

**ITC- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL**

**LEONARDO SABINO CAMPOS
TALES ALENCAR SOARES**

**PROCESSO DE ESCOLHA DE UM SISTEMA DE
IMPERMEABILIZAÇÃO PARA A LAJE DE UM
ESTACIONAMENTO**

**BACHARELADO
EM
ENGENHARIA CIVIL**

**ITC-MINAS GERAIS
2015**

ITC- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL

LEONARDO SABINO CAMPOS
TALES ALENCAR SOARES

PROCESSO DE ESCOLHA DE UM SISTEMA DE
IMPERMEABILIZAÇÃO PARA A LAJE DE UM
ESTACIONAMENTO

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Civil, do Instituto Tecnológico de Caratinga (ITC, MG), como requisito parcial de obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do professor Sérgio Alves dos Reis. Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.

ITC- CARATINGA
2015

**ITC- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL**

**LEONARDO SABINO CAMPOS
TALES ALENCAR SOARES**

**O PROCESSO DE ESCOLHA DE UM SISTEMA DE
IMPERMEABILIZAÇÃO PARA A LAJE DE UM
ESTACIONAMENTO**

Monografia/TCC submetida à Comissão examinadora designada pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil como requisito para obtenção do grau de Bacharel.

Professor Orientador: Sérgio Alves dos Reis.

Instituto Tecnológico de Caratinga.

Professor Examinador 1: Cristiano Martins de Oliveira.

Instituto Tecnológico de Caratinga.

Professor Examinador 2: Joildo Fernandes da Costa Júnior.

Instituto Tecnológico de Caratinga.

Caratinga, 04 /12/2015.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais que sempre estiveram presente ao longo desta jornada, incentivando e apoiando nos momentos que mais precisamos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pela vida, saúde e pelas bênçãos derramadas, e por me dar forças para superar dificuldades.

Aos meus pais Lair e Danizete pelo amor e confiança em mim depositados e pela educação que me deram.

As minhas irmãs Daiane e Renata por serem tão companheiras e por me ajudar sempre que preciso.

A minha esposa Renata por ser minha companheira, por toda paciência e amor, aos meus filhos Guilherme e Cecília pelo simples fato de existirem e serem as pessoas mais importantes da minha vida.

Aos meus amigos, companheiros de trabalho, meu cunhado que me ajudou, essas pessoas fizeram parte da minha formação e vão continuar presentes em minha vida.

Ao meu orientador pelo empenho dedicado a elaboração desse trabalho.

Ao meu amigo Tales Alencar pela paciência, empenho e dedicação nesse trabalho.

A empresa IMPERMAX, na pessoa do Engenheiro e proprietário desta Rosalvo eu agradeço imensamente a prestação de informações, onde todas as vezes que precisamos esteve à disposição para nos ajudar.

LEONARDO SABINO CAMPOS

Agradeço primeiramente a Deus.

Aos meus pais Alencar Soares e Marciléia Soares que sempre estão ao meu lado, aos meus irmãos, em especial a Tailyne Márcia que também é minha colega de sala, que sempre me ajudou desde o início da minha graduação e no dia a dia.

Aos mestres por todo conhecimento compartilhado ao longo dos meus estudos, em especial ao meu professor Sérgio Reis por ter me orientado ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus colegas de sala em especial ao Leonardo Sabino que foi minha dupla de pesquisa.

A empresa IMPERMAX, na pessoa do Engenheiro e proprietário desta Rosalvo eu agradeço imensamente a prestação de informações, onde todas as vezes que precisamos esteve à disposição para nos ajudar.

Enfim, a todos que torceram por mim, me incentivou só tenho a agradecer.

TALES ALENCAR SOARES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Infiltração em laje de concreto.	18
Figura 2: Patologia na área inferior da parede devido umidade ascensional.	19
Figura 3: Umidade por condensação em casa de máquinas.	20
Figura 4: Exemplo de umidade contida nos materiais na fase de construção da obra.	21
Figura 5: Umidade acidental após falha na execução da instalação hidráulica.....	22
Figura 6: Surgimento de mancha no muro devido à umidade.	23
Figura 7: Parede danifica por diversas patologias incluindo o mofo.....	24
Figura 8: Piso danificado por eflorescências.	25
Figura 9: Problemas que a corrosão pode causar nos elementos construtivos.	26
Figura 10: Fissuração vertical da alvenaria no canto da obra devido a movimentações higroscópicas.	27
Figura 11: Aplicação de argamassa polimérica como revestimento sobre a parede.	33
Figura 12: Injeção de cristalizantes em locais com umidade.....	34
Figura 13: Cristalizante aplicado em forma de pintura.	35
Figura 14: Preparação da argamassa com aditivo hidrófugo.	36
Figura 15: Vedação de fissuras com resina epóxi.....	37
Figura 16: Aplicação da última demão da membrana na laje.....	41
Figura 17: Aplicação da membrana acrílica em uma laje de cobertura com tela estruturante.	42
Figura 18: Impermeabilização da parede com membrana de polímero modificada com cimento.	43
Figura 19: Manta asfáltica tipo III pronta pra ser usada para o sistema de impermeabilização.	44
Figura 20: Execução de manta de PVC em laje.....	49
Figura 21: Membrana poliurética sendo executada em uma laje.....	52
Figura 22: Corte da laje para mostrar detalhes que a mesma vai receber, de acordo com o sistema de impermeabilização do estudo de caso.	64
Figura 23: Processo de impermeabilização empregado nas calhas, de acordo com o sistema de impermeabilização.	65

Figura 24: Detalhes dos rodapés de acordo com o projeto.....	66
Figura 25: Etapas para a impermeabilização dos ralos.....	67
Figura 26: Arremate da superfície com arredondamento dos rodapés e regularização em toda área a ser impermeabilizada com 30 cm acima da laje.....	68
Figura 27: Aplicação de uma demão de primer no substrato para dar mais aderência para manta.	69
Figura 28: Arremate final dos ralos.	69
Figura 29: Mantas asfálticas desenroladas para fazer o alinhamento das mesmas.	70
Figura 30: Asfalto polimérico derretido na caldeira.	70
Figura 31: Aplicação da manta asfáltica tipo III com espessura de 4 mm derretida com asfalto polimérico á quente.....	71
Figura 32: Teste de estanqueidade para identificar possíveis vazamentos na impermeabilização.	72
Figura 33: Camada de separação colocada sobre a manta asfáltica.....	73
Figura 34: Proteção mecânica primária finalizada.....	73
Figura 35: Piso acabado pronto para receber mastique em suas juntas de dilatação.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de ensaio da manta de acordo com a norma.....	45
Tabela 2: Vantagens e desvantagens dos sistemas de impermeabilização a ser escolhido.....	59
Tabela 3: Comparativo de custos dos sistemas capazes de impermeabilizar o local estudado.....	61
Tabela 4: Materiais utilizados para a impermeabilização da laje de estacionamento, através de manta asfáltica com colagem á quente.	63

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SBOLOS

A.C.: Antes de Cristo.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR: NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA.

CAQ: Colagem com asfalto a quente.

CMG: Colagem com maçarico a gás.

PVC: POLICLORETO DE VINILA

MM: Milímetro.

MG: MINAS GERAIS.

cm: Centímetros.

m²: Metro quadrado.

m: Metro.

EPI: Equipamento de Proteção Individual.

R\$: Reais.

%: Porcentagem.

C: Graus Celsius.

RESUMO

A impermeabilização é de suma importância na construção civil devendo ser feita em todos os locais que sofrem com a presença de fluídos. Uma das áreas mais afetadas pela ação da água são as lajes. Sabendo dessa situação, este trabalho foi elaborado com a proposta de solucionar esse problema da maneira mais correta e econômica possível. Com isso serão apresentados sistemas de impermeabilização mais apropriados no mercado para esse tipo de local que se deseja impermeabilizar. Assim, por meio desta pesquisa será feito um comparativo entre os sistemas percorridos ao longo dos capítulos, posteriormente apresentar o sistema mais conveniente para a laje de estacionamento utilizada como estudo de caso desta pesquisa. Sucessivamente serão apresentados os custos, vantagens, desvantagens, projetos, justificando assim a escolha do sistema. Para apresentação desses resultados foi feito acompanhamento na execução desse sistema em obra, consultou-se profissionais e empresa especializada em impermeabilização, livros, revistas e artigos do assunto em questão.

Palavras chave: Impermeabilização, sistemas de impermeabilização, laje de estacionamento.

SUMÁRIO

1.0. INTRODUÇÃO	14
2.0. CAPÍTULO I – UMIDADE	16
2.1. CONCEITO DE UMIDADE	16
2.2. ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES E TIPOS DE UMIDADE	17
2.3. PATOLOGIAS ORIGINADAS PELA UMIDADE	22
2.3.1. Manchas de umidade	23
2.3.2. Mofo ou bolor	23
2.3.3. Eflorescências	24
2.3.4. Corrosão da armadura	25
2.3.5. Fissuras causadas por movimentações higroscópicas.....	27
3.0. CAPÍTULO II – IMPERMEABILIZAÇÃO	28
3.1. CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO.....	28
3.2. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	29
3.2.1. Sistema de impermeabilização rígido.....	30
3.2.1.1. Argamassa polimérica	31
3.2.1.2. Cristalizantes	33
3.2.1.3. Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo	35
3.2.1.4. Resina epóxi.....	37
3.2.2. Sistemas flexíveis.....	38
3.2.2.1. Membranas asfálticas.....	39
3.2.2.2. Membrana acrílica	41
3.2.2.3. Membrana de polímero modificada com cimento	42
3.2.2.4. Mantas asfálticas.....	44
3.2.2.5. Mantas de PVC	48
3.2.2.6. Manta PEAD.....	50
3.2.2.7. Manta EPDM	50
3.2.2.8. Membrana de poliuréia.....	51
3.3. PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	52
3.3.1. Informações básicas do projeto.....	54
3.3.2. Detalhes do projeto	54
4.0. CAPÍTULO III – ESTUDO DE CASO	56
4.1. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DE CASO PARA PESQUISA	56
4.2. METODOLOGIA.....	57

4.3. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	57
4.4. ESCOLHA DO TIPO DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	57
4.4.1. Materiais utilizados para execução do sistema	62
4.4.2. Desenhos do projeto	64
4.4.3. Descrição dos procedimentos para execução	68
5.0. CONCLUSÃO	75
6.0. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	76
ANEXOS	

1.0. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade o homem procura proteger sua moradia contra a ação da água e da chuva. Portanto, com o passar do tempo viu-se que não basta proteger a própria construção da percolação da água, mas inclusive seus elementos estruturais, desde fundações até as lajes, mostrando ao longo do tempo quão importante é a impermeabilização.

Apesar de conhecido a grande importância que a impermeabilização representa na construção civil, compreende-se que muitas construtoras deixam de executar a impermeabilização a fim de evitar custos, mas que no final pode comprometer a estrutura ocasionando patologias e tendo um custo que poderia ter sido evitado.

O presente trabalho busca agregar no conhecimento de graduandos e profissionais da área destacando-se ainda mais a importância da impermeabilização, dando ênfase na impermeabilização da laje de um estacionamento.

Outro aspecto importante dessa pesquisa é evidenciar os problemas que a umidade pode proporcionar para a vida útil dos edifícios e também da saúde humana; ressaltar a escassez de profissionais qualificados para esse setor, assim como falta de execução do sistema de impermeabilização na parte do projeto; apresentar solução para proteger lajes de coberturas dos edifícios.

Tendo como interrogante para fundamentar a pesquisa, qual sistema de impermeabilização é mais adequado para a proteção contra a percolação da água em uma laje de estacionamento? Frente a este questionamento a pergunta será respondida através das seguintes análises: determinação de qual sistema de impermeabilização é mais propício para uma laje de estacionamento; análise de preços, vantagens e desvantagens do sistema escolhido; mostrar os projetos e métodos de execução da laje analisada.

Todos os itens mencionados anteriormente direcionam a seguinte metodologia: revisão bibliográfica; identificar problemas que ocorrem por falta de impermeabilização; comparar dados afins para análise de diferentes interpretações. Tudo fará parte de um grupo de objetivos caracterizados como cognitivos ou de construção da base teórica da pesquisa.

Um segundo grupo de atividades, como comparar os métodos de impermeabilização, observar e expor os métodos de impermeabilização apresentará o outro grupo de objetivos definidos como operacionais.

Esses dois agrupamentos de metas permitirão o acompanhamento da realidade operativa e cognitiva que marcarão as alterações do objeto em tela, requerido pela hipótese desta investigação.

Para detalhar os procedimentos adotados para o desenvolvimento cognitivo e operacional da pesquisa, optou-se pelo requinte caracterização metodológica.

A seleção das pesquisas e as observações permitirão uma representação empírica quantitativa do corpo teórico, pois foram estruturadas sob a seguinte pauta de interesses, observação e controle.

Contemplando todo o exposto acima a monografia será composta por 3 capítulos. No primeiro abordaremos a UMIDADE. Já no segundo capítulo nossa atenção será voltada para o assunto IMPERMEABILIZAÇÃO. E finalmente, no terceiro capítulo trataremos de fechar a pesquisa com a abordagem relacionada ao ESTUDO DE CASO, comparando assim os métodos apresentados.

2.0. CAPÍTULO I – UMIDADE

2.1. CONCEITO DE UMIDADE

A umidade sempre foi um grande desafio para a construção civil, desde muitos anos atrás, o homem procura constantemente combatê-la. As edificações sofrem com o fenômeno do intemperismo, que causa a intermitência cíclica (ora mais carbono, ora mais oxigênio) causando a deterioração do mesmo. Com isso essa situação é agravada água da chuva, que traz elementos agressivos (iônicos, aniônicos, básicos, ácidos) pela atmosfera depois que ela é lavada pela água. Podendo assim ocorrer problemas graves na estrutura da construção e até mesmo a saúde dos usuários.

A umidade é o maior inimigo das construções e da saúde dos seus ocupantes. E é justamente contra este mal que não se tomam muitos cuidados nas obras, por falta de conhecimento das soluções corretas ou por falta de senso de responsabilidade, partindo-se para soluções mais baratas, mesmo por simples negligência do pessoal encarregado da execução. A responsabilidade de aplicá-los rigorosamente cabe aos construtores e ao pessoal da obra e o proprietário deve se convencer que a economia neste serviço tem como consequências males e custos muito elevados dos consertos necessários para remediar as falhas iniciais e os problemas de saúde dos ocupantes.¹

Para construção de um edifício são necessários vários tipos de materiais, sendo que cada material pode apresentar diferentes absorções de umidade. O teor de umidade nesses materiais é caracterizado pela presença de água nos poros, independente do estado (líquido, sólido ou gasoso). Essa umidade tem características de se locomover por toda dimensão do material, fazendo com que o ambiente fique com teor de água fora do normal, ou seja, úmido. Segundo LERSH (2003) “as forças que causam o deslocamento da umidade são provocadas, quando se trata de vapor d’água, pela difusão e convecção, quando se trata da água, pela capilaridade e por forças externas”².

1 RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed., São Paulo: Pini, 1986, p. 42.

2 LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, p. 68.

2.2. ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES E TIPOS DE UMIDADE

Sabe-se que a água é fundamental para construção civil como um todo, mas esse material que é indispensável em obra pode trazer alguns problemas graves para a estrutura. Grande parte dos danos causados nas edificações é devido à percolação da água, que ao longo do tempo poderão manifestar-se vários tipos de patologias devido ao acúmulo de água.

A água é um dos maiores causadores de patologias, de forma direta ou indireta, quer se encontre no estado de gelo, no líquido ou mesmo enquanto vapor de água. Pode ser vista como um agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes.³

Com isso existem diversos tipos de umidades, cujos principais são:

- **Umidade de infiltração:**

Um dos tipos de umidade mais comuns de se encontrar em edifícios são as infiltrações. Isso acontece devido à forma e a facilidade dessa patologia se manifestar, seja por água proveniente de chuvas, ou por fluídos decorrentes de dentro da própria construção.

A umidade passa das áreas externas às internas por pequenas trincas, pela alta capacidade dos materiais absorverem a umidade do ar ou mesmo por falhas na interface entre elementos construtivos, como planos de parede e portas ou janelas. Em geral, é ocasionada pela água da chuva e, se combinada com o vento, pode agravar a infiltração com o aumento da pressão de infiltração.⁴

De acordo com CUNHA e NEUMANN (1979), essas trincas e falhas podem ocorrer no concreto “Por contração durante o processo de cura, deficiências de execução devido a falhas no lançamento do concreto e granulometria dos agregados, acomodação do terreno, abalos causados por obras vizinhas, passagem de veículos pesados e terremotos”⁵. A figura 1 apresenta uma situação em uma laje

³QUERUZ, Francisco. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2007, p. 85.

⁴RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p.18.

⁵CUNHA, A. G. e NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 2. ed., Rio de Janeiro: Argus, 1979, p. 15.

que foi danificada por umidade de infiltração, devido a fissuras que foram se manifestando na mesma.

Figura 1 : Infiltração em laje de concreto.



Fonte: SOARES⁶.

- **Umidade ascensional:**

Esse tipo de umidade costuma se manifestar nas áreas inferiores das paredes, proveniente da água ascendente de um solo úmido.

A ascensão da água em paredes ocorre pela existência do fenômeno de capilaridade. Os vasos capilares pequenos permitem a água subir até o momento em que entra em equilíbrio com a força da gravidade. A altura que a água ascende pelo vaso capilar depende principalmente do seu diâmetro: quanto menor, maior a altura.⁷

CUNHA e NEUMANN (1979) definem esse tipo de umidade como “Ação da água sobre os elementos das construções que estão em contato com bases alagadas ou solo úmido”⁸. A água é absorvida e transportada, pela ação da capilaridade de materiais porosos, até acima do nível estático. A figura 2 representa

⁶ SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Programa de graduação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2014, p.17.

⁷QUERUZ, Francisco. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2007, p. 88.

⁸ CUNHA, A. G. e NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 2. ed., Rio de Janeiro: Argus, 1979, p. 14.

bem como isto ocorre mostrando uma parede totalmente atingida pela água, principalmente na sua parte inferior.

Figura 2: Patologia na área inferior da parede devido umidade ascensional.



Fonte: OLIVEIRA (2012) ⁹.

- **Umidade por condensação:**

Para LERSH (2003) este tipo de umidade é classificado como “a condensação do vapor de água, presente no ambiente, que ocorre quando a superfície do material apresenta temperatura mais baixa do que a temperatura correspondente ao ponto de orvalho” ¹⁰. A VEDACIT (2010) compreende como “Água com origem na condensação de vapor d’água presente no ambiente sobre a superfície de elemento construtivo deste presente” ¹¹.

O processo de condensação acontece para BAUER (2012) quando “a pressão de vapor de saturação da água diminui, ou seja, quando ocorre umidade de condensação abaixo do ponto do orvalho” ¹². Como exemplo um local no interior da construção (banheiro, sala, área de serviço, entre outros) quando em contato com superfícies com temperatura mais baixa, (parede, vidros e metais), pequenas gotas são formadas.

⁹ OLIVEIRA, Sisleine. **Problemas de umidade nas paredes**. Disponível em: sisleinearquitetura.com/2012/11/19/problemas-de-umidade-nasparedes. Acessado: 19/09/2015.

¹⁰ LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, p. 71.

¹¹ VEDACIT- **Manual técnico impermeabilização de estruturas**. 6. ed., São Paulo, 2010, p.93.

¹² BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed., v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2012, p. 455.

O teor desta umidade causado por condensação pode variar de acordo com o material utilizado no local. Segundo BAUER (2012) “Quanto menores forem os poros do material de construção, mais alta será a quantidade de umidade por condensação capilar”¹³. Na figura 3, vê-se um revestimento danificado por sofrer com os efeitos da umidade de condensação, pelo fato do local se tratar de uma casa de máquinas.

Figura 3: Umidade por condensação em casa de máquinas.



Fonte: SOARES¹⁴.

- **Umidade incorporada durante o processo de construção:**

Essa situação ocorre através de umidade retida em materiais no processo de execução da obra, como exemplo a umidade da argamassa que acaba sendo transferida para o interior da alvenaria. Para compreender como esse fenômeno acontece QUERUZ (2007) afirma que essa situação ocorre devido à “Umidade que ficou interna aos materiais por ocasião de sua execução e que acaba por se exteriorizar em decorrência do equilíbrio que se estabelece entre material e ambiente”¹⁵.

¹³ BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed., v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2012, p. 804.

¹⁴ SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil. 2014, Dissertação (Graduação em Engenharia Civil)**. Programa de graduação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2014, p.21.

A figura 4 apresenta uma etapa comum no processo de construção de um edifício, onde mostra um processo de execução de revestimento com argamassa e essa etapa só pode ser concluída com a presença de água na sua fabricação e com isso faz com que a construção receba umidade devido a essa situação.

Figura 4: Exemplo de umidade contida nos materiais na fase de construção da obra.



Fonte: ROCHA 2012 ¹⁶.

- **Umidade acidental:**

Como próprio nome já diz, trata-se de um tipo de umidade causada por falhas que podem ocorrer nos sistemas de tubulações, como esgoto, água pluvial e potável, pois, qualquer problema nessas instalações pode gerar infiltrações. Outro problema que pode ocorrer é no processo de execução da própria impermeabilização, ou seja, um erro na execução da mesma pode ocasionar as infiltrações.

A figura 5 mostrada abaixo apresenta um tipo de situação ocorrida pela falha na execução da instalação hidráulica, conseqüentemente causando vazamento na edificação.

¹⁵ QUERUZ, Francisco. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2007, p. 88.

¹⁶ ROCHA, Aline. **Grupo que estuda melhorias na prática de revestimento em argamassa é reativado.** 2012. Disponível em: piniweb.pini.com.br/construcao/carreira-exercicio-profissional-entidades/grupo-que-estuda-melhorias-na-pratica-de-revestimento-em-argamassa-272836-1.asp. Acessado: 27/10/2015.

Figura 5: Umidade acidental após falha na execução da instalação hidráulica.



Fonte: SABINO 2014¹⁷

2.3. PATOLOGIAS ORIGINADAS PELA UMIDADE

Como já foi dito, a umidade pode causar diversos danos nos elementos construtivos de uma edificação, através do surgimento de diversas patologias. Mediante essa situação é importantíssimo uma atenção especial, pensando em problemas futuros.

Dentre as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade em edificações, encontram-se manchas de umidade, corrosão, bolor (ou mofo), algas, líquens, eflorescências, descolamento de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentíceas, fissuras e mudança de coloração dos revestimentos.¹⁸

Essas patologias citadas pelo autor, caso ocorram, podem trazer sérios problemas para moradores e proprietários do imóvel.

¹⁷ SABINO, Rafaela. **Patologias causadas por infiltração.** Disponível em: blogdopetcivil.com/2014/12/page/2. Acessado: 03/10/2015.

¹⁸ YAZIGI, W. A. **Técnica de edificar.** Revisada e atualizada. 10.ed. São Paulo: Pini, SIDUSCON-SP, 2009, p. 517.

2.3.1. Manchas de umidade

Os revestimentos frequentemente estão sujeitos à ação da umidade e de microrganismos, os quais provocam surgimentos de algas e mofos, e o conseqüente aparecimento de manchas pretas ou verdes.

As manchas aparecem nos edifícios devido ao acúmulo de água nas paredes. BAUER (2012) afirma que elas podem “Apresentar colorações diferenciadas, como marrom, verde, preta, entre outras, conforme a causa”¹⁹. Tal situação pode ser vista na figura 6, representada abaixo.

Figura 6: Surgimento de mancha no muro devido à umidade.



Fonte: SOARES²⁰

2.3.2. Mofo ou bolor

A manifestação dessa patologia ocorre geralmente em tetos e paredes, causando problemas para estrutura da obra ou até mesmo para saúde dos moradores. Principalmente se os moradores tiverem algum tipo de problema de saúde alérgico relacionado a essa patologia.

¹⁹ BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed., v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2012, p. 921.

²⁰ SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil. 2014, Dissertação (Graduação em Engenharia Civil)**. Programa de graduação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2014, p.48.

YAZIGI (2009) define que “o mofo ou emboloramento é uma alteração observável macroscopicamente na superfície (manchas) de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo dos fungos” ²¹. Tal situação é representada na figura 7, que mostra uma parede atacada pela umidade, acarretando diversas patologias, entre elas o mofo.

Figura 7: Parede danificada por diversas patologias incluindo o mofo.



Fonte: HUSSEIN²²

2.3.3. Eflorescências

Este tipo de patologia possui danos visíveis, seus efeitos podem até mesmo alterar a superfície onde ela tenha se manifestado, causando forte degradação da área pelo fato de constituir substâncias agressivas.

A eflorescência é decorrente de depósitos salinos principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino – terrosos (cálcio e magnésio)

²¹YAZIGI, W. A. **Técnica de edificar**. Revisada e atualizada. 10.ed. São Paulo: Pini, SIDUSCON-SP, 2009, p. 516.

²² HUSSEIN, J. S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em residências na cidade de Campo Mourão – PR. 2013 Dissertação (Graduação em Engenharia Civil)**. Programa de Graduação da COECI da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão/PR, 2013, p.38.

na superfície de alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais e/ ou componentes da alvenaria.²³

A imagem que apresenta esse tipo de patologia está representada na figura 8 onde pode ser visto um piso totalmente danificado pelo efeito da eflorescência.

Figura 8: Piso danificado por eflorescências.



Fonte: SOUZA 2008²⁴.

De modo geral, esse fenômeno se manifesta em alvenarias e componentes de concreto. A quantidade e as características dos depósitos salinos variam conforme a natureza dos produtos solúveis, das condições atmosféricas, da temperatura, umidade, vento, etc.

2.3.4. Corrosão da armadura

Um dos tipos de manifestações patológicas mais comuns é a corrosão. Segundo PINTO (1996) a corrosão acontece devido ao “Ataque de natureza eletroquímica nas barras da estrutura, em que a presença de umidade, conduz a formação de óxidos/hidróxidos de ferro”²⁵. Tal problema pode se manifestar devido as seguintes condições:

²³ BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed., v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2012, p. 921.

²⁴ SOUZA, M. F. “**Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**”. 2008, **Dissertação (Especialista em Construção Civil)**. Monografia apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008, p. 43.

- Deve existir um eletrólito (representado pela água);
- Deve existir uma diferença de potencial (obtido pela tração nas barras de aço);
- Deve existir oxigênio (ar atmosférico).

Essa patologia pode se manifestar em lajes apresentando manchas de umidade em toda superfície com infiltração presente nas proximidades dos ninhos de concretagem provocando a corrosão. Outra situação que pode aumentar a chance desse problema acontecer são armaduras próximas às tubulações que apresentam infiltrações.

Para ilustrar essa situação, a figura 9 apresenta uma situação grave onde a armadura da laje fica exposta ao tempo devido aos efeitos da umidade podendo sofrer danos irreversíveis.

Figura 9: Problemas que a corrosão pode causar nos elementos construtivos.



Fonte: SERGIO 2012²⁶

²⁵ PINTO, J.A.N. **Patologias de impermeabilização**. Santa Maria: Multipress, 1996, p. 91.

²⁶ SERGIO, Paulo. **Patologias na construção civil**. Disponível em: profpauloscf.blogspot.com.br/2012/06/patologias-na-construcao-civil.html. Acessado: 27/10/2015.

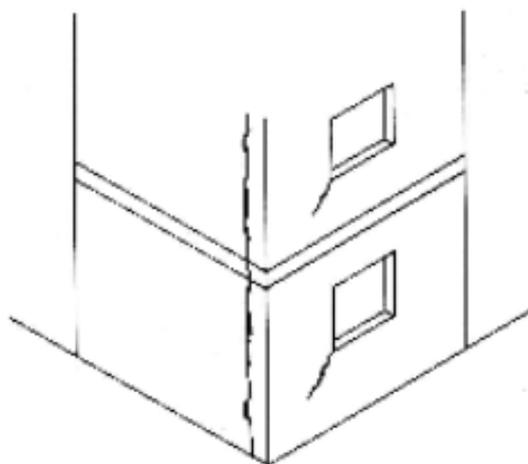
2.3.5. Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

As fissuras ou trincas são problemas patológicos comuns de se ocorrer nos edifícios, podendo trazer problemas graves e até mesmo comprometer a estrutura. É preciso tomar as medidas necessárias ao encontrar estes problemas, para evitar o comprometimento da vida útil do edifício. A manifestação dessa patologia pode acontecer por intermédio de diversos fatores, como: movimentação térmica; recalque da fundação; sobrecargas; entre outros. Mas, o que chama atenção é que ela pode ocorrer devido à umidade, e esse fenômeno é chamado umidade higroscópica.

As mudanças higroscópicas ocasionam modificações nas dimensões dos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção. Com o aumento da umidade, há uma expansão do material e com a redução, ocorre o contrário, uma contração do mesmo. Existindo então vínculos que irão impedir ou restringir essas movimentações por umidade, ocorrerão fissuras.²⁷

Além disso, esta situação pode mostrar sinais desagradáveis quando se manifesta, podendo comprometer a saúde dos moradores, a estrutura e também trazer perdas de objetos domésticos dos moradores. Para melhor compressão, a figura 10 representa uma situação em que ocorre expansão dos tijolos por absorção de umidade provocando as fissuras no edifício.

Figura 10: Fissuração vertical da alvenaria no canto da obra devido a movimentações higroscópicas.



Fonte: THOMAS 1996²⁸.

²⁷ THOMAZ E. **Trincas em Edifícios**. São Paulo, Editora Pini, 1996, p.33.

²⁸ THOMAZ E. **Trincas em Edifícios**. São Paulo, Editora Pini, 1996, p. 38.

3.0. CAPÍTULO II – IMPERMEABILIZAÇÃO

3.1. CONCEITO E IMPORTÂNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO

Como se sabe a umidade pode trazer vários danos para os edifícios e seus moradores. Tais problemas já foram salientados no capítulo anterior, e para combater esses problemas, a atividade a ser feita é impermeabilizar os locais que podem ser afetados. A impermeabilização é uma etapa muito importante para segurança da edificação e para a integridade física do usuário, pois é ela que pode combater os danos decorrentes na estrutura causados pela percolação da água e até mesmo prevenir as lajes para que não sofra com esses agentes. A qual é utilizada na construção desde a antiguidade, PICHI (1986) afirma “Que os primeiros materiais usados pelo homem, em impermeabilização, foram os betuminosos, ou seja, os asfaltos e alcatrões desde 3000 A.C”²⁹.

A impermeabilização é a proteção das construções contra a infiltração da água. Os serviços de impermeabilização geralmente são delicados, exigindo o máximo cuidado porque são fáceis de levar a insucessos. Mas são indispensáveis e importantíssimos, tanto para aparência como para a proteção das construções.³⁰

Apesar de toda necessidade dessa etapa para os edifícios, ela não é vista frequentemente em execuções dos mesmos, e quando executada apresentam falhas em alguns casos por não ser feito por profissionais especializados no assunto. Para melhor resultado na execução do sistema de impermeabilização é indispensável que sejam feitos por profissionais qualificados, amparados em amplos conhecimentos tecnológicos dos materiais e técnicos que aplicarão.

Como na construção civil a parte financeira tem grande importância e influência, a maioria dos construtores opta por não fazer o projeto de impermeabilização na fase de execução da obra, mas essa escolha poderá sair mais cara, caso ocorra um eventual problema de umidade no futuro.

²⁹PICCHI, Flávio Augusto. **Impermeabilização de Coberturas**. 1.ed; São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilizações , 1986, p.73.

³⁰BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed., v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2012, p. 803.

Executar a impermeabilização durante a obra é mais fácil e econômico do que depois da obra concluída. Quanto maior o atraso para o planejamento e execução do processo de impermeabilização mais oneroso o mesmo ficará, chegando a custar até 15 vezes mais, quando o mesmo é executado depois que o problema surgir e o usuário final estiver habitando o imóvel.³¹

Esse setor já exige muito cuidado não só para executar, mas também para escolha do sistema adequado de impermeabilização, pois, o local que se deseja impermeabilizar e o tipo de material influenciará no sucesso da impermeabilização. Caso não sejam determinados de forma correta, poderão trazer problemas durante ou após a execução.

Quando fala em impermeabilização, é indispensável que seja feitos por profissionais especializado, amparados em amplos conhecimentos tecnológicos dos materiais e técnicos que aplicarão. Vem daí a necessidade de o engenheiro ou arquiteto conhecer um mínimo desses princípios, a fim de que possa julgar propostas e fiscalizar serviços. Conhecimentos mais profundos, para torná-lo um aplicador, exigem estudos bem maiores que os comumente dados nos cursos de graduação.³²

A escolha do sistema adequado tem grande influência no resultado final, talvez a execução possa estar correta, mas não adequada para o local que está impermeabilizando. Assim este capítulo abordará informações com sistemas e tipos de impermeabilização mais adequados para cada caso, com foco em lajes de estacionamento.

3.2. SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Os sistemas de impermeabilização existentes possuem os mesmos objetivos que é proteger o local a ser impermeabilizado e seus respectivos usuários. As características dos materiais que os constituem influenciam em suas propriedades, fazendo com que apresentem diferenças de concepção, materiais, métodos de aplicação, princípio de funcionamento, tempo de durabilidade, dentre outros. A

³¹ RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).** Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p.16

³²BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** 5. ed. v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2012, p. 803.

ABNT NBR 9575/2010 define sistema de impermeabilização como “Conjunto de produtos e serviços (insumos) dispostos em camadas ordenadas, destinado a conferir estanqueidade a uma construção”³³.

A escolha do sistema de impermeabilização mais adequado para uma dada construção depende de vários fatores. Entre eles a forma da estrutura, movimentação admissível no cálculo da mesma, temperatura e umidade relativa locais, efeito arquitetônico que se deseja obter e custos.³⁴

Basicamente as impermeabilizações são classificadas em dois sistemas: rígidos e flexíveis, e cada um é utilizado de acordo com o local em que possa ter melhor desempenho.

3.2.1. Sistema de impermeabilização rígido

Este tipo de impermeabilização é indicado para locais mais estáveis da edificação, ou seja, estruturas que não se movimentam ou que não sofrem deformações como trincas e fissuras. CUNHA E NEUMANN (1979) afirmam que “as impermeabilizações rígidas são os concretos que se tornam impermeáveis pela inclusão de um aditivo e os revestimentos com argamassa, tratados da mesma forma”³⁵.

Para RIPPER (1986) “este tipo de impermeabilização é feito com argamassa de cimento, areia e aditivos impermeabilizantes”³⁶. Portanto, esse sistema tem a finalidade de vedar os poros vazios do concreto para evitar a passagem de água.

O sistema em concreto impermeável, colmatagem ou cristalizantes, argamassa rígidas e outros, rígidos, para as áreas horizontais externas não atendem aos principais conceitos das linhas elásticas dos módulos estruturais, os quais impõem variações no alongamento e/ou retração para variações na ordem de 60°C a 80°C além das solicitações deformatórias das sobrecargas.³⁷

³³ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção do projeto**. Rio de Janeiro, 2010, p.6.

³⁴PIRONDI, Z. **Manual pratica de impermeabilização e de isolamento térmica**. São Paulo, Pini, 1988, p. 222.

³⁵ CUNHA, A. G. e NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 2. ed., Rio de Janeiro: Argus, 1979, p. 15.

³⁶RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed., São Paulo: Pini, 1986, p. 42.

Devido às características dos materiais que são compostos nesse tipo de sistema, são indicados para área como fundações, piscinas, caixas d'água, pisos internos em contato com o solo, contenções e entre outros, pelo fato desses locais não ficarem muito expostos ao tempo.

Os sistemas rígidos apresentam a desvantagem de trincarem quando as bases sobre as quais foram aplicadas não tiverem sido bem dimensionadas ou ficarem expostas a grandes variações de temperatura. Nesse caso aparecem no revestimento impermeável as mesmas trincas da base, perdendo-se assim eficiência.³⁸

Há vários tipos de impermeabilizantes rígidos e os mais utilizados são argamassa polimérica, cristalizantes, argamassa impermeável, cimento polimérico e resina epóxi. Todos podem ser comercializados como argamassa, industrializada e até aditivo para mesma. Também pode ser vendido como revestimento impermeável em forma de pintura devido a misturas aplicadas na sua fabricação.

3.2.1.1. Argamassa polimérica

Trata-se de um tipo de impermeabilização industrializado. Segundo a DENVER (2010) esse sistema de impermeabilização é “à base de cimento, agregado mineral inerte, polímeros acrílicos e aditivos, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes”³⁹. Os aditivos impermeabilizantes compostos nesse sistema reagem com a cal livre do cimento formando sais cálcicos insolúveis (ação química). A ação é por hidrofugação do sistema capilar, mas, permitindo a respiração dos materiais. Reduz o ângulo de molhagem dos poros dos substratos.

De acordo com a ABNT NBR 9575/2010 argamassa polimérica é um “Tipo de impermeabilização industrializada aplicada em substrato de concreto ou alvenaria,

³⁷ PIRONDO, Z. **Manual pratica de impermeabilização e de isolamento térmica**. São Paulo, Pini, 1988, p.26 e 27.

³⁸ RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed., São Paulo: Pini, 1986, p. 42.

³⁹ DENVER – **Manual técnico**. 10. ed., São Paulo, 2010, p. 77.

constituída de agregados minerais inertes, cimento e polímeros, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes”⁴⁰.

Este produto pode ser utilizado com água e cimento polimérico, FERREIRA (2012) os classifica como “sistema bicomponente (componente em pó com fibras e componente líquido) que forma uma pasta cimentícia resistente à umidade que sobe pelas paredes e pela fundação. Ideal para áreas enterradas”⁴¹. Revestimento impermeabilizante semiflexível aplicado com trincha ou broxa. Segundo a DENVER (2015) esse sistema tem como principais vantagens “excelente aderência ao substrato, resiste à pressão hidrostática positiva ou negativa, fácil aplicação, não requer chapisco, não é tóxico e não altera a potabilidade da água”⁴².

Por outro lado tem algumas desvantagens como, não pode ser aplicado em locais que ficam ao longo do tempo expostos, pois não suportam variação térmica e exposição ao sol.

Para um bom desempenho, o intervalo entre as demãos pode durar de 2 a 6 horas, para liberação da área com mínimo 3 dias, e a cura da impermeabilização até 28 dias. De acordo com a VEDACIT (2010) esse tipo de impermeabilização é indicado para locais como: “Fundações (alicerces), poços de elevadores, subsolos, pisos em contato com o solo, paredes de encosta e muros de arrimo, reservatórios, piscinas, entre outros”⁴³. A figura 11 apresenta o processo de execução do sistema como revestimento na parede.

⁴⁰ ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção do projeto**. Rio de Janeiro, 2010, p.2.

⁴¹ FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.17.

⁴² DENVER – **Manual técnico**. 15. ed., São Paulo, 2015, p. 50.

⁴³ VEDACIT – Manual técnico – **Impermeabilização de estruturas**. 6. ed., São Paulo, 2010, p. 22.

Figura 11: Aplicação de argamassa polimérica como revestimento sobre a parede.



Fonte: Autoria própria.

3.2.1.2. Cristalizantes

De acordo com FERREIRA (2012) esse tipo impermeabilização “São compostos químicos de cimentos aditivados, resinas e água. O produto é aplicado diretamente sobre a estrutura a ser impermeabilizada”⁴⁴. Ao entrar em contato com a água de infiltração, cristaliza-se e preenche os poros do concreto, constituindo uma barreira impermeável. A DENVER (2010) ressalta que esse produto é indicado para “Tamponamento de infiltrações e jorros de água sob pressão em subsolo, galerias e outras estruturas submetidas à infiltração por lençol freático e também para chumbamento rápido de peças e como aditivo acelerador de pega de argamassa”⁴⁵.

Os cristalizantes possuem dois tipos de sistemas e métodos diferentes, o primeiro é o cimento cristalizante, que utilizado na superfície do local onde deseja impermeabilizar, a sua execução é semelhante à de pintura e tal processo é representado na figura 12, a qual mostra como o sistema é aplicado.

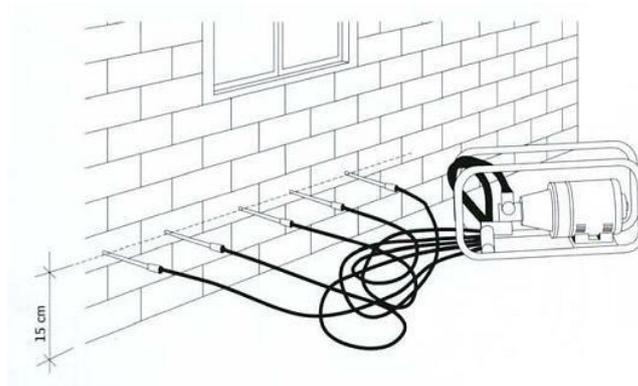
⁴⁴FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.17.

⁴⁵DENVER – **Manual técnico**. 15. ed., São Paulo, 2010, p. 83.

De acordo com LONZETTI (2010) para que esse sistema possa desempenhar sua função, “Necessitam ser utilizados em superfícies previamente saturadas com água (alvenaria, concreto e argamassa)”⁴⁶.

O outro método é sistema cristalizantes, que forma um material líquido e sua aplicação é em forma de injeção do produto através de furos no interior do local onde deseja impermeabilizar, como por exemplo, alvenaria de tijolos maciços. A figura 12 apresenta um processo de impermeabilização com o material em forma de pintura.

Figura 12: Injeção de cristalizantes em locais com umidade.



Fonte: ABATTE⁴⁷

⁴⁶ LONZETTI, F. B. **Impermeabilizações em Subsolos de Edificações Residenciais e Comerciais**. 2010. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010, p. 33.

⁴⁷ ABATTE, V. **Ralo é ponto vulnerável a infiltrações**. 71 n. São Paulo: Técnica, 2003, p.52.

Figura 13: Cristalizante aplicado em forma de pintura.



Fonte: NAKAMURA⁴⁸.

As vantagens do produto é adquirir altas resistências nas primeiras idades, resistir a altas pressões hidrostáticas de compressão. Sua desvantagem é que o produto fica restrito de impermeabilizar locais quando estes sofrem grandes deformações.

3.2.1.3. Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo

É um método de impermeabilização de argamassa de cimento que adquirem propriedades impermeáveis, com a mistura de aditivos que repelem a água. A DENVER (2010) define como “Aditivo líquido e de pega normal impermeabilizante por hidrofugação, indicado para uso em concretos e argamassas. Proporciona a sensível redução da permeabilidade e absorção capilar em concretos e argamassas”⁴⁹.

CUNHA e NEUMANN (1979) afirmam “caso o concreto ou as paredes de alvenaria fiquem porosos, vedam-se a superfície aplicando-se revestimento de

⁴⁸ NAKAMURA, J. **Rígida estanque**. Revista Técnica: revista de tecnologia e negócios da construção. ano 14, nº 115, São Paulo, 2006, p. 28.

⁴⁹DENVER – **Manual técnico**. 15. ed., São Paulo, 2010, p. 53.

argamassa com aditivos que promova a impermeabilidade”⁵⁰. Esse método pode ser usado em vários locais dos edifícios, como contra pisos de locais úmidos, fundações, reservatórios, revestimento de parede, peças de concreto sujeito a grande umidade e até como argamassa para assentar blocos e tijolos.

Porém, esse sistema possui algumas restrições, RIGHI (2009) afirma que “A principal desvantagem é que deve ser aplicado em conjunto com outro sistema impermeabilizante, assim garante-se a estanqueidade, pois esse sistema é muito suscetível a movimentações dos elementos”⁵¹. Outro fator é que não é viável a locais sujeito a trincas e fissuras.

Entretanto possuem várias vantagens, como é um sistema fácil de ser aplicado, melhora a trabalhabilidade das misturas, causa maior durabilidade e pode ser usado para diversos traços de argamassa. A figura 14 mostra como o sistema é preparado para ser aplicado.

Figura 14: Preparação da argamassa com aditivo hidrófugo.



Fonte: VEDACIT⁵².

⁵⁰CUNHA, A. G. e NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 2. ed., Rio de Janeiro: Argus, 1979, p. 16.

⁵¹RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p. 26.

⁵²VEDACIT – **Manual técnico – Impermeabilização de estruturas**. 6. ed., São Paulo, 2010, p. 22.

3.2.1.4. Resina epóxi

São utilizadas para preencher local onde possuem determinadas fissuras ou trincas no edifício. FERREIRA (2012) classifica como “impermeável à água e ao vapor revestimento com grande resistência mecânica e química. A base de resina epóxi, bicomponente, com ou sem adições”⁵³. Segundo a SIKA (2015) “elas são amplamente usadas para reparos estruturais de fissuras e vazios em estruturas ou elementos de concreto armado”⁵⁴.

Seu desempenho no concreto aumenta resistência à compressão e a tração. Outro aspecto importante é a baixa viscosidade, que permite uma excelente penetração nas estruturas, o que também ajuda a assegurar a transferência permanente de carga, devido à excelente aderência entre epóxi e concreto. Esse sistema de impermeabilização é utilizado em tanques de armazenamento de produtos químicos, tubos metálicos e substratos seco ou ligeiramente úmido.

Como é um sistema rígido, ele não é recomendado para locais que sofram maiores deformações. A figura 15 mostra a vedação de fissuras em estacionamento subterrâneo.

Figura 15: Vedação de fissuras com resina epóxi.



Fonte: SIKA⁵⁵.

⁵³ FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.17.

⁵⁴ SIKA – **Impermeabilização – Soluções para vedação de infiltrações usando o sistema de injeção sika**. São Paulo, 2015, p. 6.

3.2.2. Sistemas flexíveis

Sistema de impermeabilização no qual é visto como um conjunto de materiais e serviços capazes de impermeabilizar locais dos edifícios que ficam mais expostos a grandes deformações como fissuras e trincas.

Com isso, este sistema pode ser feito de duas maneiras, moldado no local, conhecido como membranas ou pré-fabricado, chamados de manta e membranas. CUNHA e NEUMANN (1979) classificam esse sistema como “impermeabilizações feitas com lençóis termoplásticos, lençóis de borracha butílica, membranas de asfalto com elastômeros e outras combinações de materiais, sempre sem intercalação de tecidos rígidos ou lâminas metálicas”⁵⁶. Os sistemas flexíveis, também conhecidos como sistemas elásticos, são constituídos de materiais asfálticos ou polímeros sintéticos.

Os sistemas pré-fabricados são constituídos de mantas que, estendidas e unidas na obra, formam a impermeabilização. Os sistemas moldados no local, também conhecidos como executados no local, utilizam materiais, que uma vez aplicados, em consistência adequada, formam uma membrana contínua, que constitui a impermeabilização; estes materiais são líquidos, pastosos ou sólidos, sendo que neste último caso devem ser fundidos para ser aplicados.⁵⁷

Segundo RIPPER (1986) “As desvantagens das impermeabilizações rígidas não ocorrem com as impermeabilizações elásticas, que acompanham esses pequenos movimentos da base sem se romperem, mas a sua execução, em geral, deve ser confiada a firmas especializadas”⁵⁸. A ABNT NBR 9575/2010 define como impermeabilização flexível, “membrana acrílica, membrana de emulsão asfáltica, membrana de poliuretano, manta asfáltica e entre outros”⁵⁹.

⁵⁵SIKA – **Impermeabilização – Soluções para vedação de infiltrações usando o sistema de injeção sika**. São Paulo, 2015, p. 19.

⁵⁶CUNHA, A. G. e NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 2. ed., Rio de Janeiro: Argus, 1979, p. 15.

⁵⁷ PICCHI, Flávio Augusto. **Impermeabilização de Coberturas**. 1. ed; São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilizações , 1986, 77p.

⁵⁸RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed., São Paulo: Pini, 1986, p. 43.

⁵⁹ ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção do projeto**. Rio de Janeiro, 2010, p.5.

As membranas são sistemas capazes de formar uma película no local a ser impermeabilizado fazendo com que apresente vantagens sobre as mantas em algumas situações. Segundo RIGHI (2009) “A principal vantagem das membranas em relação às mantas é que as membranas não apresentam emendas”⁶⁰ e são indicadas para locais com áreas pequenas, já as mantas são produtos pré-fabricados, o que facilita no controle da espessura que vem padronizada pelo processo de fabricação, isso é uma vantagem em relação à membrana. CICHINELLI (2004) afirma que “As membranas exigem um rígido controle da espessura e, conseqüentemente, da qualidade de produto aplicado por metro quadrado, sendo essa uma falha que fica difícil de visualizar”⁶¹. As mantas possuem características também de proteger áreas maiores.

3.2.2.1. Membranas asfálticas

Há vários tipos de membranas asfálticas no mercado, sendo que elas podem ser divididas de acordo com o asfalto utilizado. Dentre esses diversos tipos as que são mais usuais no mercado segundo SABBATINI (2006) são “Emulsão asfáltica, asfalto oxidado e asfalto modificado com adição de polímero elastomérico”⁶².

As emulsões asfálticas de acordo com FERREIRA (2012) “São produtos compostos por misturas de asfalto, modificados ou não por polímeros, em água ou solvente, aplicados a frio como primers ou como impermeabilização de áreas molháveis internas, estruturada com telas”⁶³. É um produto resultante da dispersão de asfalto em água, através de agentes emulsificantes. As principais vantagens

⁶⁰RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p. 31.

⁶¹ CICHINELLI, G. A evolução das membranas moldadas in loco. **87. ed., São Paulo: Técnica, 2004 p. 32.**

⁶²SABBATINI F. et al. Impermeabilização – Sistemas e execução. **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica da USP.** São Paulo, 2006, p.5.

⁶³ FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar.** 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.19.

desse produto segundo SABBATINI (2006) “Barato e de fácil aplicação para áreas e superfícies que não haverá empossamento ou retenção de água”⁶⁴.

Como desvantagens, o tempo de cura costuma ser maior em comparação com os demais sistemas impermeabilizantes, também não são recomendados para áreas maiores, como lajes acessíveis. Podem ser aplicados em lajes pequenas, banheiros, cozinhas, floreiras, áreas de serviço e como pintura de ligação.

Segundo FERREIRA (2012) “O asfalto oxidado é o sistema mais tradicional do Brasil, utilizado desde o início de impermeabilização de edificações no país”⁶⁵. Esse sistema é aplicado a quente, consiste da moldagem de uma membrana impermeabilizante por meio de sucessivas demãos, de asfalto derretido intercaladas com telas ou mantas estruturantes. SABBATINI (2006) denomina que o “Produto obtido pela modificação do cimento asfáltico de petróleo, que se funde gradualmente pelo calor, de modo a se obter determinadas características físico-químicas”⁶⁶. Os asfaltos oxidados possuem um bom desempenho se executados em locais como, cozinhas, banheiros, lajes médias ou muitos recortes (caso for de acesso necessário proteção mecânica), reservatórios, terraços entre outros.

Os sistemas utilizados com asfalto e adição de polímero elastomérico, é descrito por LWART (2009) como “Produto com alta concentração de asfalto elastomérico, à base de solventes orgânicos, com excelentes propriedades elásticas, que formam uma membrana emborrachada com alto desempenho impermeabilizante”⁶⁷. Já SABBATINI (2006) compreende que “É um produto obtido pela adição de polímeros elastoméricos, no cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada”⁶⁸.

⁶⁴ SABBATINI F. et al. **Impermeabilização – Sistemas e execução**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006, p.5.

⁶⁵ FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.19.

⁶⁶ SABBATINI F. et al. **Impermeabilização – Sistemas e execução**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006, p.6.

⁶⁷ LWART- **Manual técnico**. São Paulo, 2009, p.45.

⁶⁸ SABBATINI F. et al. **Impermeabilização – Sistemas e execução**. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006, p.6.

As indicações de aplicação de acordo com LWARD (2009) são “lajes horizontais, banheiros, cozinhas, área de serviço, terraço, sacada, alicerce, calha e entre outros” ⁶⁹. O sistema não deve ser utilizado em locais sujeitos a pressão negativa. A figura 16 mostra a aplicação do sistema de impermeabilização com membrana asfáltica em uma laje de cobertura não acessível.

Figura 16: Aplicação da última demão da membrana na laje.



Fonte: VEDACIT⁷⁰.

3.2.2.2. Membrana acrílica

Este método de impermeabilização possui vários benefícios não só na parte de proteção da área, mas também no quesito de estética do local onde será utilizado, pois o produto proporciona ótimo acabamento final e constitui de membrana acrílica formulada à base de polímeros acrílicos dispersos em meio aquoso.

Segundo FERREIRA (2012) o produto é formado “por resina acrílica normalmente dispersa em água, executada com diversas demãos intercaladas por estruturantes. Resistente aos raios solares deve ser aplicada em superfície expostas

⁶⁹ LWARD- **Manual técnico**. São Paulo, 2009, p.45.

⁷⁰ VEDACIT – **Manual técnico – Impermeabilização de estruturas**. 6. ed., São Paulo, 2010, p. 21.

e não transitáveis”⁷¹. LWARD (2009) denomina o sistema como “membrana líquida, de base acrílica e aplicação a frio, pronta para uso e moldada no local”⁷².

Entre suas características possui fácil aplicação, ótima flexibilidade sendo indicadas para coberturas inclinadas, telhas pré-moldadas, lajes sem trânsito de pessoas, pintura de paredes externas, entre outros. A figura 17 mostra como a membrana acrílica é vendida na embalagem.

Figura 17: Aplicação da membrana acrílica em uma laje de cobertura com tela estruturante.



Fonte: www.casadagua.com/cases/impermeabilizacao-com-fabertec-membrana-acrilica-elastica/⁷³

3.2.2.3. Membrana de polímero modificada com cimento

Trata-se de um produto segundo a LWARD (2009) “Composto de cimento asfáltico enriquecido com polímeros de geração avançada e que confere ao produto excelente elasticidade e aderência. Apresenta alta performance quanto á intempérie e resistência a fadiga”⁷⁴, ou seja, é asfalto obtido pela modificação do cimento com

⁷¹ FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.19.

⁷² LWARD. **Manual técnico**. São Paulo, 2009, p.59.

⁷³ CASA D' ÁGUA. **Impermeabilização com Fabertec membrana acrílica elástica**. Disponível em: www.casadagua.com/cases/impermeabilizacao-com-fabertec-membrana-acrilica-elastica/. Acessado: 30/10/2015.

⁷⁴ LWARD- **Manual técnico**. São Paulo, 2009, p.35.

adição de polímero. De acordo com MELLO (2005) as principais características desse produto são “Melhor resistência às tensões mecânicas, maior coesão entre partículas, excelente elasticidade/plasticidade, sensível melhora a resistência à fadiga e envelhecimento”⁷⁵.

Sendo indicado para áreas frias, sacadas, varandas, baldrame calhas, jardineiras e pisos em geral. Entre suas características destacam a facilidade de impermeabilização de áreas com muitos recortes e resistência a pressões hidrostáticas positivas. A figura 18 mostra aplicação a frio do sistema impermeabilizante flexível polimérico com adição de cimento especial em uma parede.

Figura 18: Impermeabilização da parede com membrana de polímero modificada com cimento.



Fonte: techne.pini.com.br/engenharia-civil/177/artigo286880-2.aspx⁷⁶

⁷⁵ MELLO, L.S.L. **Impermeabilização – Materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005, p.24.

⁷⁶ ROCHA, Ana Paula. **Estanqueidade moldada**. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/177/artigo286880-2.aspx>. Acessado: 11/11/2015.

3.2.2.4. Mantas asfálticas

As mantas asfálticas são um dos produtos de impermeabilização mais usados na construção civil, devido suas características e melhor desempenho em locais específicos.

Consideradas membranas asfálticas pré-fabricadas, as mantas asfálticas são feitas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais, sendo que seu desempenho depende da composição desses dois componentes. O asfalto modificado presente na composição da manta é o responsável pela impermeabilização.⁷⁷

De acordo com a VEDACIT “as mantas asfálticas são feitas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais. O asfalto modificado presente na composição da manta é o responsável pela impermeabilização”⁷⁸. A NBR 9952/2014 “as classificam de acordo com a tensão e alongamento em tipos I, II, III e IV e a flexibilidade a baixa temperatura em classes A, B e C, conforme a tabela mostrada na figura 20 abaixo”⁷⁹. Já a figura 19 mostra o produto pronto para ser executado no local desejado.

Figura 19: Manta asfáltica tipo III pronta pra ser usada para o sistema de impermeabilização.



Fonte: Autoria própria.

⁷⁷RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções– análise de casos. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p.18.

⁷⁸VEDACIT – **Manual técnico – Impermeabilização de estruturas**. 6. ed., São Paulo, 2010, p. 54.

⁷⁹ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2014, p.2.

Tabela 1: Parâmetros de ensaio da manta de acordo com a norma.

Ensaio		Unidade	Tipo				Método de ensaio
			I	II	III	IV	
1. Espessura (mínimo)		mm	3 mm	3 mm	3 mm	4 mm	7.1
2. Resistência à tração e alongamento – (longitudinal e transversal)	Tração (mínimo)	N	80	180	400	550	7.2
	Alongamento (mínimo)	%	2	2	30	35	
3. Absorção d'água – Variação em massa (máximo)		%	1,5	1,5	1,5	1,5	7.3
4. Flexibilidade a baixa temperatura ^a e.	Classe	A	- 10	- 10	- 10	- 10	7.4
		B	- 5	- 5	- 5	- 5	
		C	0	0	0	0	
5. Resistência ao impacto ^b a 0 °C (mínimo)		J	2,45	2,45	4,90	4,90	7.5
6. Escorrimento (mínimo)		°C	95	95	95	95	7.6
7. Estabilidade dimensional (máximo)		%	1 %	1 %	1 %	1 %	7.7
8. Envelhecimento acelerado	Mantas asfálticas expostas ^c	Os corpos de prova, após ensaio, não podem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação				ASTM G 154	
	Mantas asfálticas protegidas ou autoprotégidas ^d					7.8	
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado ^e	Classe	A	0	0	0	0	7.4
		B	5	5	5	5	
		C	10	10	10	10	
Ensaio		Unidade	Tipos				Método de ensaio
			I	II	III	IV	
10. Estanqueidade (mínimo)		m.c.a.	5	10	15	20	7.9
11. Resistência ao rasgo (mínimo)		N	50	100	120	140	7.10
^a Em mantas asfálticas autoprotégidas, o ensaio de flexibilidade é feito dobrando-se a amostra de forma a manter a face autoprotégida em contato com o mandril e verificando-se a ocorrência de fissuras no lado da massa asfáltica. ^b Quando as mantas asfálticas forem aplicadas sobre o substrato rígido (por exemplo, concreto), utilizar a base de aço; quando forem aplicadas sobre substrato flexível (por exemplo, isolações térmicas deformáveis), utilizar a base de poliestireno ou a base em que efetivamente for aplicada a manta asfáltica. ^c Exposição do corpo de prova a 400 h de intemperismo, ciclos de 4 h de ultravioleta a 60 °C e 4 h de condensação de água a 50 °C. ^d Desconsiderar envelhecimento que possa ocorrer na camada antiaderente. ^e Os ensaios de flexibilidade devem ser efetuados nas temperaturas estabelecidas na Tabela 1.							

Fonte: NBR 9952-2014⁸⁰.

⁸⁰ ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2014, p.2 e 3.

Sendo assim a EQUIPE DE OBRA indica os tipos das mantas existentes conforme a necessidade do local a ser impermeabilizados, sendo expostos abaixo:

- TIPO I: São mantas de desempenho básico. Com resistência mecânica e elasticidades mais baixas, são indicadas para locais com pouco trânsito e carregamentos leves. Este tipo praticamente não é usado nas obras brasileiras;
- TIPO II: Produto com resistência mecânica adequada a situações leves e moderada, como o de áreas internas residenciais, pequenas lajes e fundações. Também podem ser usadas em impermeabilizações com mantas duplas;
- TIPO III: Mantas de elasticidade e resistência mecânica elevadas, desenvolvidas para a impermeabilização de estruturas sujeitas a movimentações e carregamentos típicos de um edifício residencial ou comercial;
- TIPO IV: Trata-se de material de alto desempenho e maior vida útil. São indicadas para estruturas sujeitas a maiores deformações por dilatação ou por grandes cargas, como obras viárias e de infraestrutura.

As mantas se destacam quando o assunto é laje, sendo a mais requisitada e recomendada para este local a ser impermeabilizado.

Tanto nas coberturas acessíveis quanto nas não acessíveis o recomendável é o uso de mantas asfálticas, pois por serem pré-fabricadas, têm espessura constante e eliminam a etapa da secagem, acelerando o processo. Nas coberturas não acessíveis podem-se utilizar as mantas com a face exposta revestida por uma lâmina de alumínio. Nas coberturas acessíveis devem-se utilizar mantas de um tipo mais resistente e com proteção mecânica.⁸¹

Como outros produtos industrializados, a manta depende muito da sua execução para desenvolver os desempenhos que o produto pode proporcionar. Com isso é recomendável ser executada por empresa especializada. De acordo com a norma ABNT NBR 9952/2014 a manta deve possuir as seguintes características:

- a) Apresentar compatibilidade entre seus constituintes: asfalto, armadura e acabamento nas mantas asfálticas auto protegidas, de modo a formar um conjunto monolítico;
- b) Suportar os esforços atuantes para os quais se destinam, mantendo-se estanques;

⁸¹ RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. 2009**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p.80.

- c) Apresentar superfície plana com espessura uniforme, de bordas paralelas, não serrilhadas;
- d) Ser impermeáveis, resistentes à umidade e sem apresentar alteração de seu volume, quando em contato com a água;
- e) Resistir aos álcalis e ácidos dissolvidos nas águas pluviais;
- f) Apresentar armadura distribuída uniformemente em toda a sua extensão e que não se destaque, descole ou de lamine ao longo do tempo.

As mantas possuem características importantes, MELLO (2005) destaca algumas como, “espessura única, aplicação do produto uma única vez, menor tempo de aplicação, não é necessário esperar a secagem”⁸². Os métodos de aplicação se iniciam após a limpeza da área e o tratamento correto dos pontos críticos, após essas observações já pode ser aplicado o primer na superfície, que é uma camada impermeável e que ajuda no desempenho da manta. Existem dois métodos para aderir à manta asfáltica na superfície, colagem com maçarico de gás (CMG) e colagem com asfalto quente (CAQ).

O processo CMG é mais seguro, a rapidez na execução é maior pelo fato de depender apenas do tipo de proteção antiaderente na fabricação da manta e menor número de funcionários quando comparados a CAQ, isso também influencia no preço, tornando-as mais econômicas. Já os CAQ, são métodos mais resistentes do que CMG, nesse tipo de execução são incluídos uma camada a mais de asfalto, que é derretido em um equipamento conhecido como caldeira, isso o torna recomendado para área que sofrem maiores esforços como lajes de estacionamento exposta ao tempo, essas lajes não são recomendadas ao método CMG, mas esse sistema além de ser mais caro e exigir maior número de funcionários para execução é necessário grande atenção pelo risco que ele pode proporcionar por alta temperatura durante a execução.

Mas como todo produto as mantas possuem algumas restrições, que são as emendas. Se não executadas corretamente pode fazer com que a impermeabilização não desempenhe sua função que principal que é impermeabilizar.

⁸² MELLO, L.S.L. Impermeabilização – **Materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005, p. 27.

Em sua pesquisa sobre emendas de mantas asfálticas que, ao utilizar como adesivo um elastômero especial de poliuretano, o mesmo atende perfeitamente a colagem entre as mantas asfálticas, eliminando de vez a colagem de mantas com asfalto quente ou maçarico. Sendo assim, diminui os problemas que ocorrem com o superaquecimento da manta, que pode alterar a química do polímero incorporado na massa ou a destruição do estruturante interno, e com isso tornando a manta com menor capacidade de absorver as fissuras do substrato.⁸³

Para saber se a impermeabilização foi executada corretamente é necessário realizar um teste de estanqueidade de acordo com a NBR. Esse sistema é indicado para vários locais do edifício como, lajes de todos os tipos, banheiros, terraços, piscinas, tanques, viadutos, rampas entre outros. Além disso, permitem ser fabricadas com camadas de proteção revestidas com lâminas de alumínio, geotêxtil granular, entre outros.

3.2.2.5. Mantas de PVC

Esse tipo de manta é indicado para impermeabilizações de alto desempenho, como laje e obras enterradas. São fabricadas de compostos de PVC com aditivos plastificantes e estabilizadores. Possuem propriedades particulares de flexibilidade, resistência química e resistência aos raios solares quando necessários. As mantas de PVC são compostas, segundo CIMINO, “Por duas lâminas de PVC, com espessura final que varia de 1,2 mm a 1,5 mm, e uma tela trançada de poliéster”⁸⁴. Podem ser aderidas ou não ao substrato como sistema flutuante.

As emendas são feitas por termofusão com equipamentos apropriados que tem controle de temperatura e de velocidade de deslocamento, de forma a garantir uniformidade e perfeita qualidade da solda. Como as soldas são duplas, paralelas e com um vazio entre elas, é possível realizar um teste de pressão ou vácuo e verificar durante a instalação a estanqueidade.⁸⁵

⁸³ PEREIRA, G.R. **Emendas entre mantas asfálticas, Conceito Revolucionário**. Revista Impermeabilizar, São Paulo, Palanca, n.81, p.192-196, mai. 1995.

⁸⁴ CIMINO, R. **Revestimento de reservatórios de água com manta armada de PVC**. 62. ed., São Paulo:Téchné,2002 p. 69.

⁸⁵RIGHI, Geovane Venturini.**Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções– análise de casos. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)**. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p.40.

O processo de execução é diferente da asfáltica, de acordo com SILVA E OLIVEIRA (2006) “A fixação das mantas de PVC deve ser executada com parafusos e arruelas especiais. Após, é aplicada sobre a mesma, outra camada da manta empregando os equipamentos de termofusão”⁸⁶. A figura 21 mostra a execução deste sistema em uma laje.

Figura 20: Execução de manta de PVC em laje.



Fonte: TÉCHNE⁸⁷.

Entretanto, essas apresentam vantagens como eliminar o risco de rompimentos frente às movimentações da estrutura caso o sistema for flutuante.

É o amplo conhecimento que se tem sobre o comportamento do PVC; a execução em camada única, não necessitando de proteção mecânica devido à dureza superficial; possibilidade de aplicação sobre pisos existentes; apresenta resistência a raios ultravioletas; não propaga chamas; além da rapidez de aplicação e limpeza na execução.⁸⁸

As principais desvantagens deste método de impermeabilização são custo, quando comparados a outro sistema acaba saindo mais caro, além disso, é necessário que haja uma empresa especializada para execução deste sistema. ARANTES (2007) ainda afirma que é “Difícil detectar eventuais infiltrações que pode

⁸⁶ SILVA, D.O.; OLIVEIRA, P.S.F. **Impermeabilização com mantas de PVC**. 111. ed., São Paulo: Téchne, 2006, p. 76.

⁸⁷ TÉCHNE. **Impermeabilização com mantas de PVC**. Disponível em: techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/impermeabilizacao-com-mantas-de-pvc-veja-a-execucao-de-285757-1.aspx. Acessado:11/11/2015.

⁸⁸ LOTURCO, B. **Poliuretanos, poliuréias e mantas adesivas**. 102. ed., São Paulo: Téchne, 2006, p.52.

ocorrer se for um sistema não aderido,”⁸⁹ podendo também apresentar mais trabalho durante a execução. Outra desvantagem é que este sistema requer atenção em locais mais críticos como as tubulações e não é recomendado para lajes com grande fluxo de pessoas.

3.2.2.6. Manta PEAD

É composta por um sistema flexível laminado de polietileno de alta densidade, constituída na superfície em ambos os lados assegurando impermeabilidade total. A VEDACIT (2010) define que o sistema “É elaborado à base de asfaltos modificados armados com estruturante de polietileno de alta densidade (PEAD), o que confere ao produto grande elasticidade sem comprometer a sua uniformidade dimensional”⁹⁰. Segundo FERREIRA o produto, “Também contém adições de substâncias químicas que aumentam a resistência do produto a intempéries, ao calor e à degradação”⁹¹.

A junção do sistema é feita através de soldagem de termo fusão e indicado para lagoas de tratamento de efluentes líquidos, aterros sanitários, lagoas, canais e reservatórios para tratamento de esgotos, reservatórios de concreto e túneis.

3.2.2.7. Manta EPDM

São mantas de borrachas com boa durabilidade e alongamento resistindo bem à umidade, álcalis ao ácido e envelhecimento.

O etileno-propileno-dieno-monômero (EPDM) é um tipo de borracha que pode ser bastante esticada, isso permite que a geomembrana feita com o material se molde a praticamente qualquer tipo de superfície. O material

⁸⁹ ARANTES, Y.K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. 2007. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007, p.15.

⁹⁰ VEDACIT – Manual técnico – **Impermeabilização de estruturas**. 6. ed., São Paulo, 2010, p. 73.

⁹¹ FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.20.

também é usado na fabricação de mantas para coberturas, com fixação mecânica ou aderida.⁹²

O método de execução do sistema é sobre o prime e as emendas são colocadas através de fitas e colas. Os encaixes para pontos emergentes podem ser feitos por peças pré-fabricadas específicas. O produto é de forma flutuante e possui em relação à manta maior duração, porém possui maior custo. Para a execução deste sistema é necessário uma camada de amortecimento e proteção, podendo ser aplicado em calhas, lagos, tanques de criação de peixes e canais de irrigação.

3.2.2.8. Membrana de poliuréia

Conhecido pela capacidade de resistir a estruturas sujeitas a abrasão, contato com água e a ataque químico. CICHINELLI (2015) define as membranas de poliuréia como “Impermeabilizantes bicomponentes (resina e isocianato) e monolíticas que apresentam resistência química e à hidrólise, aderem aos mais diversos substratos e resistem ao ataque de micro-organismos, e às intempéries, sem prejuízo ao seu desempenho”⁹³.

Portanto, sua aplicação pode ser utilizada em vários locais da construção civil, como lajes, arquibancadas de estádios, pisos industriais de galpões, tanques e reservatórios. A sua aplicação para ambientes em contato com produtos químicos deve ser feita com muita cautela, para CICHINELLI (2015) “Nessas situações, o ideal é avaliar previamente quais serão a concentração, a temperatura e o tipo do produto a ser usado, a fim de evitar futuros danos na membrana”⁹⁴. A figura 22 apresenta a execução do sistema de membrana de poliuréia na laje.

⁹² FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012, p.20.

⁹³CICHINELLI, Gisele. **Passo a passo; Aplicação de membrana de poliuréia**. 80 ed, 2015. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/80/passoaapassoaplicacaodemembrana-de-poliureia-338560-1.aspx>. Acessado: 15/11/2015.

⁹⁴CICHINELLI, Gisele. **Passo a passo; Aplicação de membrana de poliuréia**. 80 ed, 2015. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/80/passoaapassoaplicacaodemembrana-de-poliureia-338560-1.aspx>. Acessado: 15/11/2015.

Figura 21: Membrana poliuréia sendo executada em uma laje.



Fonte: JUNQUEIRA⁹⁵

Como apresentado na figura 22, a execução do serviço aparenta ser simples, mas exige máquinas e equipamentos, uma série de detalhes específicos no processo de aplicação, portanto deve ser realizada por empresas especializadas neste serviço.

3.3. PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Como já foi mencionado a impermeabilização proporciona grande importância na obra, pelo fato de influir, intervir e poder alterar uma estrutura, projeto hidráulico e elétrico, gabarito, ou seja, interfere em todas as etapas da obra. O projeto de impermeabilização deve fazer parte integrante dos projetos de uma edificação, assim deverá ser desenvolvido conjuntamente com os projetos setoriais e projeto geral de modo a serem previstos as especificações para facilitar o trabalho de todos envolvidos e evitar possíveis atrasos na execução da obra.

Todavia, este é constituído de memorial descritivo e justificativo, desenhos e detalhes específicos, além das especificações dos materiais e dos serviços a serem empregados e realizados. De acordo com CUNHA e NEUMANN (1979) “É corrente a prática de deixar as soluções desses problemas de impermeabilização para serem

⁹⁵JUNQUEIRA, Gabriel. Poliuréia- **Tecnologia e economia**. Disponível em: <http://impermitte.com.br/poliureia-a-tecnologia-mais-avancada-na-sua-obra/>. Acessado: 15/11/2015.

resolvidos pelo construtor, quando na realidade deviam fazer parte integrante do projeto”⁹⁶.

Mesmo com toda importância do projeto de impermeabilização, MELLO (2005) afirma que “A realidade nas obras é bem diferente, na maioria dos casos, não existe o projeto, e a empresa impermeabilizadora somente é chamada quando o edifício já está quase concluído”⁹⁷. Esse problema citado por MELLO pode comprometer o desempenho da impermeabilização, pelo fato de não serem feitos detalhes importantes para o sistema.

Um fato curioso é a falta do projeto de impermeabilização na obra, como na engenharia a diminuição de custos é importante, desde que não afete os processos primordiais da edificação e da sociedade. Os responsáveis pelas construções evitam fazer essa etapa, até mesmo sabendo de eventuais problemas futuros.

Portanto, o que era para se tornar econômico poderá sair mais caro, caso ocorra um eventual problema após a conclusão da construção. De acordo com RIGHI (2009) “O custo para executar uma impermeabilização é menor quando está previsto em projeto”⁹⁸. Os custos de um projeto de impermeabilização segundo MELLO (2005) “São inúmeras vezes menores que os custos decorrentes de eventuais desperdícios, reparos, danos a diversas partes da construção que podem ser ocasionadas por falta desse mesmo projeto”⁹⁹.

⁹⁶ CUNHA, A. G. e NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. 2. ed., Rio de Janeiro: Argus, 1979, p. 13.

⁹⁷ MELLO, L.S.L. Impermeabilização – **Materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005, p. 9.

⁹⁸ RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009, p.16.

⁹⁹ MELLO, L.S.L. Impermeabilização – **Materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005, p. 9.

3.3.1. Informações básicas do projeto

Para que o projeto de impermeabilização obtenha sucesso, são necessárias informações básicas como plantas de localização e identificações, tais como, detalhamento dos locais que descrevam o processo de impermeabilização adotado, assim como detalhes construtivos do projeto arquitetônico para entendimento das exigências de desempenho em relação à proteção dos elementos construtivos.

Contudo, outro aspecto importante é o memorial descritivo, nele será feito um relato, conforme o tipo de impermeabilização adotado para o local que se deseja proteger.

Deve constituir no projeto de impermeabilização, memorial descritivo e justificativo, desenhos e detalhes específicos, especificações dos materiais a serem empregados e dos serviços a serem executados, planilha de quantidade de serviços a serem realizados, estimativa de custos dos serviços a serem realizados, indicação da forma de medição dos serviços a serem realizados.¹⁰⁰

Estes procedimentos influenciarão no desempenho do projeto, que muitas das vezes é executado sem esses aspectos importantes mencionados anteriormente, uma vez que quando estes são esquecidos, a chance do insucesso aumenta.

3.3.2. Detalhes do projeto

Os detalhes construtivos merecem atenção especial em todas as etapas do projeto, pelo fato da impermeabilização depender muito desse fator para obter o desempenho esperado. Mesmo por que é essa fase do projeto que garante a estanqueidade dos pontos críticos. Para PICCHI (1986) “A maior parte dos problemas de impermeabilização se dá nas bordas, encontros com ralos, juntas, mudanças de planos, passagem de dutos, etc.”¹⁰¹.

O projeto executivo de impermeabilização deve atender aos detalhes construtivos, assim destacam-se alguns de acordo com a NBR 9575, “a inclinação

¹⁰⁰ PICCHI, Flávio Augusto. **Impermeabilização de Coberturas**. 1. ed; São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilizações , 1986, p.49.

¹⁰¹PICCHI, Flávio Augusto. **Impermeabilização de Coberturas**. 1. ed; São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilizações , 1986, p.51.

do substrato das áreas horizontais, deverá ser no mínimo de 1% em direção aos coletores de água, arremate de toda a impermeabilização em todo o contorno da área, pelo menos 30 cm acima do nível do piso acabado”¹⁰².

Para instalações hidráulicas os coletores devem possuir diâmetro que garanta a manutenção da seção nominal. Segundo a norma NBR 9575 “diâmetro nominal mínimo de 75 mm, os coletores devem ser rigidamente fixados a estrutura. Este procedimento também deve ser aplicado aos coletores que atravessam vigas invertidas”¹⁰³.

¹⁰²ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção do projeto**. Rio de Janeiro, 2010, p.13.

¹⁰³ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção do projeto**. Rio de Janeiro, 2010, p.13.

4.0. CAPÍTULO III – ESTUDO DE CASO

Como se sabe, a impermeabilização tem como principal objetivo proteger as estruturas contra diversas patologias citadas ao longo dos Capítulos desta pesquisa, impedindo a passagem indesejável de águas, fluídos ou vapores. Para facilitar no cumprimento dessas tarefas, é de suma importância que tenha o memorial descritivo, pois ele mostra que procedimentos básicos são necessários e devem ser adotados para executar a impermeabilização de estruturas em concreto da obra escolhida para o estudo de caso.

Como foi descrito no Capítulo 1, a umidade é um grande problema que afeta as lajes de coberturas. No Capítulo 2, foram percorridos os sistemas de impermeabilização existente no mercado para combater os problemas oriundos da umidade. A finalidade deste estudo de caso é determinar o tipo de impermeabilização mais conveniente para o local estudado, com isso será apresentado sua aplicabilidade, projetos, execução, justificando assim sua escolha.

4.1. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DE CASO PARA PESQUISA

A escolha pelo estudo de caso ocorreu pelo fato da impermeabilização se tratar de um assunto importante na construção civil, tendo em vista que este tipo de pesquisa possibilita o entendimento do problema de forma mais ampla. Para melhor compreensão, GIL (1999) caracteriza esse trabalho como um "Estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados"¹⁰⁴. Desta forma a solução mais conveniente para o tipo de problema é encontrada.

¹⁰⁴ GIL, Antônio Carlos. **Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1999, p 57 e 58.

4.2. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos desta pesquisa, foi feita revisão bibliográfica, por meio de livros, revistas técnicas, trabalhos acadêmicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e sites.

Sendo assim, foi feito um estudo de caso em laje de estacionamento para construção de um hospital. Com base nestes estudos será determinado o tipo de impermeabilização mais conveniente para esta laje.

Foi realizado comparativo dos diversos tipos de impermeabilização existente no mercado, a fim de definir qual é o mais apropriado para este estudo.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A pesquisa foi fundamentada no desenvolvimento e acompanhamento da impermeabilização de uma laje de estacionamento de 6000 m². A referida obra está localizada na Avenida Veneza, do bairro Santo Agostinho, cidade de Governador Valadares – MG, e trata-se de um hospital da Unimed que está em fase de execução, com previsão para término no final de 2016. A construção terá 12.000 m² de área construída em oito pavimentos, tendo como empresa contratada para o serviço de impermeabilização a IMPERMAX, localizada na mesma cidade de execução da obra.

4.4. ESCOLHA DO TIPO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Sabendo dos danos que a umidade pode causar, o assunto em questão é proteger a laje de estacionamento citada para que a mesma não sofra com problemas que podem comprometer a estrutura da obra, onde os cuidados devem ser maiores por se tratar de um hospital e por ser uma área que terá altas

deformações por estar exposta ao tempo e pelo fato de possuir alto fluxo de veículos.

Em geral, a maioria dos problemas ocasionados por infiltração é devido à falta de impermeabilização, mas como nesse caso já foi previsto impermeabilizar, tornou-se como maior desafio a escolha de um sistema de impermeabilização que seja econômico e que atenda todas as exigências desse tipo de situação.

Mediante a essas questões foram elaboradas duas tabelas com a finalidade de analisá-las e decidir qual tipo é o mais adequado para impermeabilização do local em questão.

A tabela 2 apresenta vantagens e desvantagens técnicas de cada tipo de impermeabilização. Mediante análise desta tabela, será comprovado qual tipo é o mais indicado do ponto de vista qualitativo. Para tomada de decisão, a tabela 3 foi construída com o intuito de mostrar custos de cada tipo. Combinando as duas tabelas, será comprovado o melhor tipo avaliando melhor custo-benefício.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens dos sistemas de impermeabilização a ser escolhido.

Sistema de impermeabilização	Vantagens	Desvantagens
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	Trabalho mais limpo e espessura controlada; Menor risco de acidente e menos funcionários se comparado com CAQ; Maior facilidade de controle do serviço; Possuem menor tempo de execução em relação ao CAQ.	Possui emendas, e maior trabalho se aplicado em laje com muito recorte; Exige mão de obra especializada; Necessidade de camada separadora e proteção mecânica; Não recomendado para o tipo de laje da pesquisa, por ser uma área de grande movimentação; Não pode ser aplicado em superfície úmida.
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem asfalto á quente (CAQ)	Sistema capaz de suportar grandes deformações inclusive a laje pesquisada; Manta fica totalmente assentada e aderida; Asfalto tem característica auto nivelates (corrige irregularidade do substrato); Asfalto usado como ponto de ligação entre o substrato e a manta funciona como berço amortecedor da mesma; Proteção de possíveis sacrifícios provenientes de deficiências do substrato; Não é preciso a aplicação da camada de amortecimento.	Maior risco de acidentes se comparados com sistema dessa tabela; Necessidade de maior número de funcionários se comparado com CMG; Maior trabalho se aplicado em laje com muito recorte; Necessidade de camada separadora e proteção mecânica; Não pode ser aplicado em superfície úmida, possui emendas e necessário mão de obra especializada; Maior tempo de execução se comparado com todos dessa tabela.
Manta asfáltica tipo IV espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	Trabalho mais limpo e espessura controlada; Menor risco de acidente e menos funcionários se comparado com CAQ; Maior facilidade de controle do serviço; Manta de alto desempenho capaz de suportar grandes deformações inclusive a do local pesquisado; Não é preciso executar a camada de amortecimento. Possuem menor tempo de execução em relação ao CAQ.	Possui emendas; Maior trabalho se aplicado em laje com muito recorte; Exige mão de obra especializada; Necessidade de camada separadora e proteção mecânica; Não pode ser aplicado em superfície úmida e possui emendas.
Membrana de poliuréia	Não a necessidade de executar camadas de separação, amortecimento e proteção mecânica; Não possui emendas; Possui secagem rápida; Resistências mecânicas e químicas; Rapidez na execução (podendo chegar a 3 horas após aplicação) sendo o mais rápido se comparados aos sistemas dessa tabela; Pode ser aplicado em áreas secas e úmidas.	Necessidade de máquinas e materiais específicos para aplicação; Gera muito resíduo na sua execução e detalhes; Produto pode causar problemas a saúde na fase de execução devido a alta aderência, assim fundamental usar óculos e máscaras; Maior dificuldade de controle da espessura se comparado com os sistemas dessa tabela.

Fonte: Autoria própria.

Analisando a tabela 2, a utilização da manta asfáltica tipo III (CMG) se mostra inviável para o caso estudado neste trabalho, pois tal caso compreende uma área de grande movimentação, ou seja, faz-se necessário utilização de uma manta com alta resistência mecânica, e tal característica não é obtida utilizando a manta tipo III (CMG).

As demais mantas apresentadas na tabela apresentam características satisfatórias para o local estudado, porém a Membrana de Poliuréia se destaca positivamente das demais, pois:

- Não possui emenda;
- Não é necessário camada de proteção mecânica;
- Não é necessário camada de amortecimento;
- Não é necessário camada separadora geotêxtil;
- Trabalho realizado com menor tempo.

Mediante tal situação, o tipo de impermeabilização escolhido seria a Membrana de Poliuréia. No entanto, deve-se analisar o fator custo-benefício e a aplicabilidade deste tipo de impermeabilização na obra.

Para análise de custo, foi realizado orçamento em uma empresa do ramo de impermeabilização. Com estes dados, foi construída a tabela 3, que mostra os preços de todos os sistemas da tabela 2. Nesta tabela possui valores que serão necessários para execução geral do serviço, incluindo mão de obra e materiais.

Tabela 3: Comparativo de custos dos sistemas capazes de impermeabilizar o local estudado.

OBS: M. O. = mão de obra	Limpeza da superfície	Camada de aderência com camada de imprimção	Camada de impermeabilização	Camada separadora geotêxtil	Camada de amortecimento EPS	Proteção mecânica primária com argamassa de cimento e areia traço 1,5	Piso acabado com junta de dilatação preenchida com masticque	Total
Material - R\$/m ²	0,01	1,50	21,98	1,08	5,00	13,74	32,36	75,67
M. O. - R\$/m ²	2,00	2,00	15,00	7,56	2,00	3,90	8,60	41,06
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	2,01	3,50	36,98	8,64	7,00	17,64	40,96	116,73
Material - R\$/m ²	0,01	1,50	30,98	1,08	0,00	13,74	32,36	79,67
M. O. - R\$/m ²	2,00	2,00	18,00	7,56	0,00	3,90	8,60	42,06
Manta asfáltica tipo III espessura 4 mm com colagem asfalto à quente (CAQ)	2,01	3,50	48,98	8,64	0,00	17,64	40,96	121,73
Material - R\$/m ²	0,01	1,50	42,28	1,08	0,00	13,74	32,36	90,97
M. O. - R\$/m ²	2,00	2,00	28,00	7,56	0,00	3,90	8,60	52,06
Manta asfáltica tipo IV espessura 4 mm com colagem maçarico de gás (CMG)	2,01	3,50	70,28	8,64	0,00	17,64	40,96	143,03
Material - R\$/m ²	3,00	6,25	93,75	0,00	0,00	0,00	0,00	103,00
M. O. - R\$/m ²	12,00	3,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00
Membrana de políureia	15,00	9,25	128,75	0,00	0,00	0,00	0,00	153,00

Fonte: Autoria Própria.

Analisando a tabela 3, nota-se que o menor preço é da manta asfáltica tipo III (CMG). Porém, conforme comentado anteriormente, tal manta não possui características necessárias para o local aplicado.

Foi visto que a Membrana de Poliuréia possui mais qualidades técnicas que as demais, porém analisando a tabela 3, nota-se que a mesma possui o maior custo. Mediante isto, há que se avaliar a aplicabilidade deste tipo de impermeabilização no local desejado, ou seja, há que se avaliar se o local desejado necessita de todas as qualidades técnicas oferecidas pela Membrana de Poliuréia. Sabe-se que o local trata-se de um estacionamento, ou seja, não se trata de um ambiente muito agressivo a ponto de exigir utilização de tal impermeabilização.

Portanto, para impermeabilização do estacionamento em questão, pode-se utilizar manta asfáltica dos tipos III (CAQ) e IV (CMG), pois ambas possuem características necessárias para utilização na obra estudada.

Neste estudo de caso, chegou-se a conclusão que a manta asfáltica tipo III (CAQ) atende todas as características necessárias, além de ter o que todos almejam ao planejar e executar uma obra, o menor custo. Mediante tal conclusão, a manta asfáltica tipo III (CAQ) foi escolhida para execução na obra estudada.

4.4.1. Materiais utilizados para execução do sistema

Para garantir desempenho esperado, foram utilizados vários materiais na fabricação desse serviço, de modo a garantir segurança para funcionários, melhorando as condições do serviço e aumentando a qualidade da impermeabilização de acordo com o produto.

Os equipamentos de proteção individual (EPIs) usados pelos funcionários são capacetes, luvas, botina, máscara, protetor auricular (por possuir outros serviços na obra que geravam ruído).

Para a aplicação do sistema é necessário ferramentas como, caldeira para derreter o asfalto polimérico, balde metálico, vassoura, trincha, colher de pedreiro, estilete, mangueira.

A tabela 4 mostrará os materiais utilizados para execução do sistema de impermeabilização de mantas asfálticas com colagem de asfalto á quente (CAQ), apresentando informações importantes como o tipo de material, descrições sobre o produto e a empresa responsável pela fabricação.

Tabela 4: Materiais utilizados para a impermeabilização da laje de estacionamento, através de manta asfáltica com colagem á quente.

TIPO DE MATERIAL	DESCRIÇÃO	FABRICANTE
Impermanta Primer	Solução asfáltica para aplicação a frio.	Denver
Denver Poliasfalto	Asfalto polimérico derretido na caldeira para colagem da manta.	Denver
DenvermantaElastic Tipo III B4 PP	Manta asfáltica à base de asfalto modificado com polímeros elastoméricos, estrutura com armadura não tecida de poliéster com acabamento polietileno/polietileno (PP).	Denver
Mac Tex 300 (camada de separação)	Geotêxtil não-tecido agulhado produzido com fios de polipropileno ou poliéster, distribuídos aleatoriamente e interligados.	Maccaferri
DerverflexPoliuretano 330 (junta de dilatação)	Selante adesivo elástico, à base de poliuretano monocomponente, com grande capacidade de movimentação da junta adesiva.	Denver

Fonte: DENVER¹⁰⁵ e MACCAFERRI¹⁰⁶

¹⁰⁵ DENVER – **Manual técnico**. 15. ed., São Paulo, 2010, p. 18, 46, 54, 171 e 188.

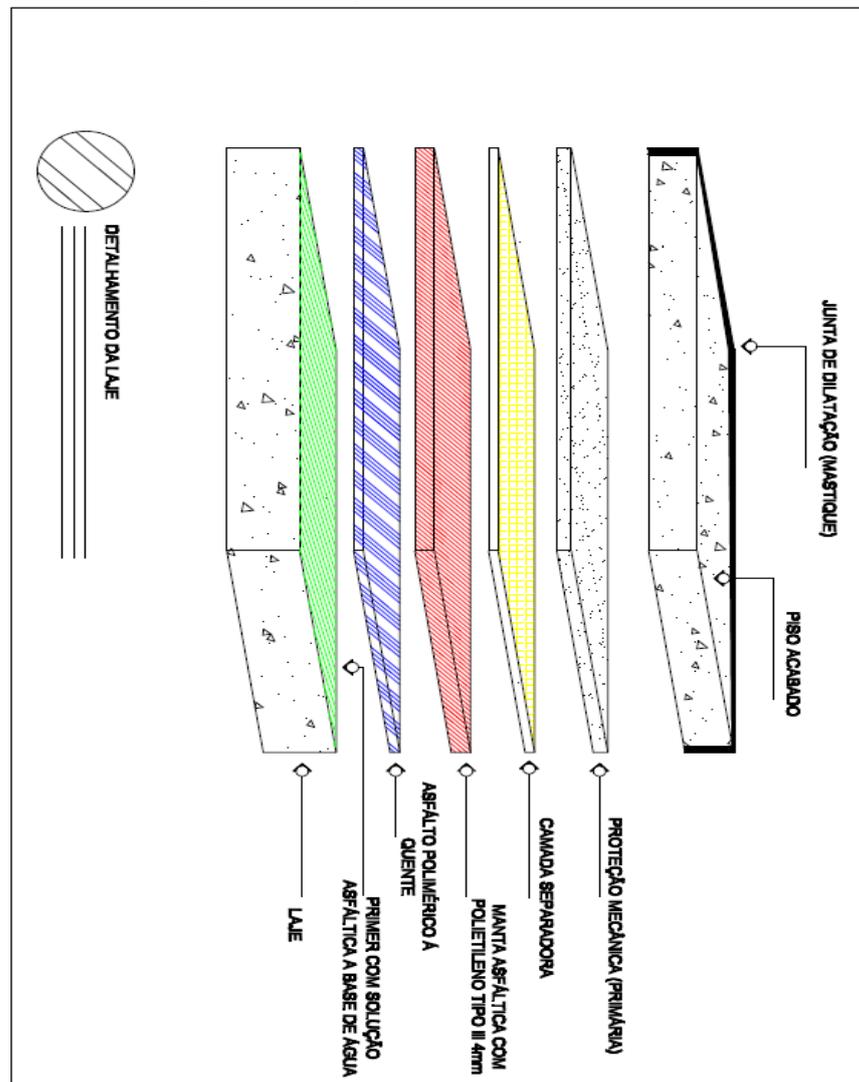
¹⁰⁶ MACCAFERRI. **Geotêxteis – Mac Tex**. Disponível em: <http://www.maccaferri.com/>. Acessado: 29/10/2015.

4.4.2. Desenhos do projeto

Neste tópic, encontram-se os desenhos do projeto de impermeabilização, tais como planta baixa da área a impermeabilizar com as devidas legendas, também serão mostrados os desenhos com detalhamento de calhas, rodapés e ralos. A planta baixa da laje a ser impermeabilizada está demonstrada no ANEXO 1, onde toda a área em vermelho representa onde vai ser aplicado o sistema de impermeabilização da manta asfáltica a quente.

Para melhor entendimento, a figura 22 mostra todos os detalhes de impermeabilização feita na laje.

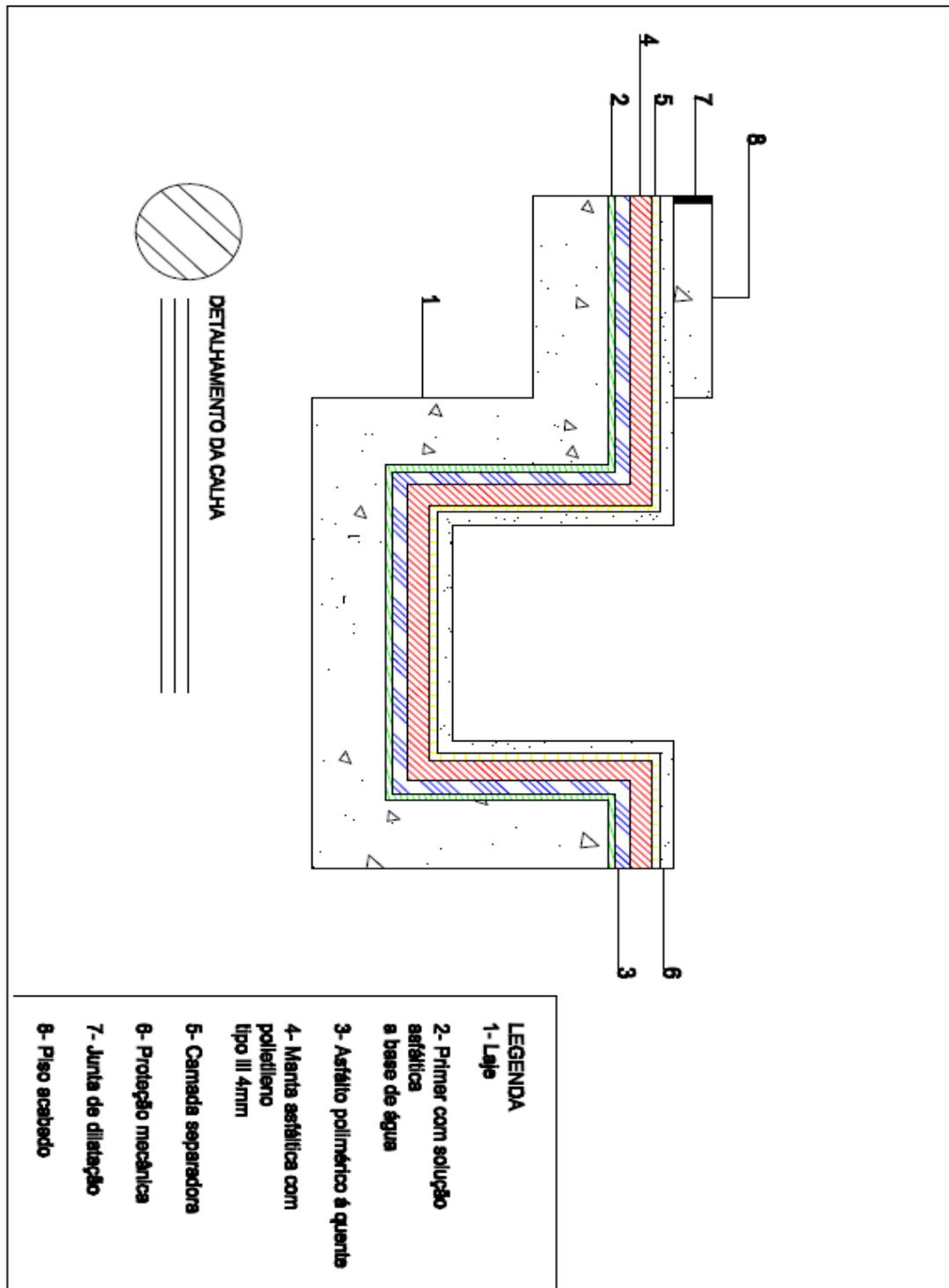
Figura 22: Corte da laje para mostrar detalhes que a mesma vai receber, de acordo com o sistema de impermeabilização do estudo de caso.



Fonte: Autoria própria.

A figura 23 apresenta todas as camadas e impermeabilização que foram utilizados nas calhas.

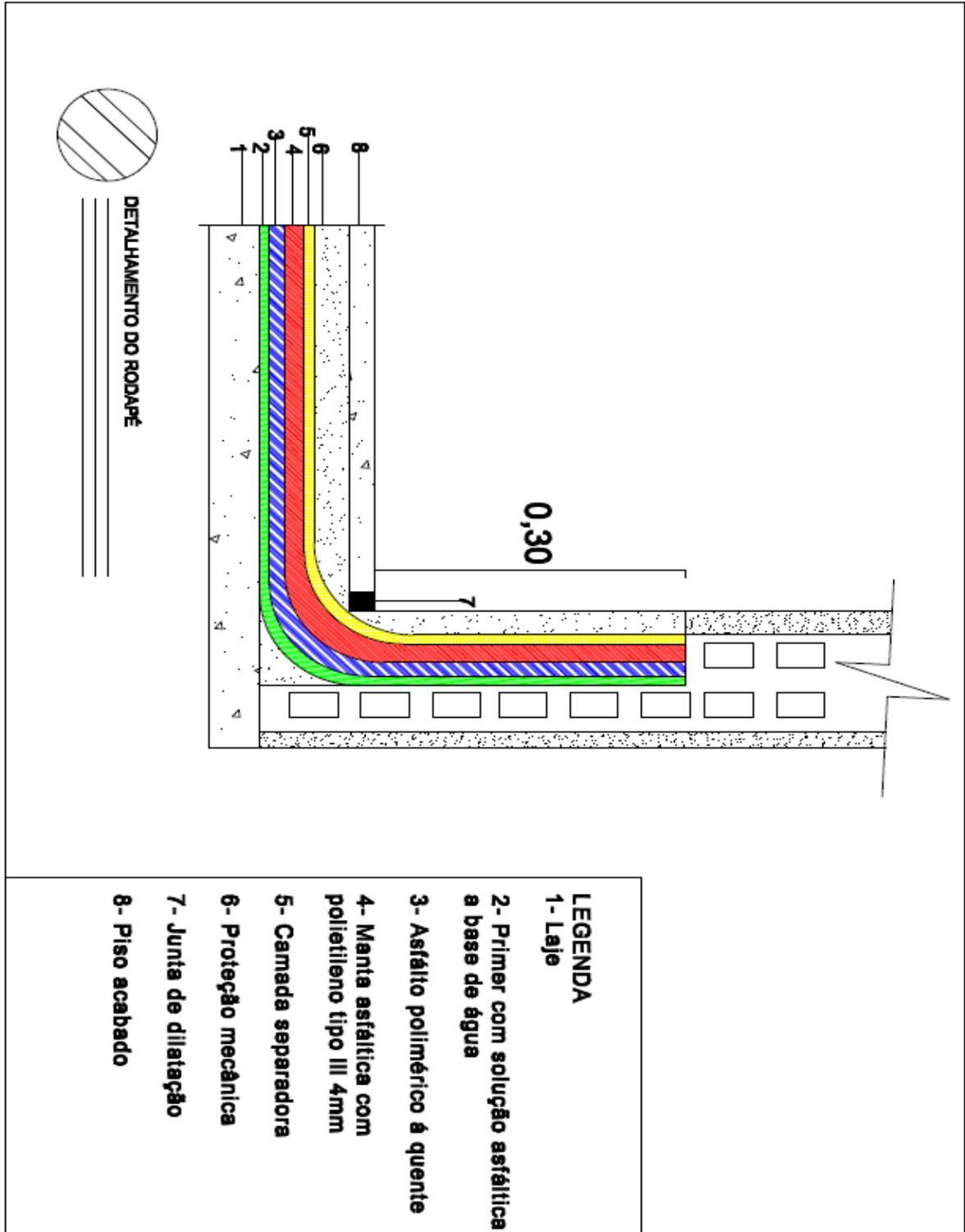
Figura 23: Processo de impermeabilização empregado nas calhas, de acordo com o sistema de impermeabilização.



Fonte: Autoria própria.

Todos os aspectos importantes que deve ser feito nos rodapés, foram representados na figura 24.

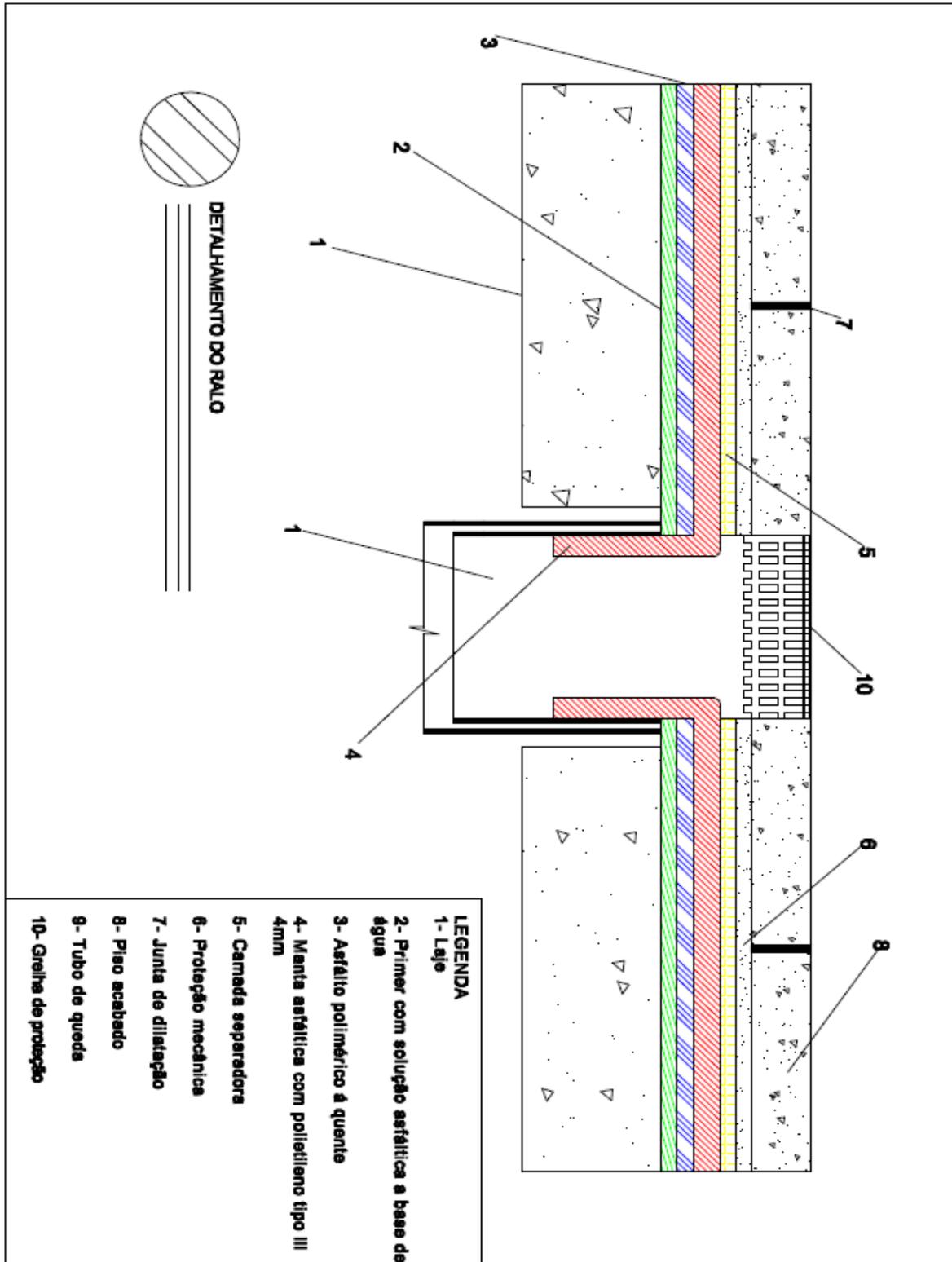
Figura 24: Detalhes dos rodapés de acordo com o projeto.



Fonte: Autoria própria.

Para procedimentos que deverão ser feitos para os ralos, a figura 25 mostra todas as etapas necessárias para este local.

Figura 25: Etapas para a impermeabilização dos ralos.



Fonte: Autoria própria.

4.4.3. Descrição dos procedimentos para execução

Devido aos cuidados para a etapa de impermeabilização, a empresa responsável pela obra optou pela escolha da IMPERMAX para executar esse serviço, e a realização desses procedimentos serão descritos a seguir por etapas de acordo com as informações do projeto mostrado nesse capítulo.

Primeira etapa: Como procedimento padrão, foi feito a limpeza da laje para preparar a superfície para receber os primeiros procedimentos. Não foi necessário fazer a camada de regularização para inclinação da superfície para os pontos de escoamento de água, pois a laje foi construída com essa preocupação, sendo assim, foi necessário somente fazer os arremates de toda a impermeabilização em todo o contorno da área, neste caso 30 cm acima do nível do piso acabado e arredondamento dos cantos (meia cana). Os serviços foram executados com argamassa como traço 1:3, como mostra á figura 26.

Figura 26: Arremate da superfície com arredondamento dos rodapés e regularização em toda área a ser impermeabilizada com 30 cm acima da laje.



Fonte: Autoria própria

Segunda etapa: Após as etapas de regularização, foi aplicada sobre superfície seca uma demão de Denvermanta primer, para proporcionar melhor aderência entre a manta e o substrato, assim como demonstra a figura 28.

Figura 27: Aplicação de uma demão de primer no substrato para dar mais aderência para manta.



Fonte: Autoria própria.

Terceira etapa: Como procedimento imprescindível, foi feito o arremate ao redor dos ralos, com rebaixo de 1 cm de profundidade ocupando uma área de 40 x 40 cm. Neste rebaixo foi acomodado um reforço e com auxílio da trincha, uma demão de asfalto polimérico a quente derretido na caldeira e em seguida a manta asfáltica foi aderida por cima dessa camada. A figura 28 mostra o resultado final dos ralos depois de todos os procedimentos citados nessa etapa.

Figura 28: Arremate final dos ralos.



Fonte: Autoria própria.

Quarta etapa: Antes de aplicar a manta asfáltica é necessário alinhá-las, sendo necessário desenrolar as bobinas para fazer esse alinhamento e depois enrolá-las. Para melhor compreensão, a figura 29 apresenta como tal procedimento é realizado.

Figura 29: Mantas asfálticas desenroladas para fazer o alinhamento das mesmas.



Fonte: Autoria própria.

Quinta etapa: Para fixação da manta asfáltica na superfície, utilizou-se do sistema de asfalto polimérico, onde o material é derretido em uma caldeira a uma temperatura de 250°C, e com auxílio de um recipiente, transportá-lo para o local onde será aplicado a impermeabilização, como mostra a figura 30.

Figura 30: Asfalto polimérico derretido na caldeira.



Fonte: Autoria própria.

Sexta etapa: Ao serem instaladas as mantas asfáltica tipo III de 4 mm, elas devem obedecer a uma medida de transpasse de 10 cm no mínimo, para garantir que não ocorram infiltrações nas emendas. A sua aplicação é feita assim que o asfalto polimérico é derretido, tal procedimento deve ser executado com no mínimo dois funcionários, e com ajuda de uma trincha o asfalto é aplicado na superfície e a manta é desenrolada por cima dessa camada, para que esta fique perfeitamente aderida ao substrato. Estes procedimentos citados nessa etapa são apresentados na figura 31.

Figura 31: Aplicação da manta asfáltica tipo III com espessura de 4 mm derretida com asfalto polimérico à quente.



Fonte: Autoria própria

Vale ressaltar que, após a bobina ser totalmente aplicada na superfície, é colocada essa camada de asfalto por cima das emendas para reforçar a impermeabilização. Para os arremates nos cantos, ralos e calhas utiliza-se o mesmo processo.

Sétima etapa: Concluída a instalação das mantas, deve-se realizar um teste de estanqueidade para poder identificar possíveis vazamentos para assim fazer a correção. Antes de iniciar esse procedimento é necessário bloquear os pontos de escoamento de água para dar início à verificação. De acordo com NBR 9574 o teste de estanqueidade é feito da seguinte forma: “recomenda-se ser efetuada uma prova de carga com lâmina d’água, com duração mínima de 72 (setenta e duas) horas

para verificação da aplicação do sistema empregado”¹⁰⁷. Os procedimentos adotados podem ser visualizados na figura 32.

Figura 32: Teste de estanqueidade para identificar possíveis vazamentos na impermeabilização.



Fonte: Autoria própria

Oitava etapa: Após o término do teste de estanqueidade, inicia-se a aplicação da camada separada de geotêxtil não tecido, que tem como objetivo evitar que os esforços existentes da utilização da laje e os esforços de dilatação e contração da argamassa de proteção mecânica, atuem diretamente sobre a impermeabilização, aumentando assim a vida útil da impermeabilização. Na figura 33 é possível ver como a camada é colocada sobre a manta.

¹⁰⁷ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9574 – Execução de impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2010, p.13.

Figura 33: Camada de separação colocada sobre a manta asfáltica.



Fonte: Autoria própria.

Nona etapa: Quando finalizado a aplicação da camada separadora, é feito a proteção mecânica sobre a mesma. Esse método, também conhecido como camada primária, é com argamassa de traço de 1:5, de modo que fique preparado para receber o piso com acabamento final. Essa proteção é mostrada na figura 35.

Figura 34: Proteção mecânica primária finalizada.



Fonte: Autoria própria.

Décima etapa: Com toda proteção mecânica primária concluída, resta fazer o acabamento final do piso. Tal acabamento será feito em forma de placas, possuindo juntas de dilatação entre as mesmas. Posteriormente essas juntas serão preenchidas por masticque, tal produto além de possuir características de proteção contra movimentações térmicas, também possui em sua composição substâncias capazes de impermeabilizar. Tal processo é visto na figura 36, onde mostra o piso acabado com juntas de dilatação prontas para ser preenchidas pelo masticque.

Figura 35: Piso acabado pronto para receber masticque em suas juntas de dilatação.



Fonte: Autoria própria.

5.0. CONCLUSÃO

A pesquisa mostrou fatores responsáveis para o problema de umidade nas construções e como evitá-los. Para evitá-los foi comprovado que é necessário a realização de impermeabilização. No entanto, há resistência dos profissionais em realizar o serviço de impermeabilização com planejamento, alegando maior tempo para execução e maior custo. Porém, foi evidenciado que este menor custo, ao não se realizar a impermeabilização, pode se tornar muito maior caso tenha que ser realizado após conclusão da obra, além do incômodo do serviço de reparação aos usuários. Portanto, esse tipo de serviço deve ser realizado com maior frequência na execução da obra.

Deve-se ter atenção quanto ao tipo de impermeabilização e a execução das mesmas, pois os problemas podem ocorrer por falha de execução ou pela escolha do tipo de impermeabilização indevida para o local desejado. O trabalho demonstrou a aplicabilidade, vantagens e desvantagens de cada tipo de impermeabilização.

Para apresentar situação na prática, foi realizado um estudo de caso que abordou uma situação decorrente no canteiro de obra. Na obra em questão, foi previsto impermeabilização em sua laje de estacionamento, no entanto havia a dúvida de qual o tipo mais adequado para executar no local. Com isso foi contratada uma empresa especialista no assunto, a qual nos apoiou nesta pesquisa.

Quatro tipos de impermeabilização foram analisados qualitativamente e economicamente. Foi visto que a Membrana de Poliuréia é a melhor qualitativamente, porém a de maior custo. Para a obra em questão, tal tipo de impermeabilização estaria super especificada, dado que o estacionamento não estaria exposto a agentes agressivos. Portanto, optou-se pela Manta Asfáltica tipo III (CAQ), pois, além de atender todas as necessidades da obra, apresentou menor custo para execução. .

Portanto, o processo de impermeabilização deve ser planejado e realizado em toda obra na etapa inicial de execução. Além disto, deve-se analisar qual o tipo ideal de impermeabilização, avaliando fatores técnicos e econômicos, para assim utilizar o que apresenta melhor custo-benefício.

6.0. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABATTE, V. **Ralo é ponto vulnerável a infiltrações**. 71 n. São Paulo: Técnica, 2003.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção do projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2014.

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

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed., v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CASA D' ÁGUA. **Impermeabilização com Fabertec membrana acrílica elástica**. Disponível em: www.casadagua.com/cases/impermeabilizacao-com-fabertec-membrana-acrilica-elastica/. Acessado: 30/10/2015.

CICHINELLI, G. **A evolução das membranas moldadas in loco**. 87. ed., São Paulo: Técnica, 2004.

CICHINELLI, Gisele. **Passo a passo; Aplicação de membrana de poliuréia**. 80 ed, 2015. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/80/passo-a-passo-aplicacao-de-membrana-de-poliureia-338560-1.aspx>. Acessado: 15/11/2015.

CIMINO, R. **Revestimento de reservatórios de água com manta armada de PVC**. 62. ed., São Paulo: Técnica, 2002 .

DENVER – **Manual técnico**. 10. ed., São Paulo, 2010, p. 77.

EQUIPE DE OBRA. **Como Impermeabilizar**. 44. ed., São Paulo: Pini, 2012.

FERREIRA Romário . **Como Impermeabilizar**. 44. ed., revista Equipe de obra, São Paulo: Pini, 2012.

HUSSEIN, J. S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em residências na cidade de Campo Mourão** – PR. 2013 Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Programa de Graduação da COECI da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão/PR, 2013, p.38.

JUNQUEIRA, Gabriel. **Poliuréia- Tecnologia e economia**. Disponível em: <http://impermite.com.br/poliureia-a-tecnologia-mais-avancada-na-sua-obra/>. Acessado: 15/11/2015.

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

LONZETTI, F. B. **Impermeabilizações em Subsolos de Edificações Residenciais e Comerciais**. 2010. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LOTURCO, B. **Poliuretanos, poliuréias e mantas adesivas**. 102. ed., São Paulo: Técnica, 2006.

LWART- **Manual técnico**. São Paulo, 2009.

MELLO, L.S.L. **Impermeabilização – Materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

NAKAMURA, J. Rígida estanque. **Revista Técnica: revista de tecnologia e negócios da construção**. ano 14, nº 115, São Paulo.

OLIVEIRA, Sisleine. **Problemas de umidade nas paredes**. Disponível em: sisleinearquitetura.com/2012/11/19/problemas-de-umidade-nasparedes. Acessado: 19/09/2015.

PEREIRA, G.R. **Emendas entre mantas asfálticas, Conceito Revolucionário**. Revista Impermeabilizar, São Paulo, Palanca, n.81, p.192-196, mai. 1995.

PICCHI, Flávio Augusto. **Impermeabilização de Coberturas**. 1. ed; São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilizações , 1986.

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

PIRONDO, Z. **Manual prática de impermeabilização e de isolamento térmica**. São Paulo, Pini, 1988.

QUERUZ, Francisco. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2007.

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

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed., São Paulo: Pini, 1986.

ROCHA, Aline. **Grupo que estuda melhorias na prática de revestimento em argamassa é reativado**. 2012. Disponível em: piniweb.pini.com.br/construcao/carreira-exercicio-profissional-entidades/grupo-que-

estuda-melhorias-na-pratica-de-revestimento-em-argamassa-272836-1.asp.
Acessado: 27/10/2015.

ROCHA, Ana Paula. **Estanqueidade moldada**. Disponível em:
<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/177/artigo286880-2.aspx>. Acessado:
11/11/2015.

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

SABINO, Rafaela. **Patologias causadas por infiltração**. 2014. Disponível em:
blogdopetcivil.com/2014/12/page/2. Acessado: 03/10/2015.

SERGIO, Paulo. **Patologias na construção civil**. Disponível em:
profpauloscf.blogspot.com.br/2012/06/patologias-na-construcao-civil.html. Acessado:
27/10/2015.

SIKA – Impermeabilização – **Soluções para vedação de infiltrações usando o sistema de injeção sika**. São Paulo, 2015.

SILVA, D.O.; OLIVEIRA, P.S.F. **Impermeabilização com mantas de PVC**. 111. ed., São Paulo: Téchné, 2006.

SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Programa de graduação da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2014, p.17.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008, Dissertação (Especialista em Construção Civil). Monografia apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

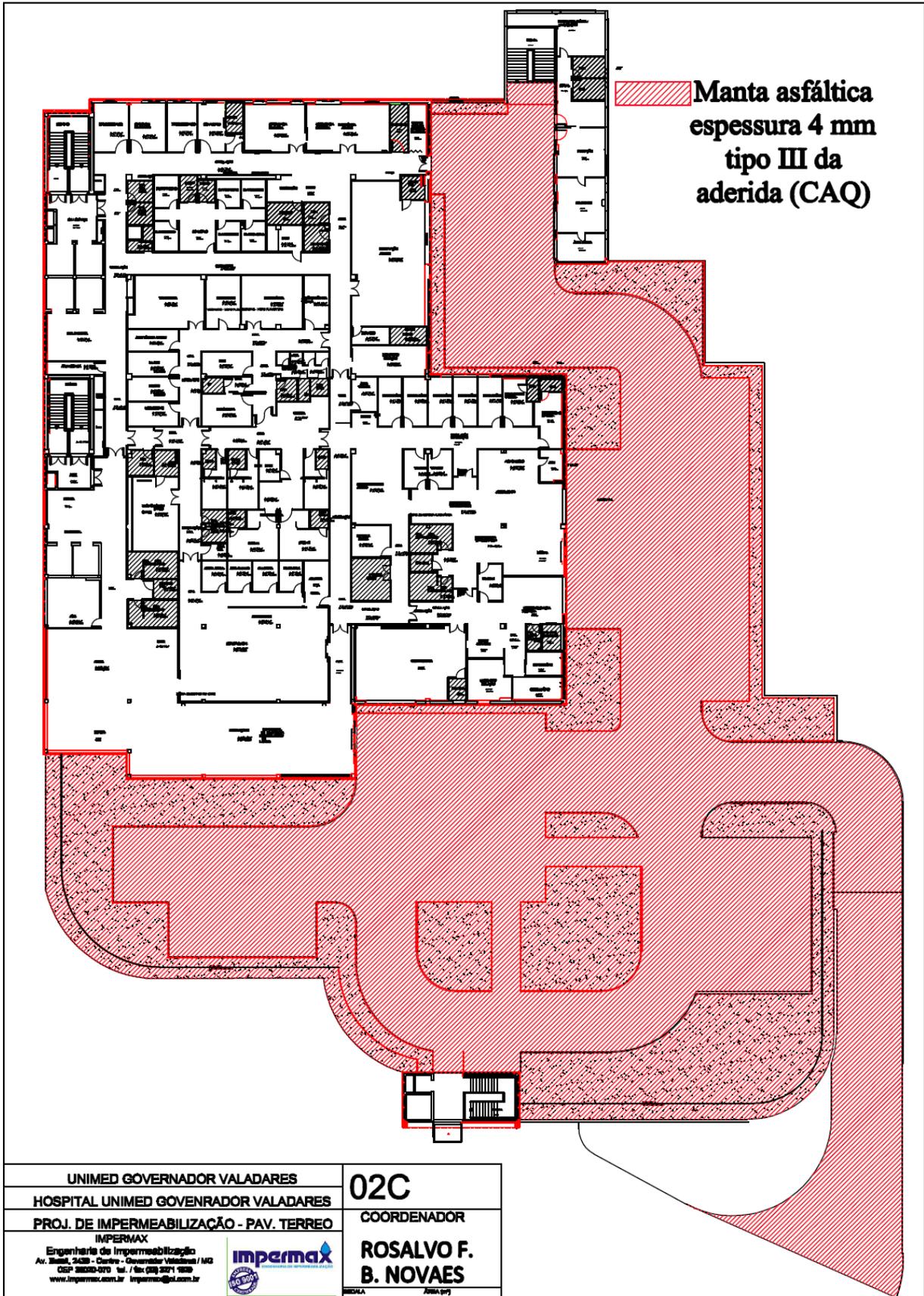
TÉCHNE. **Impermeabilização com mantas de PVC**. Disponível em:
techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/impermeabilizacao-com-mantas-de-pvc-veja-a-execucao-de-285757-1.aspx. Acessado: 11/11/2015.

THOMAZ E. **Trincas em Edifícios**. São Paulo, Editora Pini, 1996.

VEDACIT- **Manual técnico impermeabilização de estruturas**. 6. ed., São Paulo, 2010.

YAZIGI, W. **A Técnica de edificar**. Revisada e atualizada. 10. ed. São Paulo: Pini, SIDUSCON-SP, 2009.

ANEXO 1- PLANTA BAIXA DA LAJE IMPERMEABILIZADA NO ESTUDO

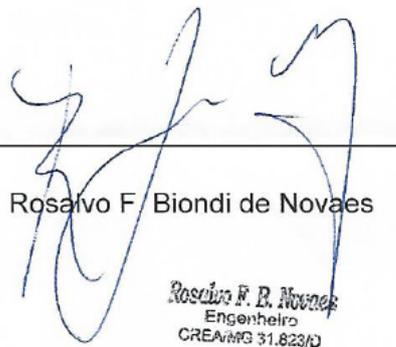


ANEXO 2- AUTORIZAÇÃO DO ENGENHEIRO E PROPRIETÁRIO DA EMPRESA IMPERMAX DAS INFORMAÇÕES MENCIONADAS NESTA PESQUISA

AUTORIZAÇÃO PARA INFORMAÇÕES NO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Eu Rosalvo F. Biondi de Novaes, Engenheiro e Proprietário da Empresa Impermax, autorizo por meio deste a utilização de projeto, fotografias, e informações apresentadas para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso II, realizado pelos alunos: Leonardo Sabino Campos e Tales Alencar Soares, do 10º período discente do curso de Engenharia Civil, das faculdades DOCTUM, do Instituto Tecnológico de Caratinga, declaro que todas as informações descritas são verdadeiras e autorizo a utilização destas.

GOVERNADOR VALADARES, 16 DE NOVEMBRO DE 2015.



Rosalvo F. Biondi de Novaes

Rosalvo F. B. Novaes
Engenheiro
CREA/MG 31.823/O