

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ROBERTO LÁZARO SILVA SOUSA FILHO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ORÇAMENTÁRIA PARA A SUBSTITUIÇÃO DE
MANTA ASFÁLTICA POR MEMBRANA DE POLIURETANO EM SERVIÇOS DE
IMPERMEABILIZAÇÃO EM SÃO LUÍS**

SÃO LUÍS
2017

ROBERTO LÁZARO SILVA SOUSA FILHO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ORÇAMENTÁRIA PARA A SUBSTITUIÇÃO DE
MANTA ASFÁLTICA POR MEMBRANA DE POLIURETANO EM SERVIÇOS DE
IMPERMEABILIZAÇÃO EM SÃO LUÍS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção de grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio

SÃO LUÍS
2017

Sousa Filho, Roberto Lázaro Silva.

Estudo de viabilidade orçamentária para a substituição de manta asfáltica por membrana de poliuretano em serviços de impermeabilização em São Luís – MA / Roberto Lázaro Silva Sousa Filho. – São Luís, 2017.

63 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio.

1. Impermeabilização. 2. Manta asfáltica. 3. Poliuretano. I. Título.

CDU 625.8(812.1)

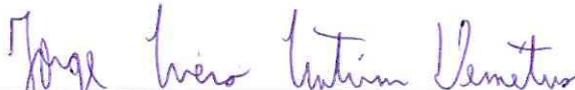
ROBERTO LÁZARO SILVA SOUSA FILHO

ESTUDO DE VIABILIDADE ORÇAMENTÁRIA PARA A SUBSTITUIÇÃO DE
MANTA ASFÁLTICA POR MEMBRANA DE POLIURETANO EM SERVIÇOS DE
IMPERMEABILIZAÇÃO EM SÃO LUÍS

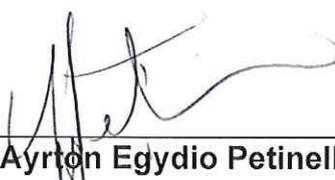
Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Civil da Universidade
Estadual do Maranhão – UEMA, para
obtenção de grau de bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovada em: 27 / 06 / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio (Orientador)



Prof. Me. Ayrton Egydio Petinelli



Prof. Me. Marivaldo Costa Duarte

AGRADECIMENTOS

A Deus, por dar-nos o dom da vida e saber com exata precisão o fardo que cada um de nós pode suportar, tornando-nos pessoas melhores e mais humanas.

À minha mãe, Ermecilde Silva Ferreira, mulher guerreira e de fé que sozinha, degladiou contra todas as intempéries do destino e de modo algum deixou-se abalar, educando seus filhos da melhor maneira possível, tornando-nos pessoas civilizadas e com a visão necessária para procurarmos ser melhores a cada dia.

À Universidade Estadual do Maranhão, que me deu a competência necessária para que este projeto pudesse ser realizado.

Aos professores da Universidade Estadual do Maranhão, que tive o prazer de encontrar durante minha trajetória nesta universidade, em especial ao professor Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio, que de forma excepcional elucidou o caminho para que pudéssemos chegar até aqui.

Aos meus amigos de faculdade: Hugo Leonardo, Bruno Henrique, Paulo Casé, João Victor Pestana Santiago, João Victor Barbosa, Victor Hugo, Gustavo Beckman, Pedro Henrique, José Nilton, João Marinho, Caíque Reis, Eugenio Simão, Victor Langford, Lucas Borges, Lucas Padre, Rogério Lima e Willer Marinho que dividiram comigo longas horas de estudo durante este tempo universitário e proporcionaram ótimos momentos que se perpetuarão ao longo desta forte amizade criada.

À empresa VIAPOL, na pessoa do sr. Anderson Correa, pela colaboração na pesquisa através dos materiais técnicos cedidos.

Ao engenheiro civil, arquiteto e grande amigo Paulo Casé Andrade Fernandes Ribeiro, por todo suporte retirando dúvidas e disponibilizando material técnico, além de todo apoio moral.

Aos demais amigos, familiares e terceiros que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão desta etapa.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal a realização de um estudo de viabilidade financeira para a execução de serviços de impermeabilização com sistemas a base de poliuretano em substituição ao tradicional sistema de mantas asfálticas na cidade de São Luís - MA. Este estudo foi feito através da comparação de preços praticados no comércio local para a aplicação dos dois tipos de sistemas impermeabilizantes em estudo. A utilização de sistemas impermeabilizantes a base de poliuretano justifica-se pelo fato de apresentar-se como um sistema mais novo, com menor tempo de aplicação, maior resistência ao alongamento e desprezo pela execução de uma camada de proteção para a impermeabilização. A metodologia utilizada no estudo baseou-se em pesquisas bibliográficas e de campo, aspirando as conquistas dos objetivos propostos. O trabalho foi dividido em três partes: a pesquisa bibliográfica, pesquisas de mercado e interpretação dos resultados. Os resultados apresentados pela pesquisa de mercado foram insatisfatórios, uma vez que a demanda para impermeabilização com poliuretano ainda é baixa na cidade, tornando os valores praticados elevados e viáveis somente em casos especiais que necessitem de um tempo de execução mínimo.

Palavras-chave: Impermeabilização. Manta asfáltica. Poliuretano.

ABSTRACT

This work has as its main objective the realization of a financial viability study on the execution of waterproofing services, utilizing polyurethane systems as an alternative to the traditional systems made of asphalt membranes in the city of São Luís - MA. This study was made by comparing the costs on the local market for implementing both systems. The usage of polyurethane systems are justified due to its lower installation time, greater elastic resistance, and it does not require a prior protection layer. The methodology consisted on literature review and field research, aspiring the fulfillment of the proposed objectives. The study was divided in three categories: literature review, market assessment, and data interpretation. The results obtained from the market assessment were unsatisfactory, once the interest for polyurethane waterproofing is still low on the local market, causing the labor costs to be high, becoming viable only on special cases which require fast implementation.

Keywords: Waterproofing; Asphaltic membrane; Polyurethane.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Camada fictícia de base.....	17
Figura 2 – Camada fictícia de regularização.....	18
Figura 3 – Camada fictícia de berço.....	18
Figura 4 – Camada de berço com chapa de espuma de poliuretano.....	18
Figura 5 – Camada fictícia impermeabilizante.....	20
Figura 6 – Esquema fictício de execução das camadas da base à proteção térmica.....	23
Figura 7 – Esquema fictício de sistema impermeabilizante da base até a camada de proteção mecânica.....	24
Figura 8 – Principais causas de infiltrações nas edificações.....	25
Figura 9 – Aplicação de manta asfáltica.....	32
Figura 10 – Reação de formação do poliuretano.....	37
Figura 11 – Sistema monocomponente.....	38
Figura 12 – Sistema bicomponente.....	39
Figura 13 – Condição de superfície para impermeabilização.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das mantas de acordo com o acabamento superficial.....	33
Tabela 2 – Requisitos para membrana de poliuretano.....	43
Tabela 3 – Orçamento-base para impermeabilização com manta asfáltica e=3mm com trânsito de pedestres	47
Tabela 4 – Orçamento-base para impermeabilização com manta asfáltica e=3mm autoprotégida com filme de alumínio para lajes sem trânsito de pedestres.....	49
Tabela 5 – Orçamento-base para impermeabilização com manta asfáltica e=4mm com tráfego de pedestres.....	50
Tabela 6 – Comparativo de preços praticados no comércio local.....	51
Tabela 7 – Orçamento-base para impermeabilização de poliuretano com tráfego de pedestres	52
Tabela 8 – Orçamento-base para impermeabilização com membrana de poliuretano com tráfego veicular.....	52
Tabela 9 – Preços praticados no comércio local.....	53
Tabela 10 – Quadro-resumo com os menores valores praticados para cada situação.....	54
Tabela 11 – Comparação técnica entre os sistemas impermeabilizantes.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
®	Marca registrada
“	Polegadas
%	Porcentagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abr	Abril
CEHOP	Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas do Sergipe
cm	Centímetros
CSP	Concrete Surface Profile
e	Espessura
EPDM	Ethylene Propylene Diene Monomer
EPS	Expansive Polystyrene
EVA	Ethylene Vinyl Acetate
Fev	Fevereiro
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
ICRI	International Concrete Repair Institute
kg	Quilograma
kN/m	Kilonewton/metro
m	Metros
m ²	Metro quadrado
MA	Maranhão
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
p	Página
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PVC	Polyvinyl chloride
Qtd	Quantidade

R\$	Real
SCO	Sistema de Custo de Obra
SBS	Styrene-Butadyene-Styrene
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TPO	Thermoplastic Polyolefin
Und	Unidade
Unit	Unitário

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	IMPERMEABILIZAÇÃO	16
2.2	IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO	17
2.3	CAMADAS DE UM SISTEMA IMPERMEABILIZANTE	17
2.3.1	BASE.....	17
2.3.2	CAMADA REGULADORA.....	18
2.3.3	CAMADA DE BERÇO.....	18
2.4	CAMADA IMPERMEÁVEL	19
2.4.1	CIMENTÍCIOS.....	19
2.4.2	ASFÁLTICOS.....	19
2.4.3	POLIMÉRICOS.....	19
2.5	ESCOLHA DO SISTEMA	20
2.6	SERVIÇOS POSTERIORES	22
2.6.1	ISOLAMENTO TÉRMICO.....	23
2.6.2	PROTEÇÃO MECÂNICA.....	24
2.7	PATOLOGIAS NA IMPERMEABILIZAÇÃO	25
2.8	MANUTENÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO	27
2.9	MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES	28
2.10	SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTAS	32
2.11	MANTA ASFÁLTICA	32
2.11.1	APLICAÇÃO.....	34
2.12	SISTEMAS ELASTOMÉRICOS IMPERMEABILIZANTES	36
2.12.1	SISTEMAS A BASE DE POLIURETANO	37
2.12.1.1	SISTEMA MONOCOMPONENTE.....	38
2.12.1.2	SISTEMA BICOMPONENTE.....	39
2.12.1.3	APLICAÇÃO.....	39

3	MÉTODO.....	44
3.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	44
3.2	TIPO DE ESTUDO.....	44
4	ESTUDO COMPARATIVO.....	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	ANEXO A – CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DAS MANTAS SEGUNDO O DESEMPENHO.....	63
	ANEXO B – CARACTERÍSTICAS DAS MANTAS DE ACORDO COM O TIPO DE ARMADURA.....	63

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil é de fácil percepção os avanços tecnológicos e a busca por aprimoramentos visando garantir um resultado com maior qualidade, reduzindo custo e tempo de execução. Porém, quando fala-se de aprimorar serviços, deve ser levado em conta a busca por qualificação da mão de obra, bem como a utilização de produtos ideais para cada atividade, minimizando possíveis falhas durante o serviço, com base nas especificações técnicas executivas.

Com a função de contribuir com a segurança e qualidade da edificação, o serviço de impermeabilização é essencial, evitando seu desgaste prematuro devido à presença de umidade, que causa danos muitas vezes de difícil recuperação. De acordo com o IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2014) a impermeabilização é “[...]Um ato de preservação patrimonial e de qualidade de vida[...]”. Porém, é fácil encontrar no mercado construtoras e profissionais que não dão a devida importância para os serviços impermeabilizantes, o que costuma gerar consequências altamente onerosas, como danos nas estruturas, colocando em risco a vida dos clientes. Os cuidados com a impermeabilização devem ser rigorosos desde seu escopo em projeto e seus serviços deverão estar em comum acordo com todos os profissionais envolvidos na obra, para que falhas não ocorram e, conseqüentemente, não haja retrabalho.

Em relação à parte financeira, para qualquer atividade que envolva canalização de recursos financeiros, é necessário que seja feita uma análise de relação custo/benefício. Quando se trata de impermeabilização não é diferente. Se estudarmos o custo de uma boa impermeabilização, veremos que varia entre 1% a 3% do custo total da obra. Se os serviços forem executados apenas depois de constatar problemas com infiltrações na edificação já pronta, o custo com a impermeabilização ultrapassa, em muito, esse percentual. Isso porque refazer o processo de impermeabilização pode gerar um acréscimo de 10% a 15% do valor do serviço (BIONDI, 2011).

A inclusão dos serviços de impermeabilização deve ser feita no orçamento e quando pensado com antecedência, não gera elevados custos. Ao adicionar tais serviços à planilha orçamentária, devem-se prever aspectos

importantes como: seu peso, espessura, caimento e encaixes, além de detalhar sua localização exata, em sintonia com os projetos hidráulicos, elétricos, ar condicionado e paisagismo, pois a ausência da ligação deste serviço com os demais projetos da obra podem causar falhas na execução que onerariam valores antes não mensurados. Aplicar a impermeabilização durante a execução de uma obra é mais fácil e econômico do que aplicá-la posteriormente, quando surgirem problemas com a umidade, que tornam os ambientes insalubres e com aspecto desagradável, apresentando sintomas de eflorescências, manchas, bolores, oxidação das armaduras, etc. A impermeabilização contribui para o bem estar do ocupante da edificação, zelando por sua saúde, já que por sua vez torna os ambientes salubres e mais adequados à prevenção de doenças respiratórias.

Um dos sistemas mais utilizados em serviços de impermeabilização na construção civil são as mantas asfálticas, desenvolvidas a partir do século XIX com o crescimento da indústria de polímeros sintéticos, permitindo a criação de sistemas mais flexíveis, resistentes e extensíveis. As mantas geralmente possuem bom resultado na impermeabilização de ambientes com ou sem tráfego, porém baixa ou nenhuma proteção mecânica, sendo incapazes de resistir a esforços causados por transição de pessoas ou veículos, sendo necessária a aplicação de uma camada protetora, executada com argamassa ou armada em concreto com tela de ferro, dependendo do caso. Se tomarmos como exemplo a impermeabilização de uma área de 500m², veremos que os esforços ocasionados pelo peso da proteção mecânica da manta asfáltica incidirá diretamente na resistência dos pilares, podendo aumentar assim, o valor para a execução da fundação da construção.

Acompanhando os avanços nas pesquisas e tecnologias, diferentes tipos de materiais e formas de aplicação foram surgindo e adquirindo características que podem atender os mais variados fatores. Características dos locais a serem impermeabilizados e sua utilização interferem diretamente no tipo de produto a ser utilizado, variando em valores, propriedades físicas, químicas e métodos de aplicação, buscando dessa forma, evitar que os problemas supracitados ocorram.

Desta forma, surgem as membranas de poliuretano, compostos formados em sua maioria pela reação de um componente composto contendo

polióis e outro componente formado por isocianatos. Ao serem misturados, em estado líquido de baixa viscosidade, formam um produto homogêneo que após a aplicação na superfície, respeitado seu tempo de cura, perde viscosidade e solidifica-se, formando ligações uretânicas, virando uma membrana elástica, resistente e impermeável.

As membranas de poliuretano não necessitam de proteção mecânica e são capazes de absorver as movimentações no substrato sem danos à sua película impermeabilizadora, sendo capazes de aliviar a sensação térmica na estrutura, refletindo os raios solares.

Nota-se hoje no mercado um grande leque de materiais com características muito semelhantes, que podem confundir o engenheiro civil e também o prestador de serviços de impermeabilização com conhecimento limitado em sistemas impermeabilizantes, podendo vir a aplicar um produto supostamente adequado para determinada situação, quando na verdade poderá estar comprometendo a impermeabilização do local. Para evitar que isso ocorra, prioriza-se a utilização de mão de obra qualificada para essa atividade, que seja regularizada perante os órgãos de controle, seguindo as normas técnicas brasileiras e com experiência neste tipo de serviço, evitando assim, possíveis problemas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A partir da análise de todas as informações elencadas anteriormente, este estudo tem a finalidade de questionar: Qual a possibilidade da membrana de poliuretano substituir a manta asfáltica em serviços de impermeabilização com menor tempo de execução, menor custo e maior segurança em São Luís?

O impermeabilizante à base de membrana de poliuretano é considerado um sistema inovador no mercado de impermeabilizações, pois consiste num sistema de revestimento impermeabilizante sem emendas, aplicado a frio, que resiste ao tráfego (leve, médio, pesado e extra pesado), sendo uma excelente solução para coberturas expostas (BASF, 2014). Por se tratar de um produto altamente elástico, o sistema é ideal para diversos tipos de substrato. Sua

aplicação é possível em superfícies de madeira, metal, concreto, cerâmicas, porcelanato, revestimentos betuminosos, entre outros (SIKA, 2015).

Granato (2013) afirma que os poliuretanos podem ser aplicados em diversas situações de tráfego. Eles podem ser aplicados tanto para tráfego leve (pessoas) em coberturas técnicas e de edificações contemporâneas, como para tráfego pesado (veículos) e extra pesado (caminhões) em lajes de estacionamentos e helipontos.

Essa pesquisa visa colaborar com o estudo da aplicação da membrana de poliuretano como substituta da manta asfáltica na cidade de São Luís - MA, analisando seus desafios de implantação e realizando um comparativo de custos entre os materiais. O trabalho contribuirá com os estudos acerca do tema, tendo em vista que a bibliografia específica envolvendo a utilização de membranas de poliuretano em nossa região ainda é escassa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a utilização da membrana de poliuretano em substituição à manta asfáltica em serviços de impermeabilização.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Mostrar a importância dos serviços de impermeabilização em uma obra;
- b) Comparar os valores trabalhados para aplicação de poliuretano e manta asfáltica em situações semelhantes;
- c) Indicar vantagens e desvantagens no uso da membrana de poliuretano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentadas as definições e considerações sobre os elementos envolvidos nessa pesquisa, como os conceitos gerais da impermeabilização, sua importância, tipos de sistemas impermeabilizantes, bem como os estudos já realizados acerca do tema.

2.1 IMPERMEABILIZAÇÃO

Impermeabilização é um conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade (ABNT, 2010).

A impermeabilização na construção civil tem como objetivo impedir o transporte indesejável de águas, fluídos e vapores nos materiais e componentes, podendo atuar na contenção ou no direcionamento desses elementos para algum local que se deseja (BAUER, 2007).

Em suma, a execução de um serviço de impermeabilização tem como objetivo principal a preservação da construção, protegendo-a da ação danosa causada pela presença de líquidos e vapores, direcionando tais elementos para um local onde os mesmos não entrarão em contato com os materiais construtivos.

A Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP, 2014, p.23) do Sergipe conclui que a impermeabilização na construção civil visa portanto:

“Proteger os ambientes contra problemas patológicos que podem surgir com infiltrações de água associada ao oxigênio e outros agentes agressivos da atmosfera como gases poluentes, chuvas ácidas, ozônio, etc., pois os principais materiais de construção em uso sofrem um processo de deterioração e degradação quando sobre a influência de um meio agressivo”.

Para que os supracitados resultados em qualidade do serviço sejam alcançados, faz-se necessária a escolha adequada de material impermeabilizante a ser utilizado em uma obra, haja vista que cada ambiente anseia um diferente tipo de material impermeabilizante para que se tenha excelência no resultado

final. São analisados os parâmetros e as características do ambiente, bem como custo do material e da execução.

2.2 IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO

Segundo o IBI (INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2014), água infiltrada nas superfícies e estruturas afeta o concreto, a armadura, a alvenaria e o revestimento. O ambiente torna-se insalubre devido à presença de umidade, fungos e mofo, diminuindo a vida útil da edificação, além do desgaste físico e emocional do proprietário ou usuário que acaba por sofrer com a má qualidade de vida causada pelos problemas existentes no local.

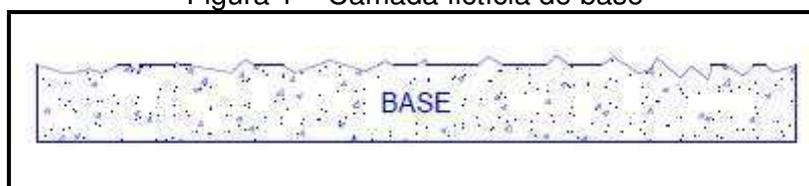
O serviço de impermeabilização quando feito de forma e no momento corretos da obra, prolonga a vida útil da edificação, evitando o contato de líquidos com a armadura, o aparecimento de fungos e bolores nas paredes internas e o gasto excessivo com reparos de danos que possam vir a ocorrer devido à ausência de impermeabilização ou execução incorreta da mesma.

2.3 CAMADAS DE UM SISTEMA IMPERMEABILIZANTE

2.3.1 BASE

A base ou substrato é a camada mais crua de onde será executado o serviço de impermeabilização. Antes da escolha do sistema impermeabilizante a ser utilizado, uma análise no substrato onde o mesmo será aplicado revela aspectos que deverão ser levados em conta na hora da escolha como deformabilidade devido à presença de cargas e o grau de fissuração presente (FREITAS JUNIOR, 2013).

Figura 1 – Camada fictícia de base



Fonte: Autor, 2017

2.3.2 CAMADA REGULADORA

A camada reguladora serve para eliminar imperfeições na base do substrato, criando assim uma superfície uniforme de apoio para a camada impermeável, com um determinado caimento para que não ocorra empoçamentos (FREITAS JUNIOR, 2013).

Figura 2 – Camada fictícia de regularização

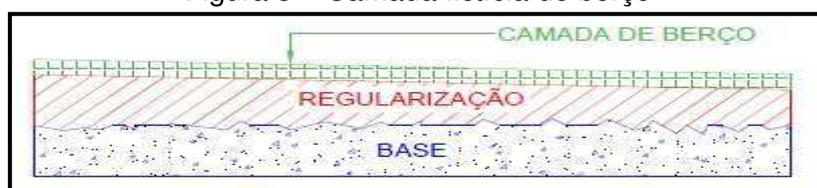


Fonte: Autor, 2017

2.3.3 CAMADA DE BERÇO

A camada de berço possui função de apoio e proteção à camada impermeável contra agressões do substrato, impedindo que imperfeições possam comprometer o sistema. Podem ser utilizados adesivos elastoméricos, asfálticos, geotêxtil de poliéster, manta asfáltica ou EPS (Poliestireno Expansível) (FREITAS JUNIOR, 2013).

Figura 3 – Camada fictícia de berço



Fonte: Autor, 2017

Figura 4 – Camada de berço com chapa de espuma de poliuretano



Fonte: José Freitas, 2013

2.4 CAMADA IMPERMEÁVEL

A ABNT NBR 9575:2010 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – Norma Brasileira) classifica os tipos de impermeabilização de acordo com o material constituinte principal da camada impermeável. A classificação foi desenvolvida da seguinte maneira: cimentícios, asfálticos e poliméricos.

2.4.1 CIMENTÍCIOS

- a) Argamassa com aditivo impermeabilizante;
- b) Argamassa modificada com polímero;
- c) Argamassa polimérica;
- d) Cimento modificado com polímero.

2.4.2 ASFÁLTICOS

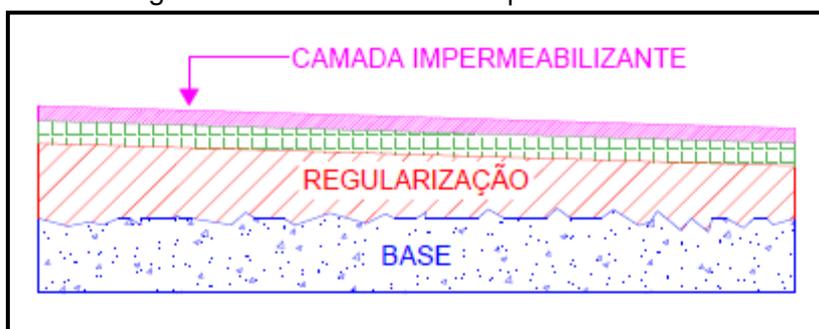
- a) Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero;
- b) Membrana de asfalto elastomérico;
- c) Membrana de emulsão asfáltica;
- d) Membrana de asfalto elastomérico, em solução;
- e) Manta asfáltica.

2.4.3 POLIMÉRICOS

- a) Membrana elastomérica de policloropreno e polietileno clorossulfonado;
- b) Membrana elastomérica de poliisobutileno isopreno (I.I.R.), em solução;
- c) Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (S.B.S.);
- d) Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno-ruber (S.B.R.);
- e) Membrana de poliuretano;
- f) Membrana de poliureia;
- g) Membrana de poliuretano modificado com asfalto;

- h) Membrana de polímero acrílico com ou sem cimento;
- i) Membrana acrílica para impermeabilização;
- j) Membrana epoxídica;
- k) Manta de acetato de etilvinila (E.V.A.);
- l) Manta de policloreto de vinila (P.V.C.);
- m) Manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D.);
- n) Manta elastomérica de etilenopropilenodieno-monômero (E.P.D.M.);
- o) Manta elastomérica de poliisobutileno isopreno (I.I.R.).

Figura 5 – Camada fictícia impermeabilizante



Fonte: Autor, 2017

2.5 ESCOLHA DO SISTEMA

A escolha do sistema impermeabilizante que mais se adequará ao tipo de empreendimento dá-se através da fusão de vários fatores como: forma da estrutura, movimentação admissível no cálculo da mesma, temperatura e umidade relativa do local, efeito arquitetônico que se deseja obter, entre outros (PIRONDI, 1988).

Segundo a ABNT NBR 9575:2010, a seleção do sistema de impermeabilização deve ser determinado segundo a solicitação imposta pelo fluido nas partes construtivas que requeiram estanqueidade. A solicitação pode ocorrer de quatro maneiras distintas, são elas:

- a. Imposta pela água de percolação;
- b. Imposta pela água de condensação;
- c. Imposta pela umidade do solo;
- d. Imposta pelo fluido sob pressão unilateral ou bilateral.

Para que seja executada de forma correta, a impermeabilização deve passar por fases. Cruz (2003) afirma que devam ser mencionadas pelo menos três fases ou etapas. Na primeira etapa estão as ações que precedem a impermeabilização, como a preparação da área, regularização de nível e caimentos, bem como cuidados com os detalhes construtivos. Na segunda etapa encontra-se o processo de impermeabilização propriamente dito e por fim, na terceira etapa realiza-se a execução das camadas de proteção mecânica e isolamento térmico, quando se fizerem necessários.

Dinis (1997 apud MORAES, 2002) afirma que os sistemas de impermeabilização existentes possuem diferenças de concepção, princípio de funcionamento, materiais, técnicas de aplicação entre outros. Estas variações servem de base para diversas classificações, que podem auxiliar na compreensão e comparação dos sistemas existentes no mercado brasileiro.

O sistema de impermeabilização a ser usado deve ser escolhido conforme as circunstâncias em que serão usadas. Os principais fatores que devem ser levados em consideração são: pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação (SABBATINI, 2006).

Para a escolha de um sistema de impermeabilização, os custos relevantes somente à camada impermeável não são suficientes para compor o custo total do serviço completo. Devem ser calculados também os custos das demais camadas do sistema, os custos de utilização e manutenção das camadas. Facilidade de execução, produtividade e método construtivo são os parâmetros que devem ser considerados na escolha do sistema impermeabilizante, relacionados com as características de execução da impermeabilização (SOUZA E MELHADO, 1997).

Para que se possa determinar o sistema de impermeabilização mais eficaz para determinada área, deve-se analisar principalmente o comportamento físico da estrutura naquela região e a atuação da água naquele ambiente. Cunha e Neumann (1979) frisam que:

- Elementos da construção onde normalmente prevê-se o aparecimento de trincas são as partes da obra mais propícias às

alterações dimensionais advindas da variação de temperatura, ou a recalques e movimentos estruturais;

- Elementos não sujeitos a fissuramentos e a trincas são considerados as partes da obra com carga estabilizada, em condições de temperatura relativamente constante;
- Água de percolação é a que atua na parte externa do empreendimento como em terraços e fachadas, tendo assim livre escoamento e não exercem pressão sobre a construção;
- Água de condensação é a água advinda da condensação do ar atmosférico, por conta de queda de temperatura;
- Água com pressão é a que está presente em solos, caixas d'água, piscinas, exercendo força hidrostática sobre o sistema impermeabilizante. Pode ser de dois tipos: Água sob pressão negativa: exerce pressão hidrostática de forma inversa à impermeabilização; água sob pressão positiva: exerce pressão hidrostática na mesma direção da impermeabilização;
- Umidade por capilaridade é a ação da água que adentra os elementos construtivos por conta do contato destes elementos com bases alagadas ou com solo úmido.

2.6 SERVIÇOS POSTERIORES

Finalizada a impermeabilização da área, alguns serviços devem, quando necessário, ser executados de forma a garantir a segurança e qualidade da impermeabilização. Em geral, os serviços posteriores à impermeabilização mais comuns são os de proteção mecânica e isolamento térmico. Antes da execução destes serviços, faz-se necessário a realização de algumas verificações:

- a) Checagem da superfície impermeabilizada afim de detectar imperfeições e/ou falhas de execução;
- b) Conferir o caimento e garantir que o mesmo esteja de acordo com a norma;
- c) Realizar testes de estanqueidade;

- d) Devido à utilização de alguns impermeabilizantes, aplicar camada de proteção mecânica de transição.

2.6.1 ISOLAMENTO TÉRMICO

A ABNT NBR 9575:2010 afirma que o isolamento térmico tem como objetivo reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre o sistema impermeabilizante, a fim de garantir a proteção contra os efeitos danosos do calor excessivo.

Toda estrutura sofre efeitos de dilatação térmica. Em caso de edifícios, por exemplo, a expansão e contração de lajes e pilares pode causar trincas e fissuras no sistema de impermeabilização de materiais com coeficiente de dilatação e/ou alongamento baixos.

A isolação térmica na cobertura tem como função principal: o conforto térmico, a economia de energia e a estabilização da estrutura, ocasionando um aumento gradativo na vida útil da edificação (PICCHI, 1986).

É de suma importância que a cobertura das edificações possua um sistema de isolamento térmico adequado ao tipo de estrutura e ao local onde a mesma está situada, levando em consideração o clima e o grau de salubridade do local. A figura 6 demonstra de forma objetiva o esquema de execução das camadas desde a estrutura até a proteção do isolamento térmico.

Figura 6 – Esquema fictício de execução das camadas da base à proteção térmica.



Fonte: Autor, 2017

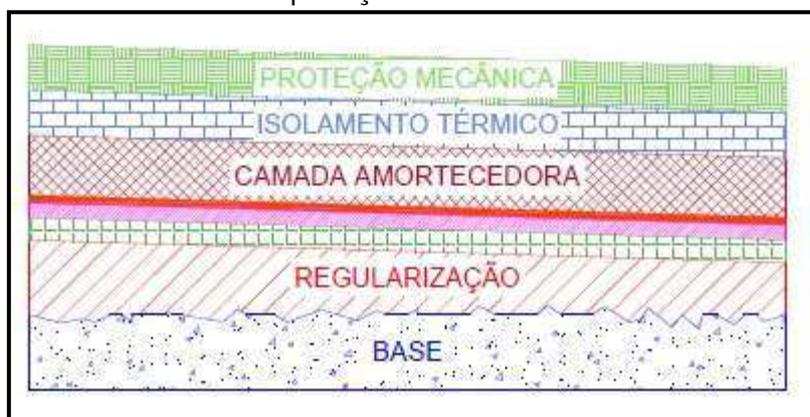
2.6.1 PROTEÇÃO MECÂNICA

A camada de proteção mecânica tem como função absorver e dissipar esforços estáticos ou dinâmicos que irão atuar sobre o sistema impermeabilizante, protegendo-o contra a ação deletéria destes esforços (ABNT, 2010).

A proteção mecânica, segundo Cruz (2003), pode ser classificada em quatro tipos:

1. Sistemas impermeabilizantes que dispensam a utilização da proteção mecânica: impermeabilizantes que são incorporados no processo de fabricação o acabamento superficial;
2. Proteção mecânica intermediária: mais conhecida como camada separadora, serve para dissipar esforços provenientes da proteção mecânica final ou dos pisos;
3. Proteção mecânica final para solicitações leves e normais: devem ser dimensionadas com os esforços solicitantes existentes no local, possuindo resistência mecânica igual ou superior aos carregamentos presentes.
4. Proteção em superfície vertical: tem como objetivo proteger a impermeabilização dos impactos, do intemperismo e abrasão.

Figura 7 – Esquema fictício de sistema impermeabilizante da base até a camada de proteção mecânica



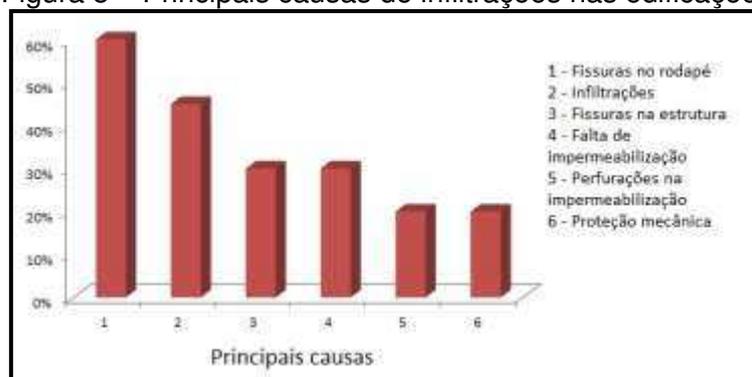
Fonte: Autor, 2017

2.7 PATOLOGIAS NA IMPERMEABILIZAÇÃO

A principal função da execução de um sistema de impermeabilização em um empreendimento é evitar o aparecimento de patologias futuras decorrentes da umidade ou presença indesejada de água nos ambientes. Bértolo (2001) diz que o processo de impermeabilização poderá ser prejudicado, principalmente, por deslizamentos na execução de lajes e pilares, no processo de concretagem, bem como no chumbamento de equipamentos ou peças na estrutura.

Segundo Picchi (1986), de acordo com levantamentos realizados, as falhas mais recorrentes estão relacionadas a problemas nas instalações, no deslocamento da estrutura, na presença de fissuração e no acúmulo de umidade. Na figura 8 observa-se as principais causas de infiltrações nas edificações.

Figura 8 – Principais causas de infiltrações nas edificações



Fonte: Adaptado de ANTONELLI, 2002, p.6

Conforme Souza (2008), o surgimento das manifestações patológicas nos sistemas impermeabilizantes, possuem como causas principais:

- a) Baixa qualidade dos materiais utilizados durante o serviço de impermeabilização;
- b) Escolha errônea dos materiais a serem executados;
- c) Falha no dimensionamento das tubulações dos projetos de drenagem de águas pluviais;
- d) O esquecimento da dilatação térmica da estrutura;
- e) Caimento irregular nas áreas molhadas;

- f) Erros na execução da impermeabilização;
- g) Erros na execução das juntas de dilatação;
- h) Erros na execução dos rodapés;
- i) Erros na execução dos acabamentos nos ralos de drenagem;
- j) Erros de execução dos acabamentos nas passagens das tubulações nas lajes;
- k) Presença de trincas e fissuras nas platibandas;
- l) Presença de ralos entupidos;
- m) Concretagem da estrutura mal executada, ocasionando em desagregação de material.

Nas áreas molhadas das edificações, caso não exista nenhum sistema impermeabilizante empregado, possivelmente desenvolverá, de acordo com Verçoza (1983), problemas de goteiras, manchas, mofo, apodrecimento, ferrugem, eflorescências, criptoflorescências, gelividade e deterioração.

- a) Goteiras: umidade em excesso concentrada em um local pontual, que ao atingir determinado volume, cai por gravidade;
- b) Manchas: superfície que apresenta coloração desigual às demais por possuir uma saturação de água naquele ponto;
- c) Mofo: surgimento de manchas, principalmente nas paredes, causadas por fungos que se desenvolvem pelo alto índice de umidade no local;
- d) Apodrecimento: notório principalmente nos forros de gesso, devido à ação da água;
- e) Ferrugem: com a presença de umidade na armadura da estrutura, coincide na formação de óxidos e hidróxidos de ferro, diminuindo a vida útil do aço, e por consequência, da edificação;
- f) Eflorescências: formação de manchas esbranquiçadas pela ação da água nas estruturas de concreto e alvenaria.

2.8 MANUTENÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO

Executar serviços de manutenção periódicos do sistema de impermeabilização faz-se necessário para que seja garantida a vida útil do serviço, proporcionando conforto e segurança para os usuários do empreendimento impermeabilizado, evitando também o aparecimento de patologias relacionadas à umidade.

A ABNT NBR 15575-1:2013 define as incubências dos intervenientes para todo tipo de serviço de uma obra, incluindo a impermeabilização. São elas:

- a) **Projetista:** Cabe ao projetista o papel de especificar materiais, produtos e processos que atendam o desempenho mínimo estabelecido nesta norma com base nas normas prescritivas e no desempenho declarado pelos fabricantes dos produtos a serem empregados em projeto;
- b) **Construtor e incorporador:** Salvo convenção escrita, é da incumbência do incorporador, de seus prepostos e/ou dos projetistas envolvidos, dentro de suas respectivas competências, e não da empresa construtora, a identificação dos riscos previsíveis na época do projeto, devendo o incorporador, neste caso, providenciar os estudos técnicos requeridos e alimentar os diferentes projetistas com as informações necessárias. Como riscos previsíveis, exemplifica-se: presença de aterro sanitário na área de implantação do empreendimento, contaminação do lençol freático, presença de agentes agressivos no solo e outros riscos ambientais. Ao construtor ou incorporador cabe elaborar o manual de operação uso e manutenção, ou documento similar, atendendo à ABNT NBR 14037 e ABNT NBR 5674, que deve ser entregue ao proprietário da unidade quando da disponibilização da edificação para uso, cabendo também elaborar o manual das áreas comuns, que deve ser entregue ao condomínio;

- c) Usuário: Ao usuário ou seu preposto cabe realizar a manutenção, de acordo com o que estabelece a ABNT NBR 5674 e o manual de operação, uso e manutenção, ou documento similar.

Segundo Righi (2009), algumas ações devem ser tidas pelos usuários do empreendimento para que se faça a correta manutenção da impermeabilização:

- a) Execução de inspeções periódicas;
- b) Evitar perfurações sem um posterior reparo;
- c) No caso de reservatórios, executar limpeza interna;
- d) Reparar vazamentos de tubulações furadas ou rachadas;
- e) Realizar limpeza periódica de ralos, evitando assim entupimento dos mesmos;
- f) Proteger o sistema impermeabilizante em caso de troca de piso;
- g) Cuidar dos ralos para evitar quebras;
- h) Executar reparo das fissuras de movimentação;
- i) Evitar o entupimento do sistema de drenagem.

2.9 MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES

A NBR 9575:2010 exemplifica 24 materiais impermeabilizantes, divididos em três grandes grupos: cimentícios, asfálticos e poliméricos.

Stahlberg (2010) define os sistemas de impermeabilização cimentícios como uma camada impermeável constituída por materiais à base de cimentos adicionados a resinas. Este sistema possui formação de cristais que executa a vedação dos poros e formam uma película impermeável na superfície do substrato. Esta película formada é o principal agente responsável pela estanqueidade do sistema. Os tipos de materiais impermeabilizantes cimentícios citados na ABNT NBR 9575:2010 são: argamassa com aditivo impermeabilizante, argamassa modificada com polímero, argamassa polimérica e cimento modificado com polímero.

Argamassa com aditivo impermeabilizante é o tipo de impermeabilização de argamassa dosada em obra, aplicada em substrato de

alvenaria, que tem adicionado à sua composição, aditivos impermeabilizantes que agem por hidrofugação dos capilares, possibilitando a existência de salubridade no ambiente.

Argamassa modificada com polímero tem-se a partir da utilização de polímeros na substituição parcial ou total do cimento hidráulico como ligante em concretos e argamassas convencionais ou para melhoria de propriedades dos produtos à base de cimento forma um grupo de materiais genericamente conhecido como compósitos de concreto-polímero (*concrete-polymer composites*) (OHAMA, 1997). O uso das expressões argamassas e concretos modificados com polímeros é usualmente associada com argamassas e concretos nos quais um polímero é adicionado em qualquer quantidade relativa ao peso do cimento (Mansur, 2007).

Argamassa polimérica é o tipo de impermeabilização industrializada, aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes (ABNT, 2010). Misturados nas devidas proporções e aplicados corretamente, esta mistura torna-se em um revestimento durável com resistência mecânica elevada. É indicado para estruturas que sofrerão pouca ou nenhuma movimentação, como reservatórios enterrados, cisternas e baldrames.

Cimento modificado com polímero é um tipo de impermeabilização industrializada, aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de cimentos e polímeros, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes (ABNT, 2010).

O asfalto pode ser considerado o material impermeabilizante mais antigo já descrito. Na Bíblia, um dos livros mais antigos do mundo, são dadas instruções a Noé de como construir a arca. Em Gênesis, capítulo 6, versículo 14, Deus disse: “Você, porém, fará uma arca de madeira de cipreste; divida-a em compartimentos e revista-a de piche por dentro e por fora.”. Relatos antigos afirmam também que na construção dos Jardins Suspensos da Babilônia, o rei Nabucodonossor II utilizou o asfalto para impermeabilizar a construção que continha tijolos constituídos de barro misturado com palha cortada e assados ao sol. Daquele tempo até o presente, o asfalto continua sendo bastante utilizado

nas obras de construção civil como material impermeabilizante de fácil acesso e baixo custo.

Asfalto é definido por Cunha e Neuman (1979) como um produto orgânico, composto por hidrocarbonetos pesados que, juntamente com *fuel oil*, graxas, carvão e petrolato, constituem os resíduos da destilação fracionada do petróleo. Trata-se de um material de grande interesse para a engenharia, por ser um aglomerante resistente, com grande adesividade, altamente impermeável e de grande durabilidade. Este material pode ser produzido de diversas maneiras, existindo a possibilidade de ter como produto final uma gama de texturas, indo do sólido até líquido. Geralmente prepara-se os materiais asfálticos líquidos através de uma emulsão com água ou destilados de petróleo.

Os materiais impermeabilizantes asfálticos descritos pela ABNT NBR 9575:2010 são: membrana de asfalto modificado sem adição de polímero, membrana de asfalto elastomérico, membrana de emulsão asfáltica, membrana de asfalto elastomérico em solução e manta asfáltica.

Membrana para impermeabilização é uma camada moldada no local, com características de deformação plástica, para preenchimento, calafetação ou vedação de aberturas, tais como trincas, fendas ou juntas (ABNT, 2010).

O IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2014) afirma que membranas de asfalto modificado são sistemas impermeabilizantes flexíveis e utilizados há muitos anos em estruturas de concreto. O asfalto é aquecido em caldeira a uma temperatura adequada, normalmente entre 160°C e 220°C, para adquirir consistência necessária para aplicação. Suas camadas são intercaladas com véus estruturantes.

Asfalto elastomérico é o produto obtido pela adição de polímeros elastoméricos no cimento asfáltico de petróleo, em temperatura adequada (ABNT, 2010). Os polímeros adicionados ao cimento asfáltico são de geração avançada, conferindo ao produto final grande poder de elasticidade, boa performance quanto a intempérie e resistência a fadiga considerável.

Emulsão asfáltica é obtida a partir da diluição de asfalto em água, com a adição de agentes emulsificadores. Aplicado a frio com ferramentas simples, é indicado para ambientes pequenos e movimentação moderada do substrato, como cozinhas, banheiros e áreas de serviço (IBI, 2014).

Membrana de asfalto elastomérico em solução, é um sistema de impermeabilização aplicado a frio sobre a superfície a ser impermeabilizada. Necessita de 5 a 7 demãos para alcançar a espessura adequada, sendo intercalado a partir da segunda demão por camadas estruturantes que podem ser de véu de fibra de vidro, tela de fibra de vidro, véu e tela de poliéster, tela de nylon e feltro asfáltico.

Manta asfáltica é um produto pré-fabricado, composto por asfalto como elemento predominante, reforçado com armadura e obtido por calandragem, extensão ou outros processos com características definidas (ABNT, 2014).

Os impermeabilizantes poliméricos são constituídos por homopolímeros ou copolímeros com características elastoméricas. Em geral, são impermeabilizantes cujo veículo principal são os agentes modificadores dos impermeabilizantes, base asfáltica ou cimentícia, como o Poliuretano, Acrílico, EVA, entre outros (Vasconcelos e Bauer, 2014).

As membranas de neoprene-hypalon são formadas por aplicação de neoprene (*policloroprene*) em solução, em primeira camada, sobre a regularização e, após sua cura e endurecimento, segue a aplicação de camada adicional de hypalon (polietileno clorossulfonado) em solução. Ademais, a membrana pode receber armadura de tecido para a aplicação em regiões do substrato que apresentem estado de fissuração (DIAS e DIAS, 2013).

Membranas de poliuretano é o resultado da reação de um composto originado pela reação do isocianato, disponível nas formas alifáticas ou aromáticas, e um composto com terminações de hidroxilas, sendo: polióis (poliol poliésteres ou polioliéteres), na presença de catalisadores (ABNT, 2016).

Membranas de poliureia é o resultado da reação de um componente isocianato que pode ser de natureza aromática ou alifática e um componente de resinas, aditivos, extensores de cadeia e pigmentos e sempre uma amina terminada (ABNT, 2016).

Membranas sintéticas são produtos pré-fabricados a base de vários tipos de materiais sintéticos (PEAD, PVC, TPO, EPDM e outros) que também podem ser utilizados nos sistemas impermeabilizantes; adaptam-se facilmente a locais sujeitos a movimentações e vibrações, graças às suas ligas elásticas e

flexíveis; ainda são resistentes aos raios ultravioletas e ataques químicos, conforme formulação (PINI, 2013).

Emulsão acrílica é o resultado de polímeros acrílicos termoplásticos em dispersão aquosa, utilizada para impermeabilização de superfícies expostas a intempéries (ABNT, 2008).

2.10 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTAS

Segundo Cruz (2003), é o sistema que caracteriza-se pela aplicação, como material impermeabilizante, de mantas compostas de asfaltos e elastômeros, produto fabricado industrialmente com espessura e peso por metro quadrado constantes, obtido através de processos de extrusão ou calandra e fornecido em rolos com comprimentos e larguras definidos pelo fabricante.

Figura 9 – Aplicação de manta asfáltica



Fonte: PINI, 2015

2.11 MANTA ASFÁLTICA

A manta asfáltica é um material impermeabilizante, pré-fabricado e flexível obtido por calandragem, extensão ou outros processos, possuindo um

material estruturante em meio à sua massa asfáltica e variados tipos de camada superficial.

Segundo a NBR 9952:2014, as mantas asfálticas são classificadas de acordo com sua tração, alongamento e à flexibilidade a baixa temperatura. De acordo com seu acabamento superficial, podem ser classificadas por: granular, geotêxtil, metálico, polietileno, areia de baixa granulometria e plástico metalizado.

A tabela 1 traz um resumo das principais características e locais para aplicação de cada manta.

Tabela 1 – Características das mantas de acordo com o acabamento superficial

TIPO	CARACTERÍSTICAS
GEOTÊXTIL	É utilizado para serviços de impermeabilização de lajes que não receberão proteção mecânica, e não terão trânsito de veículos ou de pessoas. A manta com material geotêxtil no revestimento pode receber pintura refletiva.
METÁLICO	É aplicado em serviços de impermeabilização de lajes e coberturas que não terão trânsito de veículos ou pessoas. Promove proteção contra os raios solares e conforto térmico à construção.
POLIETILENO	As mantas com acabamento em polietileno devem ser aplicadas com o auxílio de maçarico e recebem, obrigatoriamente, camada de proteção mecânica.
AREIA	As mantas com acabamento em areia devem ser protegidas por camada de proteção mecânica e podem ser aplicadas com maçarico ou asfalto quente.

Tabela 1 – Características das mantas de acordo com o acabamento superficial

TIPO	CARACTERÍSTICAS
PLÁSTICO METALIZADO	Geralmente utiliza-se esse tipo de manta em locais que necessitem de reparos pequenos e rápidos. São, em geral, fitas auto-adesivas que auxiliam na estanqueidade do ambiente e no isolamento térmico, refletindo boa parte dos raios solares devido ao seu acabamento metalizado.

Fonte: Adaptado de Equipe de Obra, 2012, p.18

2.11.1 APLICAÇÃO

Para a correta aplicação/execução de mantas asfálticas, devem-se seguir os procedimentos listados na ABNT NBR 9574:2008 – Execução de Impermeabilização – Procedimento. Os procedimentos são divididos em três etapas:

1. Preparação do substrato: O substrato deve se encontrar firme, regular, seco, limpo e isento de corpos estranhos. O caimento deve ser de no mínimo 1% em áreas horizontais (direcionadas para os coletores) e de 0,5% em calhas e áreas internas. As arestas devem ser arredondadas e os cantos em meia cana;
2. Aplicação do tipo de impermeabilização: Aplicar primeiramente uma demão do produto de *primer* com rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha de forma homogênea e aguardar até secar totalmente, exceto para os casos de mantas não aderidas ao substrato. Desenrolar os rolos, alinhá-los e enrolá-los novamente, sobre a superfície que será impermeabilizada;
 - a) Aplicação com chama de maçarico à base de GLP (gás liquefeito de petróleo): O maçarico a ser utilizado na aplicação deverá ser com gatilho controlador de chama, haste de 50cm e bocal de 2". O maçarico deve ser direcionado de forma a aquecer simultaneamente a superfície imprimada e o lado inferior da manta (que será aderido). Pressionar a manta

começando do centro em direção às bordas de forma a expulsar possíveis bolhas de ar. As mantas deverão estar sobrepostas pelo menos 10cm uma acima da outra nas emendas, executando-se o selamento das emendas com espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas. Verificar sempre a intensidade da chama para que a mesma não danifique a manta e proporcione a correta aderência da mesma à superfície;

b) Aplicação com asfalto a quente: Aquecer o asfalto de forma homogênea em equipamento adequado numa temperatura entre 180 °C a 220 °C para o asfalto sem a adição de polímeros e 160°C a 180°C para o asfalto com a adição de polímeros. Aplicar uma demão do asfalto aquecido a uma temperatura mínima de 160 °C, com o uso de meada de fios de juta, na superfície imprimada numa distância máxima de 1,00 m à frente da bobina. O asfalto deverá ser aplicado tanto na superfície a ser impermeabilizada quanto na face inferior da bobina. Pressionar a manta começando do centro em direção às bordas de forma a expulsar possíveis bolhas de ar. As mantas deverão estar sobrepostas pelo menos 10cm uma acima da outra nas emendas, executando-se o selamento das emendas com espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas;

c) Aplicação com adesivos: Aplicar uma camada homogênea de adesivo na superfície imprimada e na face da manta asfáltica a ser aderida ao substrato. Aguardar o tempo de pega do adesivo e pressionar a manta contra o substrato pressionando do centro em direção às bordas, para eliminação das possíveis bolhas de ar. As mantas deverão estar sobrepostas pelo menos 10cm uma acima da outra nas emendas, executando-se o selamento das emendas com espátulas ou colher de pedreiro de pontas arredondadas;

d) Mantas auto adesivas: Remover a proteção antiaderente promovendo a adesão inicial à superfície e continuar o processo removendo o filme e aderindo a manta simultaneamente.

Executar o processo lentamente e ir pressionando do centro em direção às bordas de forma a expulsar possíveis bolhas de ar. As mantas deverão estar sobrepostas pelo menos 10cm uma acima da outra nas emendas, executando-se o selamento das emendas com roletes metálicos.

3. Proteção do sistema de impermeabilização:

a) Executar proteção mecânica estruturada com tela de fios de arame galvanizado ou plásticos nas áreas verticais. Nas horizontais a proteção mecânica armada ou não, deve ser executada sobre camada separadora e ou drenante, nos locais onde exista possibilidade de agressão mecânica;

b) Promover proteção contra raios ultravioleta, exceto em caso de mantas autoprotetidas.

2.12 SISTEMAS ELASTOMÉRICOS IMPERMEABILIZANTES

Os sistemas elastoméricos impermeabilizantes podem ser aplicados a quente ou a frio, estruturados ou não com telas, chegando a dispensar o uso de proteção mecânica em determinados casos. Algumas características que estão fazendo com que este tipo de sistema cresça cada vez mais no território brasileiro são:

- ✓ Aplicação simples;
- ✓ Alguns sistemas dispensam a necessidade de aplicação de proteção mecânica;
- ✓ Redução nos custos de matéria-prima desses sistemas, tornando-os mais comerciais;
- ✓ Aplicação rápida.

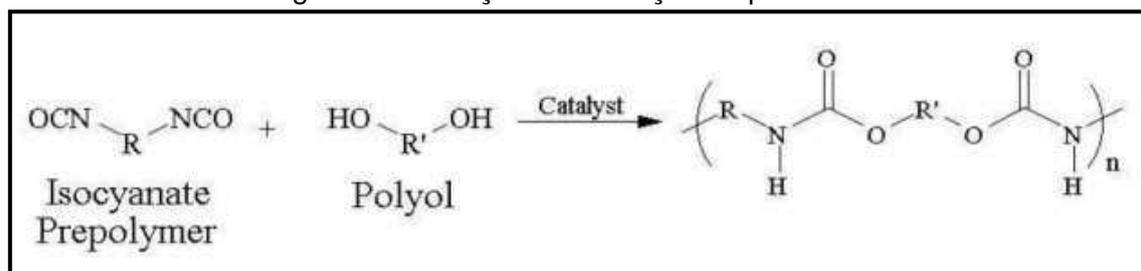
Atualmente, o tipo de impermeabilização que mais cresce no Brasil são as membranas elastoméricas e aderentes (CAMPIOTO et. al., 2012).

2.12.1 SISTEMAS A BASE DE POLIURETANO

Segundo Quini (2011, p. 12), os poliuretanos foram desenvolvidos por Otto Bayer em 1937 a partir da reação de dois compostos que resultava em um produto de estrutura macromolecular, tornando-se uma fantástica história de sucesso e um negócio que atualmente envolve bilhões de dólares. São normalmente produzidos pela reação de poliadição de um isocianato, que pode ser bifuncional ou polifuncional e um polioliol (apud VILAR, 2002).

A obtenção de isocianatos foi primeiramente feita por Wurtz pela reação de dietilsulfato e cianeto de potássio, em 1848. Também é conhecida a sua síntese por fosgenação de amina, obtida por Hentschel em 1884. Embora hajam muitos métodos para sua síntese, a fosgenação de aminas tornou-se o único método a atingir escala industrial.

Figura 10 – Reação de formação do poliuretano



Fonte: Vasconcelos, 2014

Alguns sistemas de membranas de poliuretano são chamados de sistemas sólidos, por não conterem em sua formulação catalisadores ou solventes, fazendo com que sua massa não seja alterada após a polimerização. Dessa forma, os sistemas sólidos geralmente são os que apresentam as melhores características de desempenho. Solventes e catalisadores são adicionados a alguns sistemas para que a viscosidade e o tempo de cura sejam alterados.

As membranas líquidas de poliuretano são constituídas majoritariamente por resinas de poliuretano, que possui elevada capacidade de resistência aos raios ultravioleta e a temperaturas extremas (GINGA, 2008).

Dessa forma, as membranas de poliuretano possuem boa resistência mecânica, grande elasticidade, aderência ao substrato, resistência química e proteção térmica. Por serem um sistema monolítico, não apresentam juntas ou emendas, reduzindo as chances de problemas de infiltração. São recomendadas para a impermeabilização de lajes, reservatório, estações de tratamento de esgoto e também em reservatórios destinados ao armazenamento de água potável.

2.12.1.1 SISTEMA MONOCOMPONENTE

O sistema impermeabilizante com membrana de poliuretano monocomponente é formado a partir da reação de polimerização a frio quando em contato com a umidade do ar, no momento da aplicação, moldado no local em uma ou mais camadas, com ou sem uso de estruturantes (ABNT, 2007).

Por não haver a necessidade de mistura de componentes antes da aplicação, este sistema anseia por um nível de cuidado no pré-preparo um pouco menor, mas nem por isso deve-se deixar de tomar as devidas precauções quanto à homogeneidade do produto.

Figura 11 – Sistema monocomponente



Fonte: Bautech, 2017

2.12.1.2 SISTEMA BICOMPONENTE

Os sistemas bicomponentes são formados a partir da reação de polimerização a frio de poliois e isocianatos, moldado no local da aplicação em uma ou mais camadas, com ou sem uso de estruturantes (ABNT, 2007).

Neste sistema, o cuidado com a dosagem adequada e mistura homogênea dos componentes é fundamental para a obtenção do resultado proposto pelo fabricante do produto, que por sua vez deve especificar a proporção em massa no rótulo do produto.

Figura 12 – Sistema bicomponente



Fonte: Bautech, 2017

2.12.1.3 APLICAÇÃO

Em geral, os sistemas elastoméricos de poliuretano são aplicados a frio de forma manual com ferramentas simples como rodos, rolos e pincéis ou de forma mecanizada com equipamentos *airless*. O ponto crucial da aplicação deste sistema impermeabilizante está na preparação do substrato, que deve ser livre de poeira, sujeira, óleos e outros materiais que possam prejudicar a aderência do primer. Faz-se importante também o tratamento de ninhos e juntas de concretagem antes do início do procedimento.

Granato (2013) afirma que a aplicação do sistema requer diversos cuidados iniciais que devem ser levados em conta para uma perfeita estanqueidade da impermeabilização. Estes cuidados são:

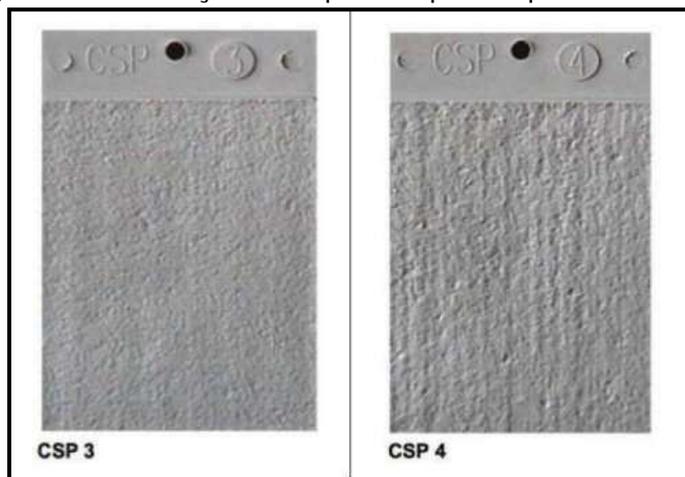
- Concretagem da laje: o concreto deverá apresentar no mínimo um f_{ck} de 25MPa à compressão e 3MPa à tração, sendo vibrado de forma correta para evitar a incorporação de ar que deve ser inferior a 3%. Isso é fundamental para uma superfície polida e uniforme;
- Acabamento da superfície: o acabamento da superfície não poderá ser vitrificado ou extremamente liso, pois este poderá prejudicar a aderência do sistema impermeabilizante. Por outro lado, uma superfície extremamente rugosa dificulta a limpeza da superfície;
- Cura do concreto: o concreto deverá estar devidamente curado para evitar fissuras de retração, que ocorrem devido à perda d'água por evaporação;
- Calafetação de trincas, fissuras, juntas, ralos e perímetros: para um melhor acabamento e funcionalidade do sistema, deverão ser seladas com material à base de poliuretano todas trincas, fissuras e cantos vivos existentes no local. Esse selante tem a função de auxiliar a resina à base de poliuretano na impermeabilização da cobertura.

A ABNT NBR 15487:2007 regulamenta a utilização de membranas de poliuretano em impermeabilização. Ela estabelece que a aplicação do sistema deve seguir as recomendações do fabricante e ser moldada com a espessura definida nas normas para cada método de ensaio. Como base, utilizaremos as recomendações definidas pelo fabricante do sistema Vulkem 350NF/346, utilizado para impermeabilização para áreas com tráfego de pedestres.

- Preparo da superfície: A superfície de concreto deverá estar limpa, seca, isenta de contaminantes, tintas e impermeabilizantes. A superfície deve estar regularizada com caimento adequado para ralos e sistemas de drenagem. O concreto deve ter sido curado por no mínimo 28 dias, não utilizar agentes de cura. Trincas, fissuras, juntas, ralos e sistemas de drenagem devem ser tratados

apropriadamente, com selante poliuretano Monopol PU 25 ou Monopol PU 40. A superfície de concreto deverá ser tratada de forma a atender o padrão CSP 3-4 (ICRI No. 03732). Reparar áreas danificadas. Poderá ser necessária a aplicação do Vulkem® 171 Primer de acordo com as condições do substrato;

Figura 13 – Condição de superfície para impermeabilização



Fonte: GRANATO, 2013

- Aplicação do revestimento: Misture o Vulkem® 350 NF com um misturador de baixa rotação tendo cuidado para não incorporar ar à mistura. O tempo aproximado de mistura é de 1 a 2 minutos. Aplique Vulkem® 350 NF no consumo de 1 litro por m² para obter 1mm de espessura, em toda a área a ser tratada com exceção das juntas de dilatação. Aplique com desempenadeira denteada. Passe o rolo imediatamente sobre a superfície aplicada para garantir a distribuição homogênea e eliminar bolhas. Vulkem® 350 NF também pode ser aplicado com rolo resistente a solvente de pêlo médio. Para rampas utilize a versão “R” (rolado) do produto, fabricado especialmente para esta aplicação. Aguarde a cura do Vulkem® 350 NF, mínimo 6 horas e máximo 24 horas (temperatura 24°C, umidade relativa do ar 50%). Caso ultrapasse às 24 horas ou os tempos limites consulte a Ficha de Instruções de Aplicação do Vulkem® 350NF/346 ou nosso Departamento Técnico. Para a camada de acabamento (top coat) existem duas

formas de aplicação do Vulkem® 346: No primeiro, misture o Vulkem® 346 com um misturador de baixa rotação tendo cuidado para não incorporar ar à mistura, tenha cuidado para que não fique depositado material no fundo do balde. Misture até obter uma cor homogênea isenta de estrias de pigmentos ou grumos. Aplique o material com um rolo de pêlo médio resistente aos solventes, no consumo de 400 ml/m² para uma espessura aproximada de 380 micra. Remova o excesso de material com o rolo para evitar o empoçamento. Imediatamente após, aspergir o Agregado 50 sobre o Vulkem® 346 ainda fresco, consumo aproximado 0,5 kg/m². Passe o rolo para garantir que todo o agregado foi devidamente encapsulado dentro do líquido. Para o segundo método, misture o Vulkem® 346 com um misturador de baixa rotação tendo cuidado para não incorporar ar à mistura, tenha cuidado para que não fique depositado material no fundo do balde. Misture até obter uma cor homogênea isenta de estrias de pigmentos ou grumos. Aplique o material com um rolo de pêlo médio resistente à solventes, no consumo de 200 ml/m² para uma espessura aproximada de 200 micra, evitando pontos de acúmulo ou empoçamento do produto. Aspergir o agregado sobre o Vulkem® 346 ainda fresco. Cubra toda a superfície não deixando qualquer área exposta. Aguarde a cura do produto até o próximo dia. Varrer e aspirar toda a superfície removendo todo o material solto. Aplique uma nova camada do Vulkem® 346 com um rolo de pelo médio resistente à solventes, no consumo de 200 ml/m² para uma espessura aproximada de 200 micra, evitando pontos de acúmulo ou empoçamento do produto. Aguarde 24 horas antes de liberar ao tráfego de pessoas. As propriedades da textura final do revestimento contribuem para a resistência ao desgaste e ao escorregamento do sistema. Recomendamos a aplicação de uma área teste para a aprovação prévia do cliente;

- Limitações: Não aplique sobre uma superfície úmida ou contaminada; Utilize a ventilação adequada de acordo com o

ambiente de aplicação; Temperatura de aplicação mínima 4°C e máxima 43°C. O tempo de cura varia com a temperatura e umidade;

- Recomendações: Limpar as ferramentas e utensílios de trabalho com solventes apropriados para poliuretanos tais como: xilol, toluol ou thinner específico. Respeite as condições de temperatura e umidade, não aplique com umidade do substrato acima de 4,5% e umidade relativa do ar de 50 %, temperaturas superiores a 43°C ou inferiores a 4°C (VIAPOL, 2017).

A ABNT NBR 15487:2007 disponibiliza também, em tabela, os parâmetros de requisitos que deverão ser atendidos pelos sistemas de impermeabilização poliuretânicos.

Tabela 2 – Requisitos para membrana de poliuretano

ITEM	REQUISITOS	UNIDADE	PARÂMETROS	MÉTODO DE ENSAIO
1	Resistência à tração – mínima	Mpa	2	ABNT NBR 7462
2	Alongamento na ruptura – mínimo	%	50	ABNT NBR 7463
3	Deformação permanente – máxima	%	30	ABNT NBR 10025
4	Resistência ao rasgo	Kn/m	2	ASTM D-624
5	Flexibilidade à baixa temperatura (-5°C)	-	Atende	ABNT NBR 9952
6	Dureza Shore A	-	60-90	ABNT NBR 7456
7	Escorrimento (120°C)	-	Atende	ABNT NBR 9952
8	Tração e alongamento após intemperismo - 500h* - Perda máxima	%	25	ASTM G154
9	Flexibilidade (5°C) após envelhecimento acelerado (4 semanas a 80°C)	-	Atende	ABNT NBR 9952
10	Determinação da resistência da aderência à tração – mínima	Mpa	0,3	ABNT NBR 13528

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15487:2007

3 MÉTODO

Este trabalho tem como base uma pesquisa bibliográfica e uma etapa de pesquisa de campo, objetivando o alcance dos parâmetros necessários para a correta conclusão do estudo. O trabalho dividiu-se basicamente em três fases: pesquisa bibliográfica, acolhimento de dados e interpretação dos dados obtidos.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, foi realizada a revisão bibliográfica para análise de alguns pontos, como: conceitos de impermeabilização, tipos de sistemas de impermeabilização utilizados no Brasil, patologias ocasionadas devido à ausência de sistemas impermeabilizantes, dentre outros dados pertinentes ao assunto. A revisão bibliográfica foi realizada mediante leitura, fichamento e resumo de cada obra e artigo utilizados, com o intuito de pontuar os conceitos necessários a este estudo.

3.2 TIPO DE ESTUDO

Este estudo faz uma análise comparativa técnico-financeira da aplicação de dois sistemas impermeabilizantes: impermeabilização a base de manta asfáltica e com membrana de poliuretano. Para isso, primeiramente definiu-se os tipos de mantas asfálticas que seriam analisadas e suas respectivas utilizações. Para que se tivesse uma maior gama de opções para comparação, escolheu-se as seguintes mantas e situações:

- Manta asfáltica com espessura de 3mm estruturada com véu de poliéster para calhas, rufos e lajes com transição de pessoas;
- Manta asfáltica com espessura de 3mm autoprotégida com filme de alumínio para lajes sem trânsito de pedestres;

- Manta asfáltica com espessura de 4mm estruturada com véu de poliéster para garagens e locais com trânsito intenso de pessoas e automóveis.

Para criação do orçamento para aplicação e fornecimento dos serviços de impermeabilização com manta asfáltica de espessura 3mm, estruturada com véu de poliéster, determinou-se que deveriam ser orçados os seguintes serviços: regularização da base com concreto, camada de berço com placas de poliestireno, camada impermeável, camada separadora com papel kraft betumado, camada amortecedora com placas de poliestireno, proteção térmica com manta de lã de vidro e proteção mecânica feita em concreto.

A criação do orçamento para o serviço de impermeabilização com manta asfáltica de espessura 3mm autoprotégida com filme de alumínio levou em consideração a regularização da base do substrato, aplicação de camada de berço com placas de poliestireno e a aplicação da camada impermeável.

O orçamento gerado para aplicação e fornecimento de impermeabilização com manta asfáltica de espessura 4mm estruturada com véu de poliéster levou em consideração a aplicação das mesmas camadas utilizadas na execução do serviço com manta asfáltica com espessura de 3mm estruturada com véu de poliéster, com apenas duas diferenças: na camada impermeável aplicou-se uma manta asfáltica de maior espessura e maior resistência, e a proteção mecânica foi feita com piso de alta resistência (korodur), para suportar as solicitações necessárias.

Finalizada a escolha dos serviços com mantas, escolheu-se os serviços a base de poliuretano que seriam equivalente aos mesmos, e os sistemas escolhidos foram:

- Aplicação de membrana elástica de poliuretano com consumo de 1,5kg/m² para lajes sem trânsito de pessoas ou com transição moderada;
- Aplicação de membrana elástica de poliuretano com consumo de 2,2kg/m² para lajes com trânsito intenso de pessoas e de automóveis.

A criação do orçamento para impermeabilização de lajes sem trânsito de pessoas ou com transitação moderada levou em consideração os serviços de regularização da base a ser impermeabilizada e a aplicação do sistema impermeabilizante com um consumo de 1,5kg/m² para resistir às solicitações desejadas.

Para atender às solicitações de um substrato com trânsito intenso de pessoas e automóveis, utilizou-se a mesma regularização de base, porém a camada impermeabilizante foi aplicada com um consumo maior, desta vez com 2,2kg/m² resistindo assim, aos esforços e às frenagens dos veículos.

Para que fosse analisada a média de preços praticada no comércio de São Luís, antes de partir para a pesquisa de campo, construiu-se orçamentos-base feitos a partir dos valores encontrados no SINAPI (SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL) de abril de 2017. Nem todos os serviços puderam ser encontrados na tabela do SINAPI, e por isso buscou-se também valores praticados em outras tabelas oficiais, como a SCO (SISTEMA DE CUSTO DE OBRAS), do Rio de Janeiro. Para a construção dos orçamentos, foi considerado que todos os serviços deveriam atender à solicitação de proteção térmica juntamente com a impermeabilização. Como a manta asfáltica com filme de alumínio já possui essa função, não houve necessidade de orçar uma camada extra em tal serviço.

Concluídos os orçamentos-base, deu-se início então à pesquisa de campo, que foi realizada através de ligações e pesquisas de preço *in loco*. Durante a pesquisa, levantou-se os preços praticados pelo comércio para aplicação de 1m² tanto do material impermeabilizante quanto das camadas adicionais. Ao término da pesquisa de preço, reuniu-se todos os preços obtidos para verificar se os mesmos estavam compatíveis com os preços adotados pelas tabelas oficiais e escolheu-se entre os mesmos, os menores valores praticados para cada solicitação, tanto com os sistemas a base de manta asfáltica, quanto para o sistema a base de poliuretano.

Para realização de análise quanto aos requisitos técnicos, utilizou-se dados encontrados nas fichas técnicas dos materiais da empresa VIAPOL, onde foram analisados requisitos como: resistência à tração, alongamento na ruptura,

resistência ao rasgo, absorção d'água, escoamento ao calor e estanqueidade. Os materiais analisados foram:

- Manta Asfáltica Torodin;
- Viaflex Manta Alumínio;
- Sistema VULKEM® 350NF/346;
- Sistema VULKEM® 350NF/345/346.

Terminada a análise técnica, observou-se os resultados obtidos para que se fosse possível verificar a viabilidade da substituição dos sistemas com mantas asfálticas pelos sistemas com membrana de poliuretano, elencando também vantagens e desvantagens desse sistema.

4 ESTUDO COMPARATIVO

Com base nas tabelas do SINAPI, serão apresentados os dados levantados após a execução dos orçamentos-base para comparação e também os valores praticados no mercado da cidade de São Luís. A tabela 3 mostra o orçamento-base criado para aplicação de um sistema impermeabilizante a base de manta asfáltica para locais com trânsito de pedestres.

Tabela 3 – Orçamento-base para impermeabilização com manta asfáltica e=3mm com trânsito de pedestres

Planilha Orçamentária - SINAPI Analítico				MA	abr/17
Camada	Descrição	Unid	Quant	Preço Unit	Preço Total
REGULADORA	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR),	m2	1,00	R\$ 6,77	R\$ 6,77
BERÇO	TIPO 2F, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 10 MM, 1000 X 500 MM	m2	1,00	R\$ 1,72	R\$ 1,72

Tabela 3 – Orçamento-base para impermeabilização com manta asfáltica e=3mm com trânsito de pedestres

SERVIÇO: FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA E=3mm ESTRUTURADA COM VÉU DE POLIÉSTER PARA LAJES, RUFOS E CALHAS SEM TRÁFEGO VEICULAR					
Planilha Orçamentária - SINAPI Analítico				MA	abr/17
Camada	Descrição	Unid	Quant	Preço Unit	Preço Total
IMPERMEÁVEL	IMPERMEABILIZACAO DE SUPERFICIE COM MANTA ASFALTICA (COM POLIMEROS TIPO APP), E=3 MM	m2	1,00	R\$ 61,54	R\$ 61,54
SEPARADORA	PAPEL KRAFT BETUMADO	m2	1,00	R\$ 3,88	R\$ 3,88
AMORTECEDORA	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 10 MM, 1000 X 500 MM	m2	1,00	R\$ 1,72	R\$ 1,72
PROTEÇÃO TÉRMICA	ISOLAMENTO TERMICO COM MANTA DE LÃ DE VIDRO, ESPESSURA 2,5CM	m2	1,00	R\$ 45,79	R\$ 45,79
PROTEÇÃO MECÂNICA	PISO CIMENTADO TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA) COM ACABAMENTO LISO ESPESSURA 2,0CM COM JUNTAS PLASTICAS DE DILATAÇAO E PREPARO MANUAL DA ARGAMASSA	m2	1,00	R\$ 42,10	R\$ 42,10
Total					R\$163,52

Fonte: Adaptado de SINAPI, 2017

Neste orçamento, incluiu-se todos os serviços necessários para o serviço de impermeabilização, desde a regularização da base, até a aplicação da camada de proteção mecânica. Esta última faz-se necessária devido à transição de pessoas, que acabaria prejudicando o sistema caso não houvesse tal proteção. Na tabela 4 vemos o orçamento-base criado para aplicação de um sistema impermeabilizante a base de manta asfáltica para locais sem trânsito de pedestres.

Tabela 4 – Orçamento-base para impermeabilização com manta asfáltica e=3mm autoprotégida com filme de alumínio para lajes sem trânsito de pedestres

SERVIÇO: FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA E=3mm AUTOPROTEGIDA COM FILME DE ALUMÍNIO PARA LAJES SEM TRANSITAÇÃO DE PEDESTRES					
Planilha Orçamentária - SINAPI Analítico				MA	abr/17
Camada	Descrição	Unid	Quant	Preço Unit	Preço Total
REGULADORA	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE	m2	1,00	R\$ 6,77	R\$ 6,77
BERÇO	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 10 MM, 1000 X 500 MM	m2	1,00	R\$ 1,72	R\$ 1,72
IMPERMEÁVEL	IMPERMEABILIZACAO DE SUPERFICIE COM MANTA ASFALTICA PROTEGIDA COM FILME DE ALUMINIO GOFRADO (DE ESPESSURA 0,8MM), INCLUSA APLICACAO DE EMULSAO ASFALTICA, E=3MM.	m2	1,00	R\$ 69,14	R\$ 69,14
Total					R\$ 77,63

Fonte: Adaptado de SINAPI, 2017

Na tabela 4 percebe-se a ausência das camadas de proteção mecânica e térmica. Isso se dá pelo fato de que a aplicação de manta autoprotégida com filme de alumínio limita-se a ambientes sem trânsito constante de pessoas, o que elimina a necessidade de uma proteção mecânica para proteger a camada impermeável. Por conta de seu revestimento externo ter acabamento aluminizado, este age como bloqueador térmico, refletindo os raios solares e possibilitando uma sensação térmica mais agradável dentro dos ambientes. Para a aplicação de sistema impermeabilizante em locais com tráfego intenso de automóveis e pedestres, como em uma garagem, criou-se um orçamento utilizando-se uma camada impermeável mais resistente, de maior espessura e que consequentemente resistirá melhor aos esforços mais críticos causados por abrasividade e frenagem de veículos. A tabela 5 exemplifica o orçamento para fornecimento e aplicação do serviço de impermeabilização a base de manta asfáltica com espessura de 4mm para locais com estas características.

Tabela 5 – Orçamento-base para impermeabilização com manta asfáltica e=4mm com tráfego de automóveis e pedestres

SERVIÇO: FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA E=4mm ESTRUTURADA COM VÉU DE POLIÉSTER PARA GARAGENS E ÁREAS COM TRÁFEGO VEICULAR					
Planilha Orçamentária - SINAPI Analítico				MA	abr/17
Camada	Descrição	Unid	Qtd	Preço Unit	Preço Total
REGULADORA	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE	m2	1,00	R\$ 6,77	R\$ 6,77
BERÇO	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 10 MM, 1000 X 500 MM	m2	1,00	R\$ 1,72	R\$ 1,72
IMPERMEÁVEL	IMPERMEABILIZACAO DE SUPERFICIE COM MANTA ASFALTICA (COM POLIMEROS TIPO APP), E=4 MM	m2	1,00	R\$ 74,99	R\$ 74,99
SEPARADORA	PAPEL KRAFT BETUMADO	m2	1,00	R\$ 3,88	R\$ 3,88
AMORTECEDORA	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, PLACA, ISOLAMENTO TERMOACUSTICO, E = 10 MM, 1000 X 500 MM	m2	1,00	R\$ 1,72	R\$ 1,72
PROTEÇÃO TÉRMICA	ISOLAMENTO TERMICO COM MANTA DE LÃ DE VIDRO, ESPESSURA 2,5CM	m2	1,00	R\$ 45,79	R\$ 45,79
PROTEÇÃO MECÂNICA	PISO INDUSTRIAL DE ALTA RESISTENCIA, ESPESSURA 8MM, INCLUSO JUNTAS DE DILATAÇAO PLASTICAS E POLIMENTO MECANIZADO	m2	1,00	R\$ 58,42	R\$ 58,42
Total					R\$ 193,29

Fonte: Adaptado de SINAPI, 2017

Para este sistema impermeabilizante, percebe-se a necessidade de aplicação de uma proteção mecânica mais resistente, capaz de resistir a maiores tensões e frenagens de veículos. Por ser a camada externa e estar em constante solicitação, seu desgaste acaba sendo inevitável, sendo necessário assim a constante manutenção do sistema.

Concluídos os orçamentos-base de mantas afálticas, realizou-se uma pesquisa de campo, buscando identificar a média de preços trabalhados por empresas de impermeabilização da capital. Obteve-se certa dificuldade na obtenção de orçamentos completos contemplando todas as camadas do serviço

de impermeabilização, pois muitos profissionais da área não executavam algumas das camadas desejadas. Outro problema encontrado foi a identificação do tipo de manta asfáltica utilizada por estes profissionais, uma vez que os mesmos não possuíam conhecimento técnico quanto à classificação (tipos I, II, III e IV) das mantas. O resultado obtido após a pesquisa foi apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – Comparativo de preços praticados no comércio local

ITEM	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C
FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA e=3mm ESTRUTURADA COM VÉU DE POLIESTER PARA LAJES COM TRÂNSITO DE PEDESTRES	R\$ 143,52	R\$ 143,98	R\$ 151,74
FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA e=4mm ESTRUTURADA COM VÉU DE POLIESTER COM TRÂNSITO VEICULAR	R\$ 173,47	R\$ 173,30	R\$ 172,45
FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE MANTA ASFÁLTICA e=3mm AUTOPROTEGIDA COM FILME DE ALUMÍNIO	R\$ 64,58	R\$ 58,49	R\$ 53,82

Fonte: Autor, 2017

A partir dos dados apresentados na tabela acima, percebe-se que o preço praticado para os serviços estão coerentes com os preços orçados através da tabela do SINAPI. Nota-se também a baixa variação de preços entre os prestadores de serviço, sendo praticado dessa forma uma concorrência justa.

Finalizada a comparação entre os preços praticados para aplicação dos sistemas com mantas asfálticas, criou-se os orçamentos-base de impermeabilização com membrana de poliuretano para ser utilizado como referência. Como não foi possível encontrar os referidos serviços nas tabelas do SINAPI, utilizou-se de outras tabelas oficiais para a criação dos orçamentos. Após uma busca por algumas tabelas oficiais, conseguiu-se montar um orçamento-base com os dados do catálogo SCO-RJ, com base orçamentária de fevereiro de 2017.

Tabela 7 – Orçamento-base para impermeabilização com membrana de poliuretano com tráfego de pedestres

SERVIÇO: FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO ELASTOMÉRICO EM POLIURETANO EM ÁREAS COM TRÁFEGO DE PEDESTRES					
Planilha Orçamentária					fev/17
Camada	Descrição	Unid	Qty	Preço Unit	Preço Total
REGULADORA	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE	m2	1,00	R\$ 6,77	R\$ 6,77
IMPERMEÁVEL	IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES SEM PROTEÇÃO MECÂNICA A BASE DE RESINAS ELASTOMÉRICAS DE POLIURETANO, BICOMPONENTE, APLICADO E CURADO A FRIO, IMP-C (1,5Kg/m2) DA IMPERBRAS OU SIMILAR, ESTRUTURADO COM UMA CAMADA DE BIDIM (75g/cm2)	m2	1,00	R\$119,44	R\$119,44
Total					R\$ 126,21

Fonte: Adaptado de SCO-RJ, 2017

Para impermeabilização em locais com ou sem trânsito de pedestres, utiliza-se a membrana de poliuretano especificada na tabela 7. Em ambas as situações, não há a necessidade de aplicação de sistema de proteção mecânica nem proteção térmica, pois as especificações técnicas das membranas já garantem tais proteções à mesma.

Tabela 8 – Orçamento-base para impermeabilização com membrana de poliuretano com tráfego veicular

SERVIÇO: FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO ELASTOMÉRICO EM POLIURETANO EM ÁREA COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS					
Planilha Orçamentária - SCO Analítico					fev/17
Camada	Descrição	Unid	Qty	Preço Unit	Preço Total
REGULADORA	REGULARIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE DE CONCRETO APARENTE	m2	1,00	R\$ 6,77	R\$ 6,77
IMPERMEÁVEL	IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES SEM PROTEÇÃO MECÂNICA A BASE DE RESINAS ELASTOMÉRICAS DE POLIURETANO, BICOMPONENTE, APLICADO E CURADO A FRIO, IMP-C (2,2Kg/m2) DA IMPERBRAS OU SIMILAR, ESTRUTURADO COM UMA CAMADA DE BIDIM (75g/cm2)	m2	1,00	R\$ 175,17	R\$ 175,17
Total					R\$ 181,94

Fonte: Adaptado de SCO-RJ, 2017

Neste orçamento gerado, percebe-se que o consumo de material por m² aplicado é maior. Isso se dá(ocorre) devido à necessidade de criar-se uma membrana de maior espessura capaz de resistir às solicitações impostas pelas cargas à qual será submetida.

Finalizados os orçamentos-base para impermeabilização com poliuretano, realizou-se pesquisa de campo pelo comércio de São Luís com a finalidade de procurar os preços praticados para este tipo de sistema impermeabilizante. Infelizmente, durante toda a pesquisa, só foi possível encontrar uma empresa na cidade que trabalhasse com impermeabilização a base de poliuretano, impedindo a comparação de preços para averiguar o preço padrão médio. Os resultados encontrados foram divulgados na tabela 9.

Tabela 9 – Preços praticados no comércio local

ITEM	EMPRESA A
FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO ELÁSTICO EM POLIURETANO EM ÁREAS COM TRÁFEGO DE PEDESTRES	R\$ 123,73
FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO ELÁSTICO EM POLIURETANO EM ÁREAS COM TRÁFEGO VEICULAR	R\$ 213,17

Fonte: Autor, 2017

Terminada a coleta de preços, reuniu-se todas as informações encontradas durante a pesquisa, e após estudo e análise dos resultados obtidos, elaborou-se a tabela 10, onde encontram-se as três situações tomadas como base para a comparação e seus respectivos preços mais baixos para aplicação de um sistema impermeabilizante. Seu objetivo é avaliar, quantitativamente, qual sistema impermeabilizante mostrou-se menos oneroso para atender as especificações desejadas.

Tabela 10 – Quadro-resumo com os menores valores e respectivos sistemas praticados para cada situação

QUADRO RESUMO - MENORES VALORES ENCONTRADOS			
SITUAÇÃO	MENOR VALOR PRATICADO		SISTEMA UTILIZADO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES SEM TRÁFEGO DE PEDESTRES	R\$	53,82	MANTA ASFÁLTICA
IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES COM TRÁFEGO DE PEDESTRES	R\$	123,73	MEMBRANA DE POLIURETANO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES COM TRÁFEGO DE VEÍCULOS	R\$	172,45	MANTA ASFÁLTICA

Fonte: Autor, 2017

Após a conclusão da pesquisa quantitativa de preços trabalhados para a execução dos serviços, analisou-se os resultados técnicos dos materiais, afim de analisar vantagens e desvantagens técnicas entre os sistemas. Utilizou-se diferentes produtos desenvolvidos pela mesma empresa, para que fosse possível obter uma análise fidedigna com relação aos dados encontrados. A tabela 11 mostra o resultado da coleta dos dados.

Tabela 11 – Comparação técnica entre os sistemas impermeabilizantes

COMPARAÇÃO TÉCNICA - MATERIAIS IMPERMEABILIZANTES					
CARACTERÍSTICAS	UND	Manta Asfáltica Torodin	Viaflex Manta Alumínio	Sistema VULKEM® 350NF/346	Sistema VULKEM® 350NF/345/346
Resistência à tração	MPa	0,4	0,18	3	3
Alongamento na ruptura	%	30	2	600-700	600-700
Resistência ao rasgo	kN/m	0,12	0,1	ND	ND
Absorção d'água	%	1,5	1,5	ND	ND
Escorrimento ao calor	°C	95	95	ND	ND
Dureza Shore A	-	ND	ND	50-60	50-60

Fonte: Autor, 2017

Analisando os resultados obtidos ao fim das comparações e pesquisas de campo, podemos verificar que ao serem analisadas, as tabelas 3, 5, 7 e 8 mostram a diferença na quantidade de processos para execução de cada sistema impermeabilizante, isso implica, para o sistema com maior quantidade de processos, em um prazo maior para conclusão do serviço, maiores perdas diretas e indiretas, maior consumo de mão-de-obra e maior possibilidade para imperfeições. Com base na tabela 10, percebe-se que, em uma comparação unicamente entre os preços de aplicação dos sistemas, o preço da manta asfáltica é menor em substratos que não sofrerão movimentações e também em locais que terão uma grande movimentação, como garagens de edifícios. Já em locais onde haverá uma movimentação moderada do substrato, a membrana de poliuretano torna-se menos onerosa. Pela tabela 11, podemos analisar que o alongamento e a resistência à tração da membrana de poliuretano são bastante elevados quando comparados com os sistemas de manta asfáltica.

Este estudo tomou como referência a aplicação de sistemas impermeabilizantes que atendessem às mesmas circunstâncias de proteção, tendo sempre como necessidade de solicitação, as proteções térmica e mecânica. Em uma situação onde não haja a necessidade de proteção térmica, os valores de serviço para a aplicação da manta asfáltica são reduzidos e, conseqüentemente, tornam-se mais viáveis financeiramente. Desta forma, pode-se citar como pontos positivos para o sistema impermeabilizante com poliuretano: sua rapidez de aplicação, pouca mão-de-obra, baixo tempo para liberação da área, grande resistência ao alongamento e ruptura e a ausência de emendas no sistema, tornando-o mais homogêneo. Como pontos negativos, percebe-se: o elevado preço, a limitação de aplicação somente em áreas abertas, o elevado custo devido à falta de demanda, a ausência de conhecimento por parte do comércio local e conseqüentemente, pouca divulgação do material.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas elastoméricos moldados *in loco*, mesmo existindo há um determinado tempo, começaram a expandir-se recentemente no Brasil. Por conta de suas facilidades de aplicação e seus resultados técnicos satisfatórios, eles vêm sendo solicitados por projetistas e construtores cada vez mais, buscando otimizar processos construtivos em suas obras.

À medida que este sistema for ganhando espaço no mercado da construção civil, a ampliação e diversificação de produtos deverá acompanhar essa evolução, trazendo cada vez mais benefícios técnico-financeiros para o construtor e para o cliente.

No mercado de São Luís a utilização de membranas de poliuretano ainda é baixa, o que acaba por prejudicar a viabilidade econômica para a utilização deste sistema, ficando limitada somente a situações específicas, onde o produto provavelmente será obtido via encomenda. Com um trabalho de disseminação da aplicação desse sistema, o comércio poderá aderir à essa ideia, fazendo assim com que o valor do serviço seja reduzido tornando-se mais competitivo e atraente.

Como resultado deste estudo, pode-se avaliar que a utilização da membrana de poliuretano, quando comparada de forma quantitativa, mostra-se ainda mais onerosa do que os sistemas impermeabilizantes a base de manta asfáltica. Entretanto, devido às suas características de elasticidade, facilidade de aplicação, manutenção e ausência da necessidade de camadas protetoras, torna-se bastante válido o estudo de sua implementação no mercado local.

Espera-se que o estudo apresentado seja bastante útil à toda a comunidade acadêmica, e que sirva de suporte teórico para novas pesquisas, visto que é uma área com certa escassez de conhecimento em nossa região, fator que limitou o estudo em partes no que se refere à elaboração da pesquisa.

REFERÊNCIAS

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 9952:** Manta asfáltica para impermeabilização. São Paulo: ABNT, 2014.

_____. **NBR 9574:** Execução de impermeabilização – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 9575:** Impermeabilização - Seleção e Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 13321:** Membrana acrílica para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 15487:** Membrana de poliuretano para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: 2013.

BASF, **Manual Técnico**, 326 p. 2014.

BAUER, Elton; GRANATO, José Eduardo; VASCONCELOS, Paulo H. **Sistemas de Impermeabilização e Isolamento Térmico** - IBRACON - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CAP 41. São Paulo, IBRACON, 2007.

BÉRTOLO, T. **A prova d'água.** Técnica, São Paulo, n. 51, p. 20-23, mar/abr. 2001.

Catálogo SCO. **Composição do Item de Serviço**, fev. 2017. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/sco/>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

CEHOP. **Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas.** Disponível em: <www.cehop.se.gov.br/>. Acesso em: 15 mar. 2017.

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.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), UFRGS, Porto Alegre, 2003.

CUNHA, Aimar G. da; NEUMANN, Walter. **Manual impermeabilização e isolamento térmico;** como projetar e executar. Rio de Janeiro, Barbieri, 1979. 227p.

DIAS, N; DIAS, G. **Inovação em impermeabilização e proteção de estruturas e coberturas com membranas de silicone.** Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2013/08/6-APROVADO-PUBLICA%C3%87%C3%83O_746_INOVA%C3%87%C3%83O-EM-IMPERMEABILIZA%C3%87%C3%83O-E-PROTE%C3%87%C3%83O-DE-ESTRUTURAS...pdf>. Acesso em: 03 mar. 2017.

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

FREITAS JUNIOR, J.A **Construção Civil II (TC-025) – Impermeabilização.** Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2013. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/e/ee/TC_025_13_Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o_2016_2.pdf> Acesso em: 15 mai 2017.

GINGA, D. **Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço – materiais, sistemas e anomalias.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

GRANATO, José Eduardo. **Sistemas de Impermeabilização de Poliuretano Expostos a Intempéries e Sujeito a Trânsito de Pessoas e Veículos.** 13^o Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, São Paulo, 2013.

IBI. Instituto Brasileiro de Impermeabilização. **O que é impermeabilização.** Disponível em: <<http://www.ibibrasil.org.br/saiba-mais/o-que-e-impermeabilizacao>> Acesso em: 05 abr. de 2017.

MANSUR, A. A. P. **Mecanismos Físico-Químicos de Aderência na Interface Argamassa Modificada com Polímeros/Cerâmica de Revestimento.** Tese de doutorado – Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e Minas – Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MAPO-7RCP68/alexandra_ancelmo_mansur.pdf?sequence=1> Acesso em: 19 abr. 2017.

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

OHAMA, Y. Recent Progress in Concrete-Polymer Composites. **Advn. Cem, Bas. Mat.**, v. 5, p. 31-40, 1997.

PICCHI, F.A. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Editora PINI, 1986. 220p.

PINI. **Conheça os tipos de impermeabilizantes**. Nov. 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/65/tipos-deimpermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-300274-1.aspx>> Acesso em: 12 abr. 2017.

PIRONDI, Z. **Manual prático da impermeabilização e da isolamento térmica**. 2º ed. São Paulo: Pini, 1988.

QUINI, J.G. **Adesivos Estruturais Uretânicos Aplicados a Combinações de Compósitos, Plásticos e Metais**. Tese de Doutorado – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2011.

QUINI, J.G. **Polímeros termofixos para impermeabilização moldada in loco**. 13º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/PAP-010-SS04.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

RIGHI, G.V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização**: Patologias, Prevenções, e Correções – Análise de Casos. Santa Maria: UFSM, 2009. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

SABBATINI F. et al. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica da USP. **Impermeabilização - Sistemas e execução**. São Paulo, 2006.

SIKA. **Manual de Técnico**. 5ª ed. 2015.

SILVA, A.J.C. - **Impermeabilização** - Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2004.

Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Composições Analíticas**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-catalogo-de-composicoes->

analiticas/CATALOGO_COMPOSICOES_ANALITICAS_EXCEL_04_2017.xls>. Acesso em: 25 mai. 2017.

_____. **Custo Insumos e Composições Maranhão (Desonerado)**, 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-ma/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MA_042017_Desonerado.zip>. Acesso em: 25 mai. 2017.

_____. **Custo Insumos e Composições Maranhão (Não Desonerado)**, 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-ma/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MA_042017_NaoDesonerado.zip>. Acesso em: 25 mai. 2017.

SOUZA, J.C.S.; MELHADO, S.B. **Parâmetros para seleção e projeto de impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios**. In: XVII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Gramado, Rio grande do Sul, 1997.

STAHLBERG, F. L. B. **Fluxograma para seleção de sistemas de impermeabilização para edifícios de múltiplos pavimentos**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

VASCONCELOS, P.H.C. de O.; BAUER, E. – **Comparação entre a utilização de membranas de poliureia e de sistemas asfálticos para impermeabilização de lajes de tráfego veicular** – Feira e Congresso Internacionais de Composites, Poliuretano e Compostos Termoplásticos/Plástico de Engenharia, 2014. Disponível em: <http://feiplar.com.br/_site2014/portugues/materiais/palestras/agressivos/ciaimper.pdf> Acesso em: 03 mar. 2017.

VASCONCELOS, Paulo Henrique; GRANATO, José Eduardo; CAMPIOTO, Everton; **Impermeabilização de Lajes de Estacionamento de Veículos**: Blog Materiais e Materiais – LEM. Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

VERÇOZA, E.J. **Impermeabilização na construção**. Porto Alegre: Sagra, 1983.

VIAPOL. Disponível em:<<http://www.viapol.com.br>> . Acesso em: 05 abr. 2017.

VIAPOL. Ficha técnica de produto. Disponível em:<<http://www.viapol.com.br/media/197655/ft-vulkem-350nf-346-17-04-2017.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

VILAR, W. D. **QUÍMICA E TECNOLOGIA DE POLIURETANOS**, 2a Ed., Vilar Consultoria, Rio de Janeiro, Dez/1998.

VILAR, W. D. **QUÍMICA E TECNOLOGIA DE POLIURETANOS**, 3a Ed., Vilar Consultoria, Rio de Janeiro, Dez/2002.

ANEXOS

ANEXO A – CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DAS MANTAS SEGUNDO O DESEMPENHO

TIPO	CARACTERÍSTICA	APLICAÇÕES
I	São mantas de desempenho básico, com resistência mecânica e elasticidade baixas, geralmente utilizadas em lajes com pouco ou nenhum trânsito. No Brasil geralmente não se usa estas mantas.	Pequenas lajes não expostas ao sol, banheiros, cozinhas, varandas, baldrames, etc.
II	Produto desenvolvido para situações que exigirão resistência mecânica leve ou moderada, como em áreas residenciais internas e pequenas lajes. Podem ser utilizadas também para impermeabilização com manta dupla.	Lajes sob telhados, banheiros, cozinhas, varandas, etc.
III	Mantas utilizada em situações que exigirão elasticidade e resistência mecânica elevadas, em estruturas sujeitas a movimentações e carregamentos elevados como de um edifício comercial ou residencial.	Lajes maciças, pré-moldadas, steel deck, terraços, piscinas, camadas de sacrifício em sistema de dupla manta, etc.
IV	Material de alto desempenho e vida útil longa. Indica-se a utilização em estruturas sujeitas a maiores deformações por dilatação ou por grandes cargas, como obras viárias e de infraestrutura.	Lajes de estacionamentos, tanques e espelhos d'água, túneis, viadutos, rampas, helipontos, etc.

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

ANEXO B – CARACTERÍSTICAS DAS MANTAS DE ACORDO COM O TIPO DE ARMADURA

TIPO	CARACTERÍSTICAS
FILME DE POLIETILENO	Apresenta, em condições normais de utilização, a melhor relação custo benefício, em função do desempenho e do seu valor comercial
VÉU DE FIBRA DE VIDRO	Utilizado em situações extremas devido ao alto custo envolvido.
NÃOTECIDO DE POLIÉSTER	Bom comportamento quanto ao puncionamento, e resistência a altas temperaturas sem apresentar escorrimento.
TELA DE POLIÉSTER	Indicado para locais que ficarão expostos, podendo ser pintado com tinta acrílica sem solventes.

Fonte: Impermeabilização, 2004