo de 75mm, bem como para que sejam rigidamente fixados à estrutura. Os coletores devem estar afastados dos planos verticais no mínimo 10 cm, para possibilitar o manuseio dos produtos durante a execução do arremate.

Quando no processo de fixar os coletores rigidamente à estrutura, é de extrema importância garantir a não existência de vazios internos, para que não ocorram

o
destes
com arç



Figura 1 - Detalhe ralo

grautes,
retração
compens
do ralo

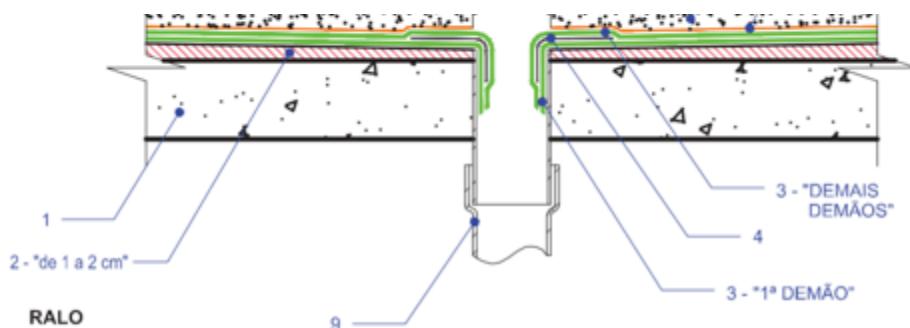


Figura 3



Fonte: Manual Técnico Vedacit (48^a Edição, p. 211)

2.4.3 Rodapé

A NBR 9575 (ABNT 2010) – “Impermeabilização – Seleção e Projeto”, exige que no processo de impermeabilização, deve ser previsto nos planos verticais encaixe para embutir a impermeabilização, de acordo com a exigência do tipo aplicado, a uma altura mínima de 20 cm acima do piso acabado ou 10 cm do nível máximo que a água possa atingir, a fim de evitar o desprendimento da impermeabilização ou a infiltração da água por detrás da mesma, como mostra a Figura

na fa

idade

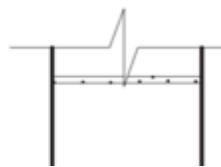
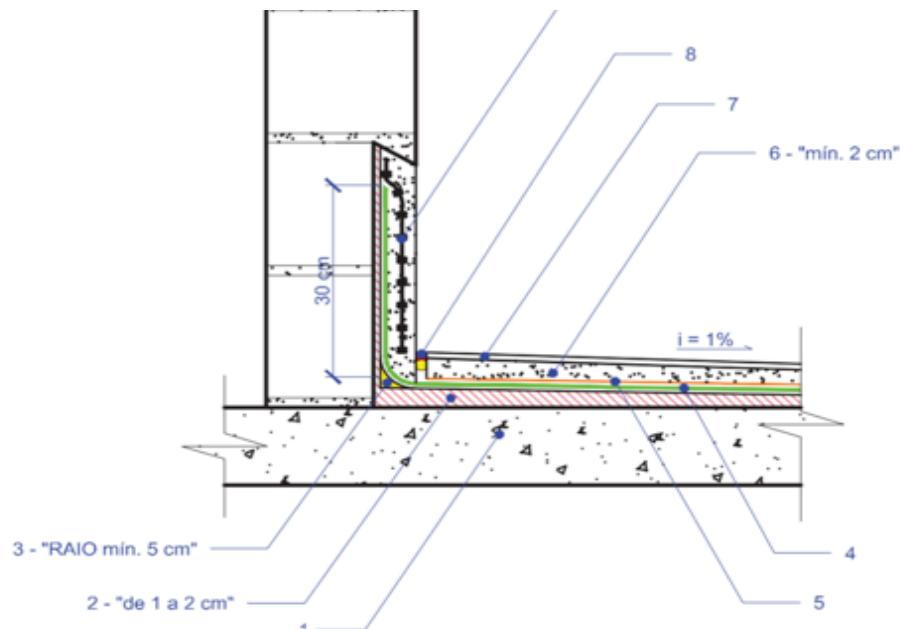


Figura 2 - Detalhe Rodapé



LEGENDA	
	1 - ESTRUTURA
	2 - REGULARIZAÇÃO
	3 - MEIA CANA
	4 - MEMBRANA ASFÁLTICA
	5 - CAMADA SEPARADORA
	6 - PROTEÇÃO MECÂNICA
	7 - ACABAMENTO
	8 - SELANTE E DELIMITADOR DE PROFUNDIDADE
	9 - TELA PLÁSTICA OU GALVANIZADA

Fonte: Manual Técnico Vedacit (48^a Edição, p. 209)

2.4.4 Chumbamento

Conforme orientações da NBR 9575 (ABNT 2010) – “Impermeabilização – Seleção e Projeto”, os chumbamentos devem ser detalhados, prevendo-se os reforços adequados, que devem estar fixados, preferencialmente, antes da execução da impermeabilização, não causando interferência na sua execução, possibilitando o arremate da impermeabilização a uma altura não inferior a 20 cm.

2.4.5 Soleira

De acordo com a NBR 9575 (ABNT 2010) – “Impermeabilização – Seleção e Projeto”, nos locais limites entre áreas externas impermeabilizadas e internas, deve haver diferença de cota de no mínimo 6 cm e ser prevista a execução de barreira física no limite da linha interna dos contramarcos, caixilhos e batentes, para perfeita ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa.

Na ocorrência de ambientes cobertos com acesso às áreas impermeabilizandas, é extremamente necessário que a impermeabilização adentre nos ambientes cobertos no mínimo 50cm.

2.4.6 Junta de Dilatação

Conforme NBR 9575 (ABNT 2010) – “Impermeabilização – Seleção e Projeto”, deve-se prever tratamento específico compatível aos esforços atuantes e materiais utilizados na impermeabilização. As juntas de dilatação devem ser divisores de águas, apresentando cotas mais elevadas no nivelamento do cimento.

3. PROJETO DE SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES

3.1 A importância do Projeto de Impermeabilização

De acordo com dados obtidos através da 48^a edição do Manual Técnico da empresa Vedacit, que atua no ramo de produtos impermeabilizantes a mais de 80 anos, o projeto de impermeabilização deve ser desenvolvido juntamente com o projeto geral e os projetos setoriais, prevendo-se os correspondentes específicos em termos de dimensões, cargas de teste e detalhes.

O item impermeabilização compõe-se de um conjunto de camadas, com funções específicas, onde cada qual deve ser adequadamente dimensionada e planejada, de acordo com um projeto de impermeabilização, seguindo os critérios exigidos pela NBR 9575:2010 – Elaboração de Projetos de Impermeabilização. A existência de um projeto de impermeabilização é importante, podendo elevar o nível da qualidade da edificação, bem como garantir a eficiência desejada com uma melhor relação custo-benefício.

O projeto de impermeabilização, além de ser exigência da NBR 9575:2010, auxilia um melhor planejamento da execução da impermeabilização. Segundo Azevedo (1993), o projeto de impermeabilização pode contribuir apresentando alternativas de tipos de produtos impermeabilizantes para uma mesma área, auxiliando na obtenção de orçamentos mais realistas, possibilitando uma melhor racionalização do uso de materiais, melhorando sua interface com outros sistemas, facilitando a execução e a fiscalização dos serviços.

Segundo a NBR 9575:2010: Impermeabilização – Seleção e Projeto, o projeto de impermeabilização deve abranger as condições mínimas de proteção da

construção contra a passagem de fluidos, bem como a salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a garantir a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram. Ainda que não seja comum tratar com grande relevância a exigência do projeto de impermeabilização, o projeto é um importante instrumento, figurando como ferramenta de comunicação entre quem concebe a estrutura, quem planeja e quem a executa, além de definir de maneira técnica e imparcial o que deve ser executado em um dado lugar.

3.2 Aspectos do projeto de impermeabilização

Com base na norma prescritiva NBR 9575 (ABNT 2010), a seleção do sistema de impermeabilização e o projeto devem ser compostos de um projeto básico e de um projeto executivo, além de detalhes construtivos para garantir a execução e o desempenho do sistema de impermeabilização. O item projeto básico, presente no projeto de impermeabilização deve contemplar alguns itens específicos, como:

- Definição das áreas a serem impermeabilizadas;
- Equacionamento das interferências existentes entre todos os elementos e componentes construtivos;
- Definição dos sistemas de impermeabilização;
- Planilha de levantamento de quantitativo;
- Estudo de desempenho;
- Estimativa de custos.

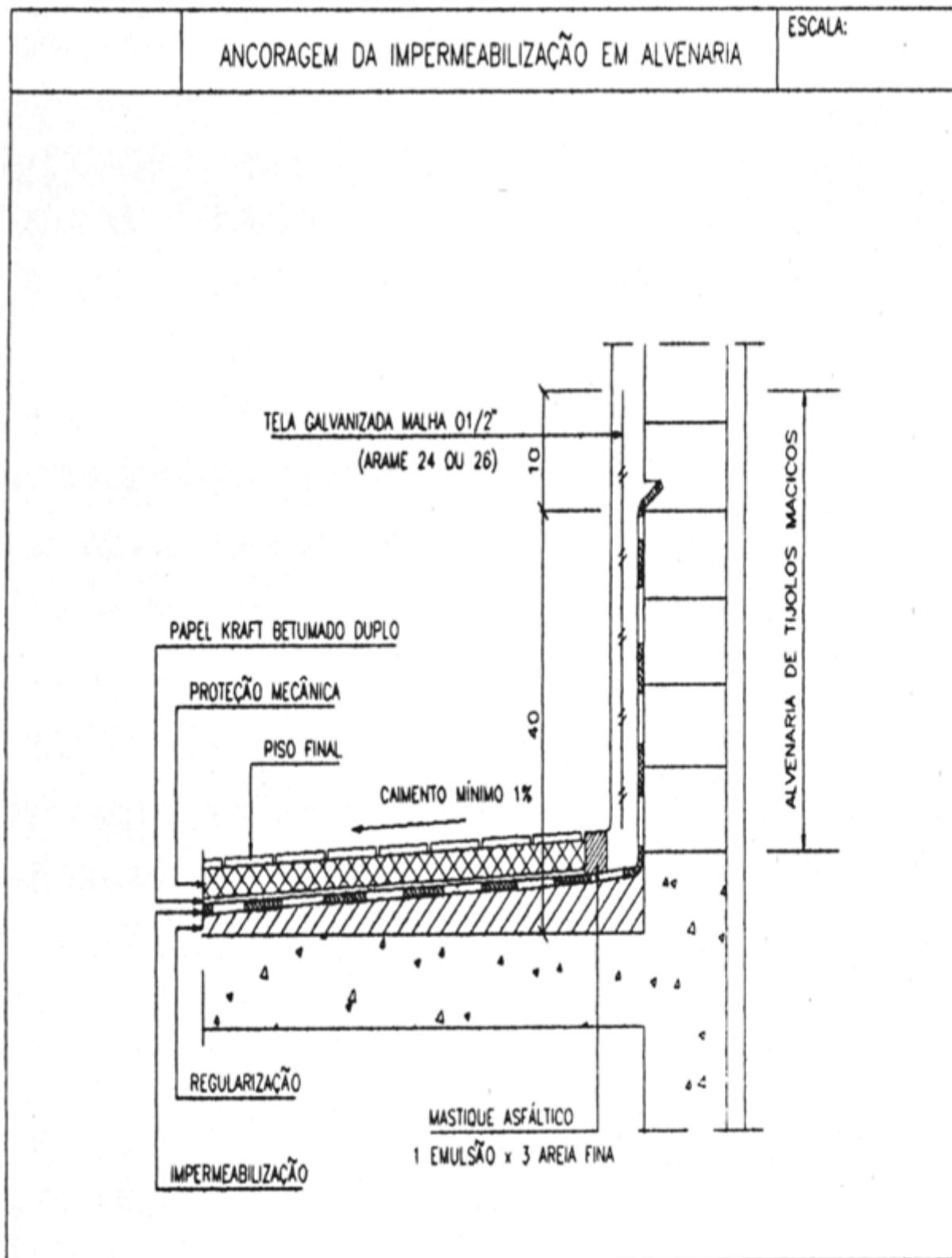
O item projeto executivo, também presente no projeto de impermeabilização, deve abranger itens específicos, como:

- Plantas de localização e identificação das impermeabilizações, bem como dos locais de detalhamento construtivo;
- Detalhes específicos indicando as soluções de impermeabilização;
- Detalhes construtivos descrevendo as soluções adotadas no projeto arquitetônico;
- Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização;

- Memorial Descritivo de procedimentos de execução;
- Planilha de quantitativo de materiais e serviços;

O item relativo aos serviços complementares ao projeto executivo de impermeabilização inclui itens que abrangem a metodologia para controle e inspeção de serviços e produtos especificados e as diretrizes para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção. A Figura 5 apresentada a seguir demonstra um exemplo de projeto executivo, detalhando notas importantes para a execução da impermeabilização.

Figura 5 - Detalhe de projeto executivo de impermeabilização



Fonte: PORCELLO, Ernani Camargo. O projeto de impermeabilização – Impermeabilização.

Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica PUCRS, maio/jun. de 1977, p.40

3.3 Dimensionamento do projeto de impermeabilização

Para Siqueira Filho (1997) o projeto de impermeabilização pode dividir-se nas seguintes fases: estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo. As seguintes fases buscam combinar-se entre si com o intuito de fornecer as informações necessárias para que se obtenha um adequado dimensionamento do projeto de impermeabilização.

O Building Research Establishment- BRE (1992) evidencia três principais fatores a serem analisados na etapa de seleção do sistema de impermeabilização mais adequado. O primeiro é a presença de um projeto arquitetônico, com a indicação das áreas, o nível de complexidade do edifício e a que este se destina. O segundo fator atenta ao desempenho do sistema de impermeabilização, buscando considerar o tipo de clima e as condições de exposição da camada de impermeabilização, analisando se está de acordo com a durabilidade esperada. O terceiro fator é em relação ao custo do sistema de impermeabilização, buscando estabelecer uma relação entre o custo e o desempenho.

Além dos parâmetros apresentados pelo BRE, MELHADO et al. (1996) estabeleceu alguns parâmetros para orientar quanto à seleção do sistema de impermeabilização mais adequado, que são:

- a) Parâmetros referentes com as características do empreendimento: refere-se ao padrão do empreendimento, que irá interferir na seleção do sistema de impermeabilização, uma vez que produtos de elevado padrão possam admitir soluções que correspondam a uma maior parcela do custo total da obra.
- b) Pârametros referentes as características da laje: segundo MELHADO et al (1996), o aspecto mais importante da laje a ser impermeabilizada refere-se a sua deformabilidade, uma vez que quanto maior for, mais flexível terá de ser o sistema de impermeabilização a ser utilizado.
- c) Parâmetros referentes as características do ambiente: analisa-se o nível de ocorrência de água no ambiente, bem como o risco de ocorrer acidentes.
- d) Parâmetros referentes as características do sistema de impermeabilização: relaciona-se a garantia fornecida pelo fabricante, bem como a durabilidade esperada do sistema com relação ao custo não apenas da camada impermeável, mas também o custo global, como de utilização e manutenção.

3.4 Etapas posteriores ao processo de impermeabilização

Logo após a conclusão da aplicação do sistema impermeabilizante determinado para tal local, prosegue-se para a execução dos serviços que irão proteger a camada impermeabilizante das intempéries, que são a proteção mecânica e a proteção térmica, quando especificadas no projeto. Algumas verificações prévias ao início dessas atividades consistem em averiguar a uniformidade, homogeneidade e bom aspecto da superfície impermeabilizada, além da necessidade de conferir o cimento dos coletores de água, impedindo que a água se direcione para outros locais indesejáveis, sendo necessário realizar testes finais.

3.5 Isolamento térmico

Segundo a NBR 9575 (ABNT 2010), o isolamento térmico é a camada com a função de reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra os efeitos danosos do calor excessivo.

Devido ao efeito de contração e dilatação que todas as estruturas estão suscetíveis, que variam conforme o coeficiente de dilatação térmica de cada material, a presença de fissuras e movimentos da estrutura podem inviabilizar a impermeabilização, resultando em infiltrações que põe em risco o desempenho da edificação.

Com o intuito de reduzir os impactos causados pelas dilatações e retracções nos elementos estruturais, devem ser providenciadas algumas medidas, como o isolamento térmico da laje que recebe grande incidência de raios ultravioletas ou está totalmente desprotegida das intempéries, priorizando a presença de juntas de dilatação, conferindo menor comprimento dos elementos construtivos.

O planejamento de um isolamento térmico apropriado garante um melhor desempenho da impermeabilização e ainda auxilia no conforto térmico, na economia de energia, na estabilidade da estrutura e no aumento da vida útil da edificação. Os materiais utilizados convencionalmente para conferir proteção térmica aos sistemas impermeabilizantes são a cortiça, fibra de madeira, lã de vidro, espuma rígida de poliuretano, concreto celular, placas de poliestireno expandido (EPS), como mostra a Figura 6, dentre outros materiais.

Figura 6 - Placas de poliestireno expandido e modificado



(Cruz, 2003, p. 85)

Com base na NBR 9575:2010, a camada do isolamento térmico pode ser disposta sobre a impermeabilização, ou por baixo da impermeabilização. Tratando-se desta camada se dispondo sobre a impermeabilização, algumas vantagens são identificadas, como conferir à impermeabilização uma proteção térmica, resultando numa maior durabilidade, servindo também como identificador de falha na impermeabilização, pois a identificação de uma possível falha é facilitada.

3.6 Proteção mecânica

Com base na NBR 9575:2010 a proteção mecânica é a camada com a função de absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços.

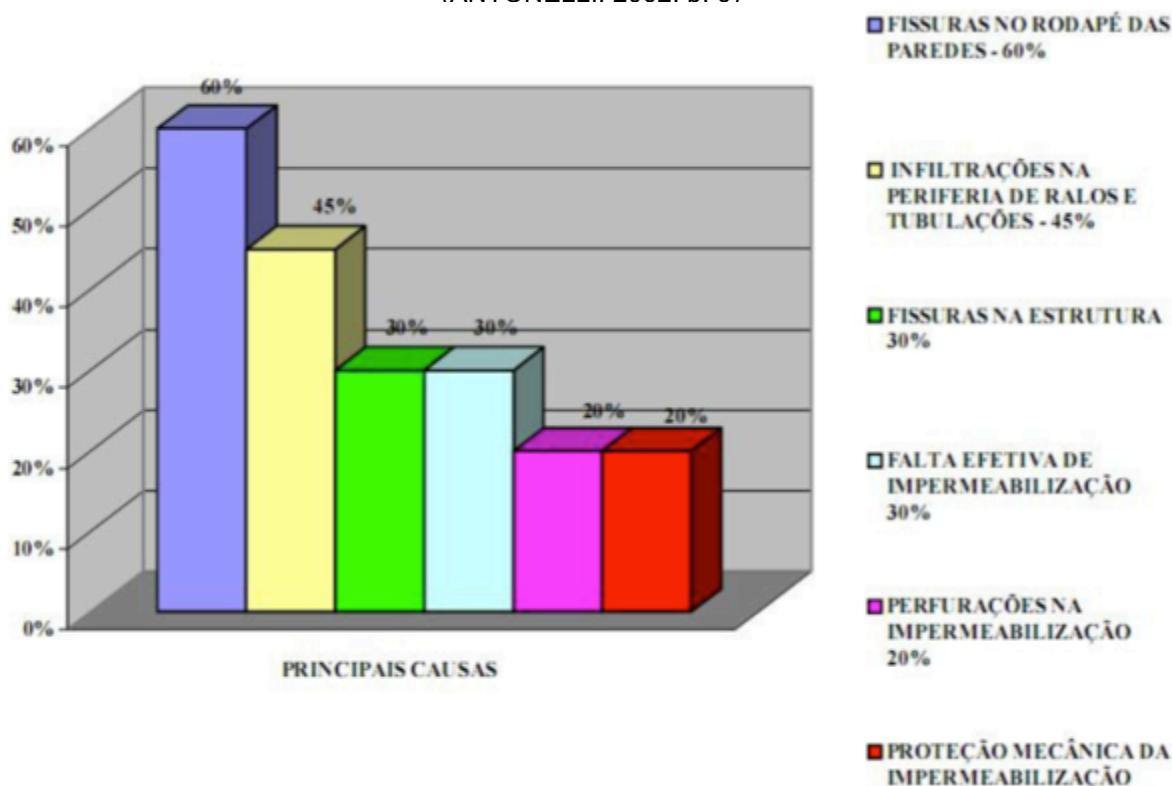
Uma camada separadora entre a camada impermeabilizante e a proteção mecânica é essencial para impedir a completa adesão da camada protetora junto à camada impermeabilizante. A camada separadora pode ser de papel *kraft*, filme polietileno ou fôltro asfáltico.

3.7 Principais Consequências da umidade

Inúmeras patologias são ocasionadas devido a falhas existentes no processo de impermeabilização. Em estudo realizado por Antonelli (2002), foram listadas as principais causas de infiltrações em uma dada edificação, representada na Figura 7.

Figura 7 - Principais efeitos causados pelas falhas na impermeabilização

(ANTONELLI. 2002. p. 6)



podem ser por alguns fatores, como:

- Ausência de projeto de impermeabilização;
- Especificação inadequada de materiais;
- Falta de dimensionamento e previsão do número de coletores pluviais;
- Interferência de outros projetos na impermeabilização.

Um aspecto tão importante quanto um bom detalhamento de projeto de impermeabilização, é garantir que a execução seja realizada por profissionais aptos a aplicar o produto do sistema impermeabilizante adotado, dando ao contratante certa tranquilidade. Alguns efeitos ocorrem devido a uma má execução, com base em estudo realizado por Godóy e Barros (1997 *apud* Moraes 2002), destacam-se:

- Falta de argamassa de regularização que ocasiona a perfuração da impermeabilização;
- Não arredondamento de cantos e arestas;
- Execução da impermeabilização sobre a base úmida, no caso de aplicações de soluções asfálticas, comprometendo a aderência e podendo gerar bolhas que ocasionarão deslocamento e rupturas da camada impermeabilizante;
- Execução da impermeabilização sobre base empoeirada, comprometendo a aderência;
- Juntas travadas por tábuas ou pedra, com cantos cortantes que podem agredir a impermeabilização;
- Uso de camadas grossas na aplicação da emulsão asfáltica, para economia de tempo, dificultando a cura de emulsão;
- Falhas em emendas;
- Perfuração de manta pela ação de sapatos com areia, carrinhos e etc.

Além de ser essencial certa cautela com a execução do produto, levando em consideração o método de aplicação do fabricante, é também importante certificar-se que o material utilizado seja de boa qualidade e garantir sua adequada manutenção, para que não ocorram falhas. Caso ocorram falhas na concretagem, revestimento ou chumbamento não executado de forma apropriada, bem como a instalação de peças e equipamentos, como antenas e outros, o risco do aparecimento de patologias é alto, o que gera a necessidade de reimpermeabilizar.

Destacam-se como principais consequências da umidade a presença de goteiras e manchas, mofo e apodrecimento, ferrugem, eflorescências, criptoflorescências, gelividade entre outros. Tais consequências citadas danificam os materiais presentes e põe em risco a durabilidade da edificação, dando lugar ao surgimento de patologias.

Segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), tanto as estruturas quanto os ocupantes dos imóveis são vítimas da umidade, propiciando condições que ameaçam diretamente a saúde dos usuários. Para a edificação, as consequências mais visíveis da infiltração são a desagregação do revestimento, eflorescências no concreto e em argamassas, deterioração e embolhamento de pinturas e o comprometimento da estrutura a longo prazo.

De acordo com Pinto (1996), as patologias de impermeabilização de uma forma geral apresentam-se com características próprias e sistematizadas conforme as descrições a seguir:

- Carbonatação: em superfícies de estruturas de concreto expostas às intempéries, a alcalinidade pode ser reduzida com o tempo, acarretando a despassivação da armadura da estrutura, onde essa redução ocorre pela ação do gás carbônico presente na atmosfera ilustrado através da figura 8a;
- Corrosão: ataque de natureza eletroquímica nas barras de aço da estrutura, onde a presença de umidade conduz a formação de óxidos/hidróxidos de ferro, ilustrado através da figura 8c;
- Degradação do concreto: ocorre devido a ação da água provocando a dissolução de sais e lixiviamento dos mesmos, ilustrado através da figura 8b;
- Degradação do forro de gesso: decomposição do revestimento executado em placas de gesso, devido a ação da água, provocando a dissolução de sais e lixiviamento dos mesmos, vindo a manifestar-se na superfície como bolor, descascamento da pintura e desagregamento do revestimento.
- Eflorescências: formação de depósitos de sais cristalizados originados pela migração de água, rica em sais, do interior dos componentes de alvenaria ou concreto, são identificados por coloração geralmente esbranquiçada, ilustrado através da figura 8d.
- Gotejamento de água: causada por umidade excessiva que se concentra em um ponto da superfície por tensão superficial, caindo por gravidade atingir determinado volume.
- Mancha de umidade: parte circunscrita da superfície que se apresenta impregnada de água, apresentando cor diferente do restante da mesma.
- Vesículas: formações de bolhas na pintura, que apresentam em seu interior nas cores brancas, preta e vermelha acastanhado.

Figura 8 - Patologias causadas pela presença da umidade



Fonte: Revista Téchne (144^a Ed., 2012)

4. ESTUDO DE CASO – ANÁLISE E SUGESTÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Será descrito o estudo de caso que analisou a necessidade de se impermeabilizar a laje de cobertura de um edifício residencial localizado na zona urbana da cidade de João Pessoa – PB, no bairro de Manaíra. São discutidas, também, as principais características de aplicação de um determinado produto impermeabilizante, bem como as restrições aplicadas à mesma.

O estudo consiste em analisar parâmetros para indicar o tipo de sistema mais adequado para esse local em questão, os principais produtos disponíveis no mercado local e um estudo de viabilidade econômica dos mesmos. Há, no mercado da cidade de João Pessoa – PB, uma vasta variedade de produtos com características distintas para um fim específico em comum. Sendo assim, torna-se pertinente analisar, dentro de um conjunto de produtos que ofereçam desempenho satisfatório, qual dentre estes oferece um melhor custo-benefício, levando em consideração o tempo de aplicação, o tipo de mão-de-obra exigida, o custo final do produto, entre outros aspectos.

4.1 Caso I – Laje de Cobertura

A finalidade da impermeabilização em um edifício residencial, como em todas as edificações de forma geral, é conferir estanqueidade. A laje de cobertura dentre todos os elementos de um edifício, é o local que está mais suscetível e exposto às intempéries, sendo essencial uma adequada impermeabilização de todos os espaços que terão a influência da água.

Existem diferentes tipos de laje de coberta, que segundo Perdigão (2007), são:

- Lajes de coberta não acessíveis: são as que não serão usadas para qualquer tipo de circulação, à exceção de eventuais trabalhos de manutenção.
- Lajes de coberta acessíveis: são as que permitem a livre circulação de pessoas ou veículos sobre a cobertura, o que implica uma proteção mecânica da camada de impermeabilização.
- Lajes de coberta ajardinadas: onde se colocam jardins com todo tipo de vegetação. Apresentam características especiais, desde a necessidade de regar,

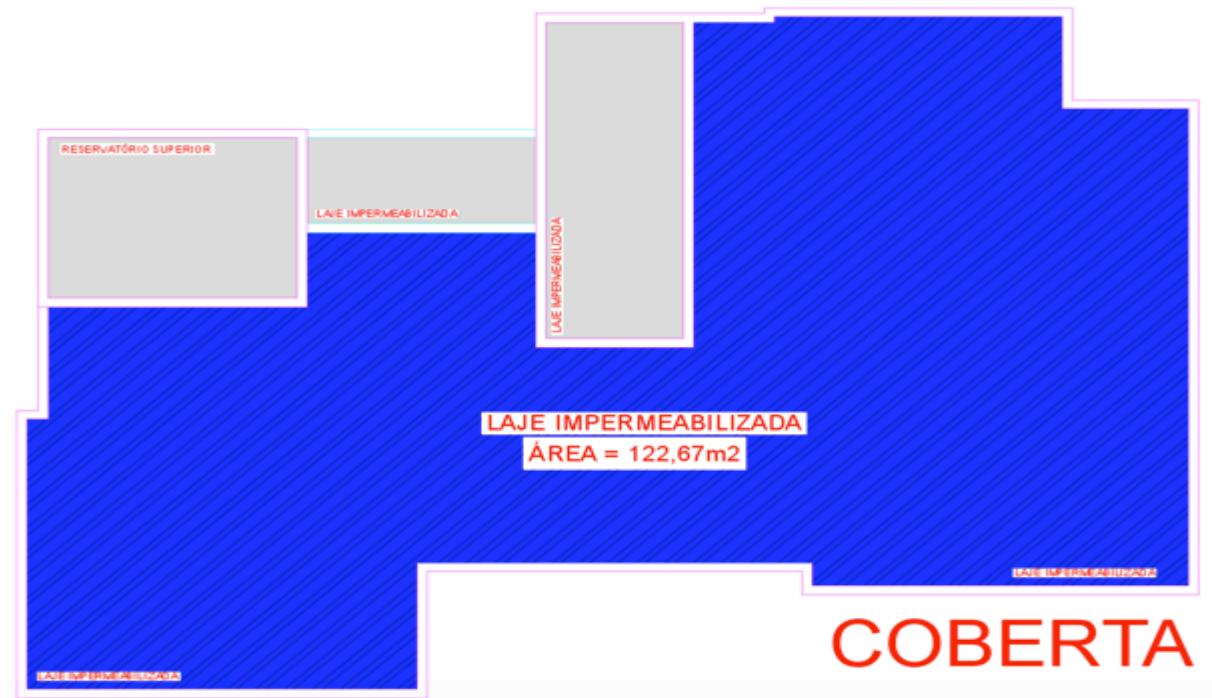
que aumenta a quantidade de água existente, até a erosão causada pelas próprias raízes da vegetação.

Dado os diferentes tipos de cobertura, que se diferenciam de acordo com o uso dado às mesmas, encontram-se disponíveis diversos produtos, que se distinguem de acordo com a eficiência demonstrada.

4.1.1 *Descrição do local*

A obra estudada trata-se de um residencial multifamiliar composto por semi-subsolo, pilotis, mezanino e dezesseis (16) pavimentos tipo. A construção foi iniciada em Abril de 2014 e a previsão para o término é em Julho de 2017, localizada na zona urbana da cidade de João Pessoa – PB, no bairro de Manaíra. A execução de impermeabilização estudada é a da laje de cobertura, que é do tipo não acessível, exceto para eventuais trabalhos de manutenção, construída em concreto armado e com laje maciça. A área impermeabilizada foi de 141,07m² e suas condições geométricas podem ser observadas na Figura 9.

Figura 9 - Planta baixa do pavimento cobertura



4.1.2 Condição da superfície

A situação da laje de cobertura apresentava-se em estado regular, plano, homogêneo e com algumas protuberâncias, que foram corrigidas com uma camada de regularização de argamassa de cimento e areia com traço volumétrico 1:3. Foi necessário serrar os comprimentos excedentes dos tubos de PVC de coletores de água pluvial. No preparo da superfície foram removidas, com ferramentas manuais, todas as protuberâncias, como restos de fôrmas, aço, argamassas, a fim de se obter uma superfície lisa e homogênea. Na Figura 10 a situação da superfície pode ser ilustrada.

Figura 10 - - Condição de superfície e limpeza



Fonte: Acervo Pessoal

4.1.3 Solução adotada

Para que se possa definir qual o sistema de impermeabilização a ser utilizado na laje de coberta não acessível, precisamos detalhar algumas condições específicas dessa laje, como por exemplo, a estrutura (laje de concreto armado, treliçada, nervurada, pré-moldada, protendida etc.), pois certas variáveis interferem na escolha do sistema impermeabilizante.

O tipo de estrutura da laje é em concreto armado, do tipo maciça, com a finalidade de receber pessoas apenas para eventuais trabalhos de manutenção da área. As cargas atuantes nesta laje são em decorrência da existência de reservatório superior e casa de máquina no pavimento subsequente a mesma, exigindo da estrutura uma maior flexibilidade, elasticidade e resistência à fadiga.

A laje não apresenta juntas de dilatação em sua extensão, porém apresenta comprimentos excedentes de tubos de PVC dos coletores de água pluvial, além de tubos de ventilação presentes na laje. O tipo de solicitação imposta à estrutura pela água é causado pela água de percolação, ou seja, oriunda de chuvas. A situação da laje em questão é definida como laje recém-construída.

Esses detalhes especificados ajudarão a definir o sistema de impermeabilização mais adequado, indicando se será preciso um material mais elástico ou menos elástico, informando ainda se o elemento estrutural necessita ter resistência à abrasão, pois nesse caso seria necessário utilizar proteção mecânica. O procedimento utilizado para se chegar a uma solução, não é apenas consultar o manual de um fabricante qualquer e escolher o produto A, B ou C. Consiste no processo de primeiramente caracterizar a área a ser impermeabilizada, buscando um produto que se adeque e tenha a finalidade procurada.

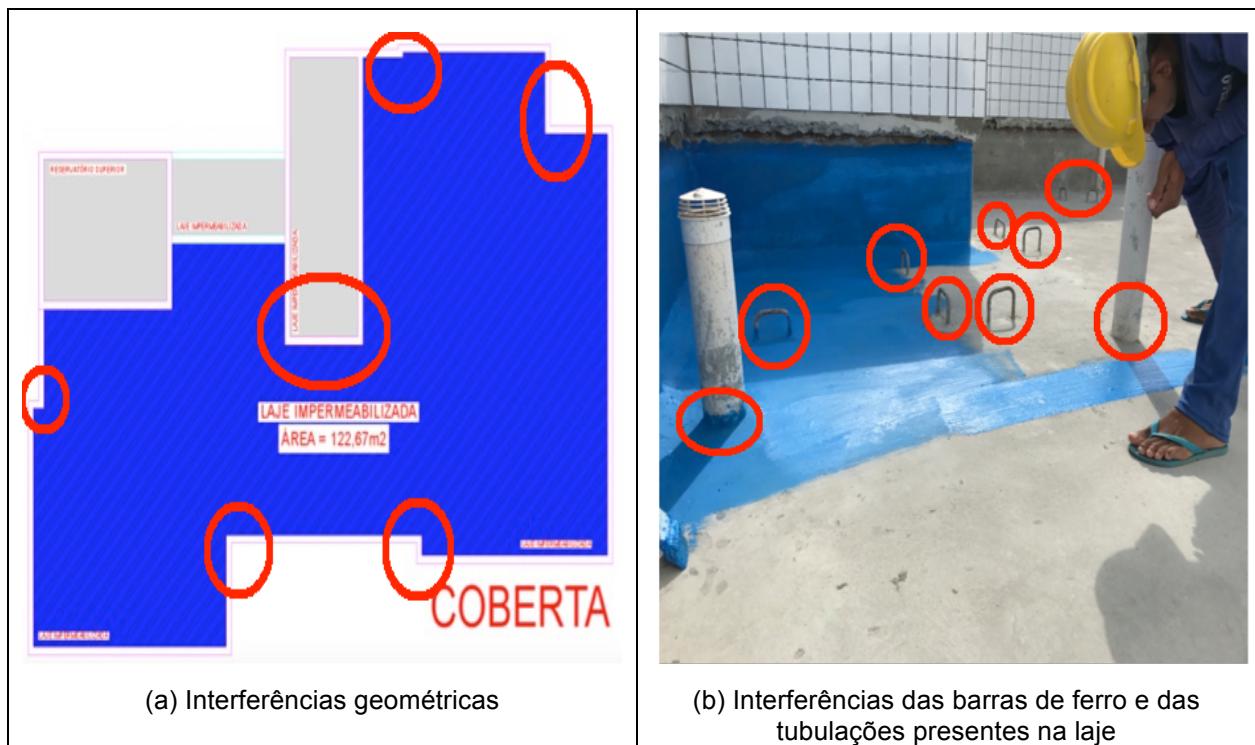
No processo de analisar a estrutura e entender sua necessidade para se tornar impermeável, individualizamos a necessidade daquela estrutura ao processo de impermeabilização. Ao escolhermos o tipo de produto que podemos usar, devemos analisar no mercado local o melhor custo-benefício e preferir produtos que possuam melhor credibilidade.

De acordo com todas as informações citadas acima, podemos identificar a necessidade da laje de coberta em questão. Tanto nas lajes de coberta acessíveis ou não, recomenda-se a utilização de mantas asfálticas, por apresentarem vantagens de espessura constante e definida, pelo fato de serem pré-moldadas,

além de não necessitarem de tempo de secagem, tornando o processo de aplicação mais rápido.

No processo de seleção da escolha do sistema impermeabilizante mais adequado, deve-se considerar o fato da presença de interferências no local a ser impermeabilizado. Nota-se, pela Figura 11, que a laje de coberta em questão apresenta algumas interferências e alguns recortes e detalhes, apresentando como solução mais adequada o uso de membranas moldadas *in loco*. Utilizou-se então, membrana acrílica, para solucionar o problema de estanqueidade do elemento estrutural estudado.

Figura 11 Interferências presentes na laje estudada



Fonte: Acervo Pessoal

4.1.4 Análise do uso comparativo entre membrana acrílica e manta asfáltica

De acordo com dados fornecidos pelo IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização), e conforme as prescrições normativas da ABNT NBR 13321 – Membrana Acrílica para Impermeabilização e ABNT NBR 9952 – Manta Asfáltica para Impermeabilização, agruparam-se algumas informações com o objetivo de exemplificar através da tabela 4, logo abaixo, as principais características dos dois tipos de sistemas impermeabilizantes analisados neste tópico.

Tabela 4 - Tabela comparativa entre os sistemas

ASPECTO	MANTA ASFÁLTICA	MEMBRANA ACRÍLICA
Espessura	uniforme	pode apresentar variação, comprometendo a eficiência
Controle e Fiscalização	apresenta maior facilidade de controle	pode apresentar variação do consumo, de acordo com o número de demões
Tipo de aplicação	em uma única vez	em múltiplas camadas, ficando vulnerável às intempéries
Presença de Interferências	não indicado caso haja muitas interferências	por se moldar ao local de aplicação, é mais indicado
Tempo de execução	requer menor tempo de aplicação e liberação do local	apresenta maior tempo, pois necessita de várias camadas e de tempo de secagem
Pontos críticos	apresenta emendas, aumentando a possibilidade de falhas	não apresenta emendas, que são os pontos mais sujeitos à movimentação da estrutura
Durabilidade	atende a norma de desempenho que exige o mínimo de 5 anos	atende a norma de desempenho que exige o mínimo de 5 anos
Reparos Pontuais	não permite reparos localizados	permite reparos localizados
Tipo de mão de obra	mão de obra especializada	possibilidade de mão de obra não profissional
Detecção de Vazamentos	há maior dificuldade na detecção de vazamentos	maior facilidade de detecção
Forma de aplicação	à quente	à frio
Confinamento	permite confinamento da água	não é indicado para locais em que a água fique confinada
Fluxograma Executivo	requer menos processos	requer múltiplos processos

Fonte: Acervo Pessoal.

4.1.5 Análise da execução do sistema flexível em laje de cobertura

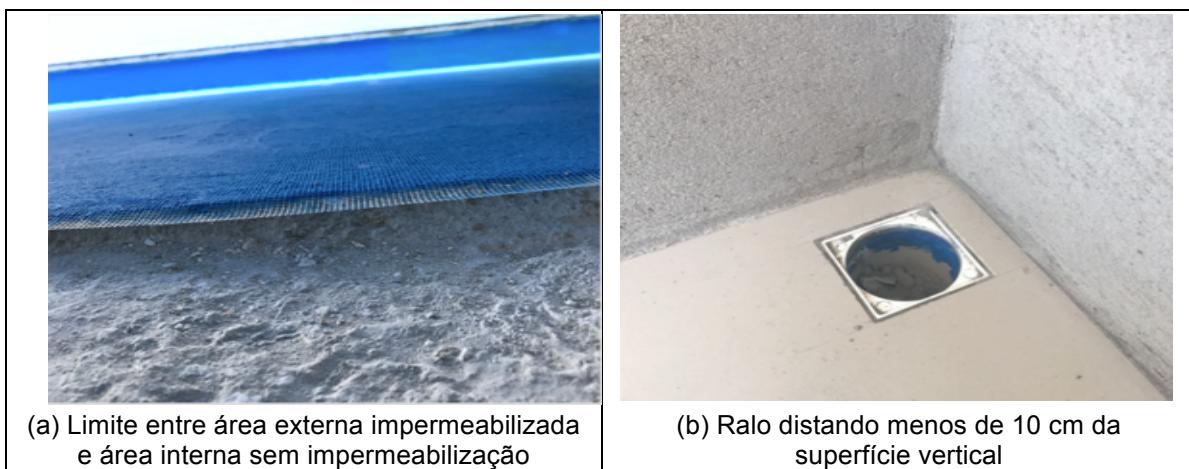
Com o objetivo de analisar o processo de execução com sistema flexível de membrana de base acrílica, acompanhou-se em obra, para que, por meio da referência bibliográfica acima realizada, apresentar opiniões e conceitos que poderão agregar no aperfeiçoamento deste sistema.

a) Projeto

A obra acompanhada não apresentava projeto executivo de impermeabilização como recomenda a norma ABNT NBR 9575:2010 – Impermeabilização – Seleção e projeto, apresentava apenas especificação de material e quantificação. A empresa responsável pela obra estudada afirma que foram poucos os processos impermeabilizantes realizados em suas obras baseados em projetos de impermeabilização, fundamentando-se no fato de já saberem qual produto utilizar em cada local e qual o procedimento necessário.

Muitas das falhas existentes nos processos impermeabilizantes podem ocorrer pela falta de compatibilização dos projetos. Na Figura 12a, observa-se que no limite entre a área externa impermeabilizada e a área interna sem impermeabilização, não houve execução de barreira física no limite da linha interna, para que houvesse perfeita ancoragem da impermeabilização. Na Figura 12b, nota-se a falta de compatibilização dos projetos hidráulicos, onde os ralos deveriam distar no mínimo 10cm de superfícies verticais, depois de terminada a impermeabilização.

Figura 12 Ausência de barreira física e espaço insuficiente



Fonte: Acervo Pessoal

b) Recebimento de material

No ato do recebimento do material, a armazenagem do produto não ocorreu conforme orientações técnicas do fabricante. Os materiais foram armazenados expostos às intempéries, conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 - Armazenagem do produto impermeabilizante



Fonte: Acervo Pessoal.

c) Regularização

Foi realizado a regularização das superfícies horizontais e verticais para que a membrana acrílica pudesse ser aplicada. Algumas interferências como algumas saliências e o corte dos tubos de escoamento de água pluvial tiveram que ser executadas antes do trabalho de impermeabilização. O serviço de corte dos tubos pode ser ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Serviço de serralheria



Fonte: Acervo Pessoal

d) Aplicação

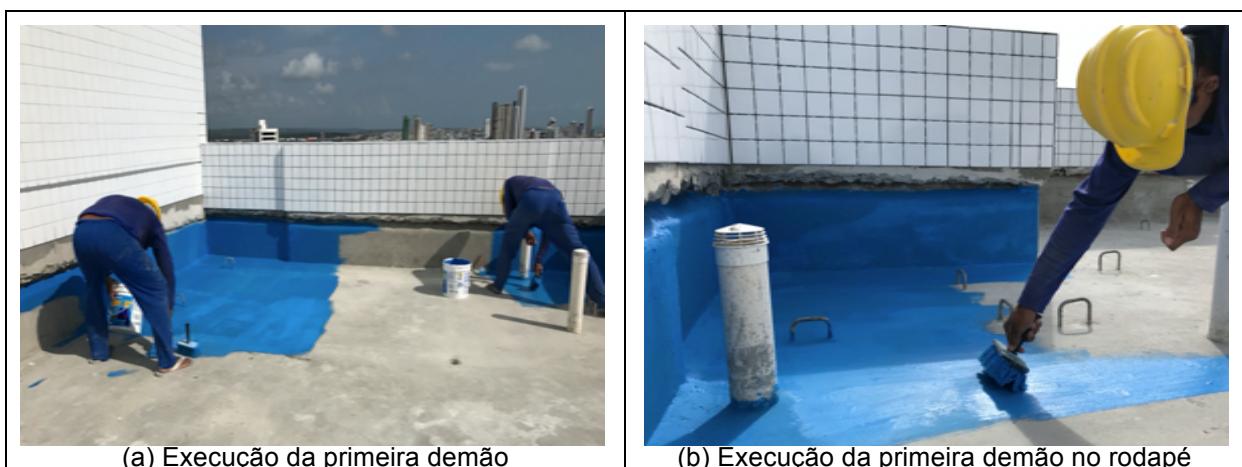
Em visita à obra na fase de aplicação, seguiu-se o manual técnico de execução do fabricante do produto utilizado. O material utilizado foi o “*Tecryl D3*”, do fabricante “*Tecryl*”. Conforme informações obtidas no portal online da empresa, o material utilizado é um impermeabilizante, mono componente, 100% atóxico de base acrílica, flexível, com formação de manta vulcanizada a frio “*in loco*”, pronto para aplicação, necessitando apenas de prévia homogeneização.

As recomendações fornecidas pelo fabricante orientam quanto a necessidade das superfícies estarem limpas e completamente secas, isentas de partículas soltas, pedriscos, graxas, óleos, poeiras ou qualquer outra substância que possa interferir na aderência do produto ao substrato, não devendo-se aplicar em dia de prognóstico de chuva. A execução da primeira demão é ilustrada na Figura 15.

A aplicação pode ser realizada com trincha, rolo de lã de carneiro ou brocha, em 04 (quadro) demãos cruzadas, ou seja, inicia-se com a primeira demão no sentido horizontal, a segunda demão no sentido vertical, e assim sucessivamente. O consumo médio indicado foi de 1,750kg/m² a 2,000kg/m², devendo-se respeitar o intervalo de tempo de secagem entre a aplicação das demãos, que pode variar entre 30 a 40 minutos, a depender das condições climáticas do local.

Conforme orientações da NBR 9575 (ABNT 2010) e do fabricante, utilizou-se tela de poliéster a partir da segunda demão, para estruturar a película, aumentando a resistência à tração mecânica e a pressão hidrostática.

Figura 15 - Aplicação de Membrana Acrílica



Fonte: Acervo pessoal

A execução da segunda demão está representada na Figura 16b logo abaixo. Após considerar o tempo de secagem da primeira demão, iniciou-se a segunda demão com aplicação de tela de poliéster, com a atenção de sobrepor os pontos de emendas em no mínimo 10cm, para garantir a uniformidade da membrana. Observa-se também, a presença de ganchos de aço imbutidos na laje, onde foi necessário o recorte e correto arremate da impermeabilização. Um detalhe importante observado nessa etapa, foi a necessidade de esticar bem a tela de poliéster, para não formar vazios, que se transformam em bolhas de ar, gerando risco à impermeabilização.

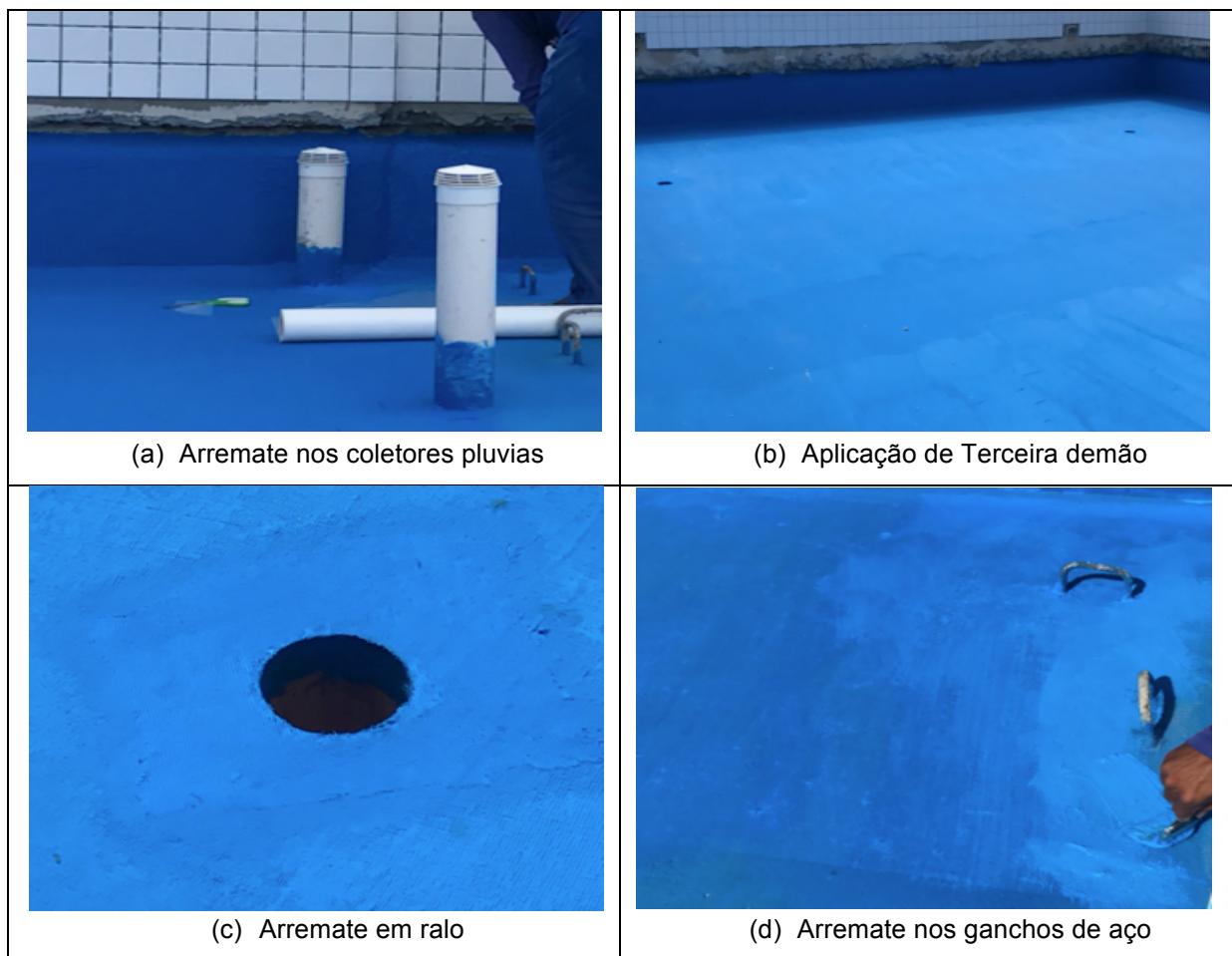
Figura 16 Execução de segunda demão de membrana acrílica



Fonte: Acervo Pessoal

Prosseguiu-se então para a execução da terceira demão de membrana acrílica, com os mesmos cuidados necessários das demões anteriores. Considerou-se o intervalo de secagem e o correto arremate dos ganchos de ferro, dos coletores de águas pluviais, e dos tubos de ventilação emergentes que podem ser observados na Figura 17c, logo abaixo.

Figura 17 - Aplicação de membrana acrílica nos cantos e nos arremates



Fonte: Acervo Pessoal

d) Teste de Estanqueidade

Observou-se que na obra em questão não foi realizado o teste de estanqueidade de lâmina d'água de 5cm no período de 72 horas. Não havendo assim testado a impermeabilização desta área em estudo.

e) Proteção Mecânica

Na obra em questão foi executada a proteção mecânica simples, não armada com cimentos aos coletores de águas pluviais, conforme a Figura 18. Não foi utilizado isolante térmico.

Figura 18 Execução de proteção mecânica



Fonte: Acervo Pessoal

4.2 Estudo de viabilidade econômica entre manta asfáltica e membrana acrílica

Este tópico objetiva a apresentação de composições e orçamentos dos sistemas de impermeabilização de manta asfáltica e membrana acrílica, visando analisar e comparar a viabilidade econômica de cada tipo de sistema, levando em conta seu custo, tempo de execução e seus aspectos específicos. A análise será apresentada por meio de tabelas, buscando elucidar os resultados obtidos. Com base na área em estudo em que foi aplicado o estudo de caso será levantado a área de impermeabilização, representado na Tabela 5, considerado como área plana, com subida vertical de 30 centímetros do piso acabado e o perímetro da área de coberta.

Tabela 5 - Tabela de áreas de impermeabilização

Descrição	Unidade	Quantidade
Área Laje	m^2	122,67
Área Vertical	m^2	18,40
Área Total	m^2	141,07

Fonte: Acervo Pessoal

4.2.1 Manta Asfáltica com proteção mecânica

Para compor custos e por questão de definição, consideraremos a execução de manta asfáltica com proteção mecânica já com os cimentos dos coletores de águas pluviais definidos, bem como o substrato a receber o sistema impermeabilizante estar em perfeitas condições para aplicação. Serão incluídos na composição dos custos os serviços de arredondamento de cantos, de criação de ancoragens, de rebaixamento de ralos e todos os outros serviços preliminares necessários.

Um aspecto que vale ressaltar no levantamento da composição da execução de manta asfáltica com proteção mecânica é o fato deste sistema apresentar alta produtividade, quando a laje estiver em condições adequadas de aplicação, com os cimentos dos coletores de águas pluviais e regularizada, o que auxilia no bom rendimento da equipe que aplica.

Este tipo de sistema exige uma camada argamassada com 3cm de espessura, para que haja a proteção da manta, devendo ser executada sobre lona plástica, ou outro tipo de isolante térmico apropriado. A Tabela 6 apresenta os custos unitários dos insumos que compõe a composição deste tipo de sistema, demonstrando de maneira isolada os custos obtidos com mão de obra e materiais.

Tabela 6 - Composição da manta asfáltica com proteção

Cód.	Descrição Insumo	Unid.	Fator	Qtd.	R\$ Unit	R\$ Total	CUSTO / m ²
Manta Asfáltica Pré-moldada com Proteção							
01968/ORSE	Proteção mecânica de superficie com argamassa cimento e areia, traço 1:3	m3	0.03	4.23	R\$ 530.79	R\$ 2,245.24	R\$ 67.30
03777/SINAPI	Lona plástica, e=150 micra	m2	1	141	R\$ 1.23	R\$ 173.43	
07161/SINAPI	Tela em metal para estuque (deploye)	m2	1.05	148.05	R\$ 3.67	R\$ 543.34	
00511/SINAPI	Primer para manta asfáltica a base de asfalto modificado diluido em solvente, aplicacao a frio	L	0.4	56.4	R\$ 11.31	R\$ 637.88	
10445/ORSE	Manta asfáltica APP estruturada e=3mm	m2	1.1	155.1	R\$ 37.97	R\$ 5,889.15	
MÃO-DE-OBRA							
88243/SINAPI	Ajudante especializado com encargos complementares	h	0.3	42.3	R\$ 14.11	R\$ 596.85	R\$ 13.57
88270/SINAPI	Impermeabilizador com encargos complementares	h	0.3	42.3	R\$ 17.73	R\$ 749.98	
88316/SINAPI	Servente com encargos complementares	h	0.3	42.3	R\$ 13.38	R\$ 565.97	
TOTAL DA IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA E PROTEÇÃO						R\$ 11,401.85	R\$ 80.86

Fonte: Acervo pessoal

Nota-se pela Tabela 6, que a manta asfáltica apresenta-se como o item de maior custo, e representa, também, maior importância no sistema, sendo o produto fundamental da composição unitária, não apenas pelo seu preço, no entanto devido a quantidade de material requerida. Os encargos complementares de aplicação, o *primer*, a tela em metal para estuque, a lona plástica e a argamassa de proteção não despertam um impacto considerável com relação a custos, mas são elementos fundamentais na aplicação. Constatase também um custo baixo de mão-de-obra para a aplicação da manta asfáltica, visto que apresenta alta produtividade para realização do serviço. A justificativa dessa produtividade decorre do fato da laje encontrar-se pronta para a aplicação do sistema, anulando a necessidade de interferência da área, pois os caimentos e os ralos já se encontram definidos, bem como o substrato de aplicação já regularizado.

4.2.2 Utilização de Membrana Acrílica

Com o intuito de conceber a especificação da composição unitária da execução de sistema impermeabilizante utilizando-se de membrana acrílica, considerou-se um substrato de aplicação semelhante ao utilizado no revestimento à base de manta asfáltica, sendo este ausente de trincas, nichos de concretagem e imperfeições, com os devidos cimentos definidos aos ralos. O arredondamento dos cantos com argamassa traço 1:3 e a preparação das ancoragens foi executado previamente à aplicação da membrana. A Tabela 7 apresenta os custos associados para a aplicação deste tipo de sistema.

Tabela 7 - Composição de membrana acrílica

Cód.	Descrição Insumo	Unid.	Fator	Qtd.	R\$ Unit	R\$ Total	CUSTO m2
Membrana Acrílica							
87299/SINAPI	Argamassa traço 1:3 (cimento e areia média) para contrapiso	m3	0.03	4.23	R\$ 428.26	R\$ 1,811.54	R\$ 30.72
01111/ORSE	Igoflex branco	l	2	70.5	R\$ 10.69	R\$ 753.65	
11289/ORSE	Tela de poliéster 2x2mm p/impermeabilização, ref:Denvertela Poliéster R	m2	1.1	155.1	R\$ 11.39	R\$ 1,766.59	
MÃO-DE-OBRA							
12873/SINAPI	Impermeabilizador com encargos complementares	h	1.1	155.1	R\$ 8.61	R\$ 1,335.41	R\$ 13.46
06111/SINAPI	Servente com encargos complementares	h	0.6	84.6	R\$ 6.65	R\$ 562.59	
TOTAL DA IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA E PROTEÇÃO							R\$ 6,229.77
R\$ 44.18							

Fonte: Acervo pessoal

Analizando o quadro com custos unitários da aplicação de membrana acrílica e comparando-o com a execução de manta asfáltica com proteção, um item que merece destaque é em relação a mão de obra, visto que a duração total da aplicação dos serviços de impermeabilização com manta asfáltica é aproximadamente 3,6 vezes mais rápida que a execução com membrana acrílica. Tal fato é justificado devido à estruturação do revestimento, que faz com que a produtividade não seja tão significante. Em relação ao custo, nota-se que a execução com membrana acrílica apresenta um valor considerável unitário de quase 55% a menos, justificando a escolha do sistema em questão.

5. ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE MATERIAIS DE BASE ACRÍLICA E CIMENTÍCIA

Como terceira etapa do estudo, objetiva-se realizar ensaio de índice de absorção de água com dois tipos de produtos, através da utilização de nove tijolos maciços, baseados em estudos comparativos realizados por GASS (2011) e HAAS (2009).

5.1 Caracterização dos materiais utilizados

Utilizaram-se materiais de base acrílica e de base cimentícia para realizar o estudo comparativo. O material de base acrílica manipulado foi nomeado de Base Acrílica, enquanto que o material de base cimentícia foi denominado de Base Cimentícia.

O método de aplicação dos dois tipos de produtos impermeabilizantes foi idêntico, conforme recomendações dos fabricantes. Inicialmente foi realizada a limpeza superficial do substrato, aplicando-se o produto em demãos cruzadas, com camadas de aproximadamente 1mm de espessura, observando a interferência de uma, duas, três e quatro demãos, prosseguindo-se para a aplicação da camada seguinte apenas em seguida da secagem da camada anterior, que depende da umidade do ambiente, que pode variar entre 1 a 4 horas.

5.2 Procedimentos de ensaio

Com o intuito de examinar e determinar o desempenho dos materiais impermeabilizantes de base acrílica e cimentícia, utilizaram-se como corpos de prova tijolos cerâmicos maciços de barro comum, desprovido de furos, devido ao fato de serem muito porosos. Baseado na ABNT NBR 15270-3/05 e em sugestões de estudos de GASS (2011) o procedimento de ensaio deu-se da seguinte maneira: A primeira etapa consistiu em submeter os corpos de prova a secagem em estufa, na temperatura de 45⁰C, no período de 24 horas, removendo a umidade do substrato, como pode ser visto na Figura 18.

Figura 19 - Secagem em estufa na temperatura de 45oC



Fonte: Acervo Pessoal.

Logo após, determinaram-se suas massas através do uso de balança, como ilustra a Figura 19.

Figura 20 – Determinação da massa seca do tijolo



Fonte: Acervo Pessoal

Prosseguindo-se à aplicação de uma, duas, três e quarto demões em todas as laterais e em apenas uma face de fundo, em 4 corpos de prova, para cada tipo de produto, que pode ser observado na Figura 20.

Figura 21 - Aplicação de Base Acrílica



Fonte: Acervo Pessoal.

Com o intuito de examinar a influência do impermeabilizante, os corpos de prova foram dispostos em recipiente contendo 1cm de profundidade de lâmina d'água, e a cada período de 24 horas suas massas foram determinadas até que obtivesse uma estabilidade de massa, apresentando alteração inferior ou similar a 1 grama, como mostra a Figura 21.

Figura 22 – Corpos de prova em lâmina d'água



Fonte: Acervo Pessoal.

O cálculo do índice de absorção d'água de cada corpo de prova foi determinado pela expressão:

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde m_u e m_s representam a massa úmida e a massa seca de cada corpo-de-prova, respectivamente, expressas em gramas.

5.3 Análise e discussão dos resultados

Os cálculos necessários para determinação do percentual de absorção foi efetuado após a pesagem dos corpos de prova de cada produto, para cada demão, submetendo-se as exigências especificadas na metodologia do ensaio

5.3.1 *Testemunho*

O corpo de prova reservado para testemunho, onde foram executados todos os procedimentos do ensaio, apresentou uma média de índice de absorção igual a 23,42%. Este valor será usado como objeto de comparação na análise dos resultados dos outros materiais ensaiados.

5.3.2 *Materiais de Base Acrílica e Cimentícia*

Os resultados alcançados de absorção de água gerados através dos ensaios executados nos corpos de prova em que foram efetuados 1 a 4 demão dos produtos está apresentado no Quadro 8.

Tabela 8 - Índice de absorção para cada demão de material

DEMÃOS	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	
	BASE ACRÍLICA	BASE CIMENTÍCIA
1	6,44	19,71
2	5,42	15,89
3	2,63	10,58
4	3,46	7,26

Fonte: Acervo Pessoal

Com os resultados alcançados na Tabela 8, nota-se que quando relacionados com os valores apresentados pelo testemunho, o material de Base Acrílica mostrou-se eficiente. O produto de Base Acrílica submetido a 3 demões, foi o de menor absorção, demonstrando ser o mais eficiente, atingindo um índice de absorção inferior em até 4 vezes ao de Base Acrílica, também submetido a 3 demões.

Analizando também as características técnicas que o produto utilizado deve atender para estar em conformidade com a norma, observa-se que em relação a norma ABNT NBR 13321:2008 – Membrana Acrílica para Impermeabilização, quando a membrana é aplicada sem armadura, o máximo de absorção de água é de 15%. Como no ensaio realizado o máximo de absorção de água apresentado pelo tijolo maciço quando efetuado apenas 1 demão foi de 6,44%, estando dentro dos parâmetros exigidos pela norma, como podemos observar na Tabela 9.

Tabela 9 - Especificações da norma 13321:2008

Norma ABNT NBR 13321:2008 - Membrana acrílica para impermeabilização		
Membrana sem armadura		
Requisitos	Unidade	Critérios (NBR 13321:2008)
Absorção de água - máximo	%	15

Fonte: NBR ABNT

De forma geral, ao assemelhar os dois materiais impermeabilizantes, é notório afirmar que o material mais eficiente é o de Base Acrílica submetido a 3 demões, comprovado e atestado pelos resultados obtidos através da análise em questão.

Ainda no processo de análise, de maneira a averiguar a eficiência do sistema rígido, onde temos o produto de base cimentícia, e o sistema flexível, onde temos o produto de base acrílica, aplicou-se a argamassa polimérica impermeabilizante e a membrana acrílica em uma caixa de papelão, para realizar o teste de estanqueidade, ilustrados nas figuras 22 e 23. O procedimento de aplicação dos dois produtos na caixa de papelão foi bem semelhante ao processo de aplicação nos tijolos maciços realizados no ensaio anterior, diferenciando um pouco devido à presença de tela de poliéster utilizada na caixa de papelão que recebeu o produto de base acrílica, para que a caixa tornasse mais rígida, devido as áreas vivas presentes no formato do corpo de prova.

Figura 23 - Teste de estanqueidade com argamassa polimérica



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 24 – Teste de estanqueidade com membrana acrílica



Fonte: Acervo Pessoal

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do acompanhamento e da análise do processo de impermeabilização em laje de cobertura em edifício residencial na cidade de João Pessoa – PB, foi possível identificar algumas falhas relacionadas ao processo de execução de impermeabilização com o sistema flexível de membrana acrílica. Verificou-se que a obra analisada não apresentava projeto específico de impermeabilização, dispondo apenas de indicação de terceiros do produto mais adequado, bem como de informações acerca das quantidades e do método de aplicação necessário. E ainda, foram identificadas deficiências na compatibilização de projetos. Em relação ao armazenamento dos materiais utilizados, não estava de acordo com o recomendado pelo fabricante, que seria em local limpo, protegido das intempéries, abrigado das radiações solares, do calor, da umidade.

Em relação à aplicação da membrana acrílica constatou-se que, de modo geral, a obra apresentou uma boa execução, pois foram realizadas as sobreposições das telas de poliéster de 10 cm entre as outras, entre os cantos e entre a ancoragem vertical da membrana acrílica.

Depois de analisadas as referências bibliográficas acerca do assunto, ficou claro que as falhas e deficiências identificadas possam ser justificadas devido a ausência de projeto de impermeabilização, da falta de memorial descritivo, da escolha de utilizar mão de obra não especializada e também pela falta de compatibilização dos projetos. A partir deste estudo nota-se que os projetos de impermeabilização não são tratados com a devida importância, pois são frequentes as patologias causadas por umidade em construções residenciais.

Em relação aos custos envolvidos no processo de impermeabilização, por meio do estudo de viabilidade econômica entre a manta asfáltica e a membrana acrílica, a escolha do uso de membrana acrílica reflete a importância de sempre buscar novos produtos que satisfaçam as necessidades do processo construtivo, apresentando o menor custo, maior facilidade de execução e durabilidade mínima de 05 (cinco) anos, conforme exige a NBR 15575 (ABNT 2013) de maneira a aliar economia com eficiência, proporcionando maior competitividade aos empresários do ramo construtivo.

Com o intuito de certificar-se e garantir que os processos impermeabilizantes alcancem um alto nível de qualidade, é de suma importância a exigência de projeto específico e compatibilizado com os demais projetos, antes de iniciar a execução, além de garantir a utilização de mão de obra especializada e qualificada.

Na realização de pesquisas futuras recomenda-se acompanhar e analisar outros tipos de sistemas impermeabilizantes, buscando sempre novos produtos que aliem cada vez mais eficiência, economia e uma maior vida útil, pois percebeu-se que a maioria dos estudos realizados são focados apenas na execução de sistemas flexíveis de mantas asfálticas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.905: Membrana de polímero acrílico com e sem cimento: 2010.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.905: Sistema de impermeabilização composto por cimento: 2002.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.321: Membrana acrílica para impermeabilização: 2008.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575: Desempenho de edificações habitacionais: 2013.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro: 2010.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9952: Membrana asfáltica: .**

Como Impermeabilizar. Equipe de Obra. Pini, São Paulo: ano VIII, fev. 2012. Ed. 44.

CRUZ, J.H.P. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia.** 2003. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2003.

DENVER. Disponível em: <www.denverimper.com.br>. Acesso em: 20 de março de 2017.

GASS, Ana Paula. **Técnicas de prevenção e controle da umidade em obras de construção civil.** 2011. 54 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo, 2011.

HAAS, Douglas dos Santos. **Estudo da eficiência dos impermeabilizantes utilizados na construção civil.** 2009. 82 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo, 2009.

IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização - <http://www.ibisp.org.br/> (Acessado em 15/04/2017)

PERDIGÃO, R.C.C. **Impermeabilização de construções: Soluções tecnológicas e critérios de seleção.** 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.

MORAES, C.R.K. **Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre.** 2002, p. 91. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2002.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas.** Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1985. p.571-78

PINTO, J.A.N. **Patologias de impermeabilização.** Santa Maria: Multipress, 1996. 270 p.

QUERUZ, F. **Contribuição para indentificação 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.

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

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações.** Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

PORCELLO, Ernani Camargo. **O projeto de impermeabilização – Impermeabilização.** Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica PUCRS, maio/jun. de 1977, p.40