

Universidade Federal do Rio de Janeiro

PATOLOGIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES: ASPÉCTOS
TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Rafael Madeira Estevam Barbosa

2018



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

PATOLOGIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES: ASPÉCTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Rafael Madeira Estevam Barbosa

Projeto de Graduação apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Escola
Politécnica, Universidade Federal do Rio
de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de
Engenheiro.

Orientador:

Jorge dos Santos

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

PATOLOGIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES: ASPÉCTOS
TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Rafael Madeira Estevam Barbosa

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

Prof. Jorge dos Santos, D.Sc.

Prof. Ana Catarina Jorge Evangelista, D.Sc.

Prof. Isabeth Mello, M.Sc.

Prof. Wilson Wanderley da Silva.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

FEVEREIRO de 2018

Barbosa, Rafael Madeira Estevam

Patologia da impermeabilização em edificações:
aspectos técnicos e metodológicos / Rafael Madeira Estevam
Barbosa. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

xv, 106 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jorge dos Santos

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/
Curso de Engenharia Civil, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 96-106.

1. Impermeabilização. 2. Patologia. 3. Métodos. 4.
Tratamento.

I. Santos, Jorge dos. II. Universidade Federal do Rio
de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil.

III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, à minha família, aos meus amigos e a todos os professores que me guiaram até este momento.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

PATOLOGIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES: ASPÉCTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Rafael Madeira Estevam Barbosa

Fevereiro/2018

Orientador: Jorge dos Santos

Curso: Engenharia Civil

Os sistemas de impermeabilização são fundamentais para a durabilidade da edificação, haja vista que a água é um agente de degradação de diversos materiais de construção. É de grande importância se conhecer os principais materiais e métodos de impermeabilização com o objetivo de se prevenir possíveis problemas futuros. Pois, sabe-se que o custo para a correção é maior do que o custo aplicado no caso de prevenção, além dos métodos corretivos, de maneira geral, possuírem algumas limitações. No entanto, os problemas em sistemas de impermeabilização estão entre as principais causas de necessidade de manutenção corretiva nas edificações. Assim, se faz presente a necessidade de se conhecer os métodos de tratamento para os problemas mais recorrentes nestes sistemas para emprega-los adequadamente com o objetivo de interromper o processo de degradação da edificação pela ação da água.

Palavras-chave: Impermeabilização, Patologia, Métodos, Tratamento.

ÍNDICE

1.	Introdução.....	1
1.1.	A importância do tema.....	1
1.2.	Objetivos.....	1
1.3.	Justificativa.....	1
1.4.	Metodologia.....	2
1.5.	Estrutura da monografia.....	2
2.	Impermeabilização: Contextualização.....	3
2.1.	Conceituação.....	3
2.2.	Histórico.....	3
2.3.	Importância da impermeabilização.....	6
2.4.	Aplicações.....	7
3.	Impermeabilização de edificações.....	9
3.1.	Umidade em edificações.....	9
3.1.1.	Umidade Ascensional.....	11
3.1.2.	Umidade de Construção.....	12
3.1.3.	Umidade de Infiltração.....	13
3.1.4.	Umidade de Condensação.....	15
3.1.5.	Umidade Acidental.....	16
3.2.	Partes da edificação que requerem impermeabilização.....	16
3.3.	Classificação dos tipos de impermeabilização.....	17

3.3.1. Quanto à flexibilidade da estrutura.....	17
3.3.2. Quanto à aderência ao substrato	18
3.3.3. Quanto aos materiais utilizados na impermeabilização.....	19
3.3.4. Outras classificações.....	19
3.4. Sistemas rígidos para impermeabilização de edificações.....	20
3.4.1. Cristalizantes.....	20
3.4.2. Argamassa impermeável.....	22
3.4.3. Argamassa e cimento poliméricos	24
3.4.4. Membrana epoxídica	26
3.5. Sistemas flexíveis para a impermeabilização de edificações.....	28
3.5.1. Membranas asfálticas aplicadas a frio	28
3.5.2. Mantas asfálticas.....	33
3.5.3. Membrana de poliuretano	36
3.5.4. Membrana acrílica	38
3.5.5. Manta de policloreto de vinila (PVC).....	40
3.6. Detalhes construtivos importantes	43
3.6.1. Ralos	43
3.6.2. Rodapés.....	45
3.6.3. Soleiras	47
3.6.4. Pingadeiras.....	48
3.6.5. Tubos passantes	49
3.6.6. Juntas de dilatação	51

3.6.7. Chumbamentos	51
3.6.8. Ancoragens	52
4. Manifestações patológicas em impermeabilização: contextualização.....	54
4.1. Conceituação.....	54
4.2. Causas e consequências problemas em sistemas de impermeabilização .	54
4.2.1. Goteiras e manchas	56
4.2.2. Bolor e mofo	57
4.2.3. Ferrugem.....	58
4.2.4. Eflorescências	58
4.2.5. Criptoflorescências	59
4.2.6. Fissuras	60
4.3. Custos de correção de problemas de impermeabilização	61
5. Tratamento corretivo de impermeabilização	65
5.1. Contextualização.....	65
5.2. Tratamentos para a umidade em paredes e esquadrias	67
5.2.1. Ascensão de águas nas paredes.....	67
5.2.2. Infiltração devido a incidência direta de água	83
5.3. Tratamento para umidade em lajes	85
5.3.1. Infiltração devido à ausência de impermeabilização	85
5.3.2. Infiltração por perfuração ou fissuração da camada de impermeabilização.....	85

5.3.3. Infiltração por descolamento ou ausência das juntas de sobreposição	89
5.3.4. Infiltração devido às anomalias em pontos singulares	91
6. Conclusão	95
7. Referências bibliográficas	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicação de impermeabilizante geossintético	7
Figura 2 - Tecido impermeabilizado.....	8
Figura 3 - Aparelho celular impermeabilizado	8
Figura 4 - Água exercendo pressão negativa sobre o impermeabilizante.....	10
Figura 5 - Água exercendo pressão positiva sobre o impermeabilizante	10
Figura 6 - Água ascendendo por capilaridade em uma parede de alvenaria.....	11
Figura 7 - Umidade no interior do concreto	13
Figura 8 - Água infiltrando pela lateral de uma parede de alvenaria.....	14
Figura 9 - Efeito do vento contribuindo para que a chuva incida na fachada.....	14
Figura 10 - Vapor de água sofrendo condensação no teto de uma residência....	15
Figura 11 - Manta flexível	17
Figura 12 - Membrana rígida	18
Figura 13 - Etapas de cristalização	20
Figura 14 - Efeito do hidrofugante na gota de água	22
Figura 15 - Aplicação do véu de poliéster	29
Figura 16 - Aplicação de demão sobre o estruturante	30
Figura 17 - Camadas de uma membrana asfáltica	30
Figura 18 - Membrana asfáltica aplicada a quente	32
Figura 19 - Tipos de mantas asfálticas	34
Figura 20 - Detalhe de sobreposição de manta	35
Figura 21 - Camadas de uma manta asfáltica	36
Figura 22 - Camadas do sistema de emulsão acrílica	39

Figura 23 - Utilização de tela de poliéster como material estruturante com corte do tipo pizza	44
Figura 24 - Aplicação de manta em corte margarida seguido de corte em pizza.	44
Figura 25 - Detalhes de ralo com aplicação de manta	45
Figura 26 - Esquema de impermeabilização junto ao rodapé.....	46
Figura 27 - Esquema de impermeabilização em rodapé com sistema rígido.....	47
Figura 28 - Esquema de impermeabilização em soleira com penetração maior do que 50 cm	48
Figura 29 - Detalhe de impermeabilização em pingadeira	49
Figura 30 - Detalhe de impermeabilização junto a tubos passantes em sistemas rígidos	50
Figura 31 - Detalhe de arremate de impermeabilização em tubos passantes.....	50
Figura 32 - Detalhe de impermeabilização em junta de dilatação.....	51
Figura 33 - Detalhe de impermeabilização em chumbamento	52
Figura 34 - Detalhe de ancoragem da impermeabilização com rebaixo.....	53
Figura 35 - Detalhe de ancoragem da impermeabilização com tela metálica	53
Figura 36 - Origens das patologias em impermeabilização.....	54
Figura 37 - Principais patologias em edificações no Rio de Janeiro	55
Figura 38 - Manchas decorrentes de umidade em laje.	57
Figura 39 - Mancha de bolor em laje	57
Figura 40 - Ferrugem em armadura de viga	58
Figura 41 - Eflorescência devido à umidade.....	59
Figura 42 - Criptoflorescência em parede de alvenaria	59
Figura 43 - Tipos de movimentações nos materiais	60

Figura 44 - Fissuras em base de alvenarias.....	61
Figura 45 - Valores dos custos de construção em percentagem	61
Figura 46 - Gráfico do custo relativo ao longo do tempo.....	62
Figura 47 - Tendência dos custos de prevenção e manutenção	62
Figura 48 - Percentagens das vendas preventiva e corretiva para impermeabilização.....	63
Figura 49 - Motivos para reforma em edificações ao longo do tempo	63
Figura 50 - Comparativo entre as vendas do mercado de impermeabilização e a realidade dos problemas	64
Figura 51 - Áreas das edificações atingidas por umidade	65
Figura 52 - Elementos atingidos pela umidade.....	66
Figura 53 - Condições de paredes que favorecem a ascensão capilar	68
Figura 54 - Vala periférica sem enchimento.....	69
Figura 55 - Vala periférica com enchimento	70
Figura 56 - Vala com enchimento com filtro.....	70
Figura 57 - Vala com enchimento com cimento hidrófugo e emulsão betuminosa	71
Figura 58 - Introdução de material impermeável na alvenaria	72
Figura 59 - Linha de sucessivas perfurações	73
Figura 60 - Séries de furos na aplicação do Método de Massari	73
Figura 61 - Introdução forçada de chapa metálica.....	74
Figura 62 - Furos na parede para a introdução de produtos	75
Figura 63 - Introdução por difusão	75
Figura 64 - Introdução por injeção	76
Figura 65 - Injeção a partir da fileira mais baixa de furos.....	77

Figura 66 - Redução da seção absorvente.....	77
Figura 67 - Método de funcionamento dos drenos	78
Figura 68 - Eletro-osmose passiva.....	79
Figura 69 -Eletro-osmose semi-passiva.....	80
Figura 70 - Eletro-osmose ativa.....	80
Figura 71 - Eletro-osmose forese.....	81
Figura 72 - Remoção do reboco.....	81
Figura 73 - Revestimento com porosidade e porometria controlada.....	82
Figura 74 - Execução de nova parede no interior	83
Figura 75 - Água infiltrando na junta do peitoril com a esquadria.....	84
Figura 76 - Perfuração de manta.....	86
Figura 77 - Fissuração de manta betuminosa	86
Figura 78 - Nova camada de impermeabilização aplicada sobre o sistema deteriorado	87
Figura 79 - Reparo local de impermeabilização – vista superior	88
Figura 80 - Injeção de impermeabilizante em laje.....	89
Figura 81 - Juntas de sobreposição descoladas.....	89
Figura 82 - Ação do vento sobre as juntas de sobreposição	90
Figura 83 - Reparo local de junta de sobreposição – vista superior	91
Figura 84 - Exemplo de anomalia em impermeabilização causada por erro de projeto.....	92
Figura 85 - Reparo local em ralo – vista superior	93
Figura 86 - Impermeabilização equivocada em soleira de porta	94

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEI – Associação das Empresas de Impermeabilização do Estado do Rio de Janeiro

AIW - Australian Institute of Waterproofing

APP – Polipropileno Atático

CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo

EPDM – Etileno Propileno Dieno

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização

PEAD - Polietileno de alta densidade

PMMA – Polimetil Metacrilato

PVC – Policloreto de Vinila

SBS – Estireno Butadieno Estireno

TPO - Termoplástico de poliolefina

1. INTRODUÇÃO

1.1. A importância do tema

A água é um dos principais agentes de degradação da maior parte dos materiais de construção. Nesse sentido, os sistemas de impermeabilização são fundamentais para garantir que a edificação tenha sua vida útil atendida. No entanto, muitas vezes, a impermeabilização não é tratada com a importância que deveria, gerando problemas em sua execução ou até mesmo a ausência de impermeabilização em locais que deveriam ser impermeabilizados, criando, assim, potenciais causas de futuros problemas para a construção. Dessa forma, a patologia da impermeabilização na construção de edificações mostra-se uma área de estudo fundamental na para a Engenharia Civil.

1.2. Objetivos

Os objetivos deste texto são: conhecer os principais problemas em sistemas de impermeabilização, as suas causas, consequências e os métodos de correção para extinguir as manifestações patológicas.

1.3. Justificativa

Os problemas com a umidade são comuns em edificações novas e antigas, e podem trazer elevados prejuízos às construtoras, aos proprietários e aos usuários. Dessa maneira, o conhecimento acerca das falhas que podem ocorrer em sistemas de impermeabilizações é importante em primeira instância para a prevenção, pois, conhecer os mecanismos causadores de manifestações patológicas, bem como as suas consequências, pode auxiliar na prevenção de problemas. Em último caso, quando a falha está presente no sistema, se faz necessário o conhecimento acerca dos métodos de reparo para que o tratamento adequado seja realizado e para que os danos à edificação não sejam progressivos.

1.4. Metodologia

A metodologia empregada para atender aos objetivos deste texto consistiu na pesquisa em diversos textos técnicos que abordam o tema impermeabilização, como manuais de fabricantes, normas, dissertações e artigos.

1.5. Estrutura da monografia

No capítulo 2, a impermeabilização é contextualizada através de um histórico acerca de impermeabilização no geral, sua importância e aplicações. O capítulo 3, aborda a impermeabilização nas edificações, trazendo um histórico da aplicação de impermeabilização em edificações, as formas de atuação da umidade na construção, apresenta alguns dos principais materiais utilizados em impermeabilização, suas técnicas, vantagens e desvantagens e, por fim, aborda alguns detalhes construtivos importantes no processo de impermeabilização. No capítulo 4, são contextualizadas as manifestações patológicas em sistemas de impermeabilização, suas causas, consequências e custos de reparo. O capítulo 5 aborda as regiões da edificação que mais apresentam problemas de umidade e os tratamentos corretivos para alguns dos principais problemas em sistemas de impermeabilização. O capítulo 6 encerra este trabalho apresentando as conclusões extraídas e sugestões para trabalhos futuros e o capítulo 7 as referências utilizadas.

2. IMPERMEABILIZAÇÃO: CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1. Conceituação

Impermeabilizar, de maneira geral, consiste em tornar uma superfície estanque, impedindo que a água ou qualquer outro fluido passe através desta. No caso da construção civil, em particular, a norma NBR 9575 – 2010 que trata de Impermeabilização – Seleção e projeto define impermeabilização como o conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade.

CUNHA e CUNHA (1997) definem a impermeabilização como o ato ou efeito de colmatar, selar e vedar materiais porosos e as falhas de materiais que podem ser oriundas de movimentos estruturais ou por deficiências em técnicas de execução ou de preparo. Segundo o IBI (2017) a impermeabilização “uma técnica que consiste na aplicação de produtos específicos com o objetivo de proteger as diversas áreas de um imóvel contra ação de águas que podem ser de chuva, de lavagem, de banhos ou de outras origens”. Dessa forma, o ato de impermeabilizar está atrelado a proteção dos materiais contra a ação deteriorante da água, sendo aplicado sobre este um outro material, o impermeabilizante, com objetivo de formar uma barreira contra a umidade.

2.2. Histórico

A busca por proteção contra a ação da água está presente ao longo da história da humanidade. São inúmeros os exemplos de aplicações de técnicas com o objetivo de construir superfícies impermeáveis desde os primórdios da sociedade.

Segundo a Associação de Empresas de Impermeabilização do Estado do Rio de Janeiro (AEI, 2017) a primeira referência sobre processo de impermeabilização da história foi descrita na Bíblia, em Gênesis 6:14, onde um versículo demonstra orientações a respeito da impermeabilização da Arca de Noé com betume: “Faze para ti uma arca de madeira resinosa: farás compartimentos e a revestirás de betume por dentro e por fora”.

Um outro exemplo emblemático de aplicação de sistemas de impermeabilização no passado, segundo o Australian Institute of Waterproofing (AIW, 2017), é a Pirâmide de Gizé, construída pelos antigos egípcios por volta de 3600aC. Mesmo com as cheias anuais do rio Nilo o seu interior estava em excelentes condições quando foi explorada

pela primeira vez, fato explicado pela descoberta da utilização de material betuminoso nos blocos de fundação de calcário.

No contexto da história do Brasil, a AEI ensina que as caravelas de Pedro Álvares Cabral eram impermeabilizadas com estopa, breu, pez, resina e alcatrão constituindo o processo de calafetagem realizado por profissionais denominados calafetes.

A história mostra e os exemplos anteriores ilustram que na antiguidade os materiais betuminosos eram a base para se obter superfícies impermeáveis. Contudo, a partir do século XX, o acelerado desenvolvimento da indústria de polímeros sintéticos permitiu a produção dos mais diversificados materiais com diferentes propriedades e possibilidades de aplicação, expandindo de maneira considerável a quantidade de sistemas de impermeabilização.

O desenvolvimento da sociedade, dessa forma, é, de certa maneira, associado aos processos de impermeabilização. Desde as expansões geradas pelas grandes cruzadas até os avanços gerados pelas grandes construções a impermeabilização está presente. Este desenvolvimento foi permeado pelo aperfeiçoamento e criação das mais diversas técnicas, culminando no que há disponível no mercado nos dias atuais. No entanto, mesmo com o avanço das tecnologias e com o acúmulo de experiências nas técnicas, a impermeabilização ainda é um desafio para a engenharia.

A primeira utilização de material betuminoso em coberturas de forma semelhante a que se pratica atualmente deu-se em 1790 na Suécia, em tábuas revestidas com papel e impermeabilizadas com alcatrão. Por volta de 1845, começaram a ser utilizados nos EUA feltros impregnados de alcatrão para coberturas (PICCHI, 1986).

Segundo RESENDE (1987, apud MORAES, 2002), a utilização de impermeabilizantes na era moderna está relacionada às primeiras construções de concreto armado no início do século XX, os novos conceitos arquitetônicos estabeleceram estruturas mais esbeltas trabalhando mais à flexão, isso fez com que surgisse a necessidade de novas técnicas de impermeabilização para que o material utilizado fosse capaz de absorver movimentações estruturais. Nesse contexto, por volta de 1930, foram desenvolvidas as primeiras emulsões asfálticas para impermeabilização, utilizadas até o dia de hoje (MORAES, 2002).

Dentro dessa moderna perspectiva arquitetônica ocorreu um intenso progresso em termos de materiais para impermeabilização com o desenvolvimento de elastômeros, assim, a partir de 1932 a empresa Du Pont passou a fabricar o Neoprene enquanto que em 1940 o Polisopreno foi desenvolvido pela Standard Oil of New Jersey. Tais materiais

possuem desempenho mais compatível com os movimentos das estruturas já mencionados anteriormente (RESENDE, 1987, apud MORAES, 2002).

Sabe-se que até os anos 60 os sistemas de impermeabilização eram feitos in loco, no entanto, devido aos altos custos da mão de obra, foram desenvolvidos sistemas pré-fabricados em monocamada e, em seguida, surgiram outros sistemas como as mantas butílicas, as mantas de PVC e as mantas asfálticas (MORAES, 2002).

No Brasil, os serviços de impermeabilização são feitos desde a época da colônia, nas construções dos fortes pelos portugueses. MORAES (2002) utiliza de exemplo para estas construções o Forte de São Marcelo em Salvador e o Forte dos Reis Magos em Natal. Estas construções datam do século XVI e foram edificadas em contato com o mar. A técnica utilizada era o emprego de óleo de baleia misturado com cal e areia, formando uma argamassa de grande durabilidade e baixa permeabilidade (ARANTES, 2007).

POZZOLI (1991, apud MORAES, 2002) ensina que a partir do século XIX, no Brasil, foram aplicadas impermeabilizações metálicas confeccionadas com chapas de cobre, o emprego desta técnica durou até as primeiras décadas do século XX. Os teatros municipais do Rio de Janeiro e de São Paulo são exemplos de aplicação das chapas metálicas. Nesse contexto, mesmo autor afirma que no fim do século XIX surgem as primeiras impermeabilizações com alcatrão, piche e asfaltos, feitas por especialistas vindos da Europa.

Na década de 50, começou a utilização no país das emulsões asfálticas, mantas butílicas, resinas epoxídicas e mantas de PVC. Somente na década de 60 foram empregados elastômeros em sistemas de impermeabilização, com o uso do neoprene e do hypalon em solução (POZZOLI, 1991, apud MORAES, 2002).

Segundo o IBI, a década de 60 foi importante também pois com os estudos para a implantação do metrô em São Paulo surgiu a necessidade de criação de normas para serviços de impermeabilização, até então inexistentes no Brasil. Dessa forma, um grupo de estudos liderado por Kurt Baungart passou a trabalhar junto com a ABNT em um trabalho de oito anos que deu origem as normas atuais. Somente em 1975 foi criado o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), entidade com papel fundamental na difusão das normas ABNT e na normalização da impermeabilização

2.3. Importância da impermeabilização

A importância da impermeabilização está associada à possibilidade de controlar líquidos, gases e vapores que, se estiverem livres em um ambiente, podem ser prejudiciais a determinados materiais, atividades, animais, seres humanos e ao meio ambiente. A água, por exemplo, elemento fundamental para a existência humana, é também um agente destrutivo para determinados tipos de materiais e em muitos casos, de presença indesejável.

No contexto da construção civil, segundo ARANTES (2007), são três os aspectos que traduzem importância da impermeabilização:

a) Durabilidade da edificação

A água é um agente de deterioração direta de muitos elementos construtivos tais como o aço, as tintas, as argamassas e outros, além de ser veículo de outras substâncias que são deletérias para as construções como ácidos, bases e sais. Dessa forma, impedir que a água penetre na edificação faz com que seja ampliada a sua vida útil.

b) Conforto e saúde do usuário

É crescente a preocupação dos projetistas das mais diversas áreas da engenharia com o conforto e a saúde do usuário. Nesse sentido, no setor da construção civil, no que tange às edificações, umidades nas paredes, goteiras, bolhas nas pinturas, infiltrações próximas aos ralos e outros problemas relacionados à impermeabilização são ocorrências que devem ser evitadas por questões de saúde, seja pelo mofo ou pelo risco de deslocamento de algum material, e por questões de conforto, pois as consequências das patologias descritas provocam desconforto visual além da possibilidade do incômodo da inutilização de cômodos.

c) Proteção ao meio ambiente

As fontes de recursos hídricos estão cada vez mais escassas e os ecossistemas florestais sendo expansivamente afetados pelas cidades ao redor, se faz necessário o progressivo desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias para que estes sejam preservados, nesse contexto, “a proteção ao meio ambiente é o conceito mais recente que foi incorporado às impermeabilizações, mas cujo alcance é profundo e deverá se acentuar

cada vez mais” (ARANTES, 2007). Pois, os efluentes líquidos possuem grande parte da parcela na poluição de lençóis freáticos, mananciais além de outros ecossistemas.

Segundo RIGHI (2009) a impermeabilização é uma das principais etapas da construção, sendo necessário ser empregado nos diversos elementos das edificações sujeitos a intempéries um eficiente sistema de impermeabilização com o objetivo de proteger a construção de inúmeros problemas patológicos que poderão surgir com a infiltração da água associada a presença de outros elementos agressivos aos materiais. Assim, a vida útil da construção possui dependência direta de uma impermeabilização eficiente.

2.4. Aplicações

São inúmeras as aplicações dos mais diversificados materiais impermeabilizantes e técnicas para tornar sistemas estanques. Alguns exemplos destas utilizações encontram-se em:

a) Obras de engenharia em geral tal como em aterros sanitários (Figura 1) com a instalação de geossintéticos com o objetivo de impermeabilizar a superfície em contato com o solo para que o chorume não percole e contamine solo e lençol freático. Esse é um tipo de aplicação que tem como objetivo a preservação do meio ambiente.



Figura 1 - Aplicação de impermeabilizante geossintético. Fonte: PEDRONI (2015)

b) Tecidos (Figura 2), visando o aumento da vida útil do tecido do objeto impermeabilizado e o conforto do usuário, técnicas e produtos impermeabilizantes podem ser aplicados em uma série de tecidos de uma grande variedade de itens como sofás, ternos, colchões e outros.



Figura 2 - Tecido impermeabilizado. Fonte: MAXI CLEAN (2017)

c) Produtos eletrônicos, contribuindo para a proteção do equipamento, tais como os telefones celulares (Figura 3), devido aos recorrentes casos de perda total por imersão em água ou defeitos por excesso de umidade.



Figura 3 - Aparelho celular impermeabilizado. Fonte: FENLON (2012)

3. IMPERMEABILIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

3.1. Umidade em edificações

A água é um dos principais agentes de degradação das edificações, atua de maneira direta, deteriorando uma variedade de materiais presentes na construção ou indireta, sendo responsável por transportar outros agentes degradantes que podem ser mais destrutíveis do que a própria água, conforme a explicação de NAPPI (2002):

- a) “a água em forma líquida ou de vapor está intimamente envolvida em todas as reações químicas que podem causar degradação, como será visto adiante”;
- b) “a água em forma líquida tem uma importante função ao levar um componente químico em direção ao outro, realizando, deste modo, um contato físico entre os dois elementos, sem o qual a reação química entre eles não poderia acontecer”.

Sendo a substância, desse modo, um dos maiores causadores de patologias no contexto da construção civil, seja no estado líquido ou de vapor.

A norma NBR 9575 – 2010 classifica os mecanismos de atuação da água sobre as superfícies:

- a) água de condensação: “água proveniente da condensação de água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo, sob determinadas condições de temperatura e pressão.
- b) água de percolação: água que atua sobre superfícies, não exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a)”.
- c) água sob pressão negativa: “água, confinada ou não, que exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a), de forma inversa à impermeabilização”. A Figura 4 mostra a pressão da água atuando no lado externo da estrutura enquanto que o impermeabilizante encontra-se no interior, configurando uma pressão negativa da água.

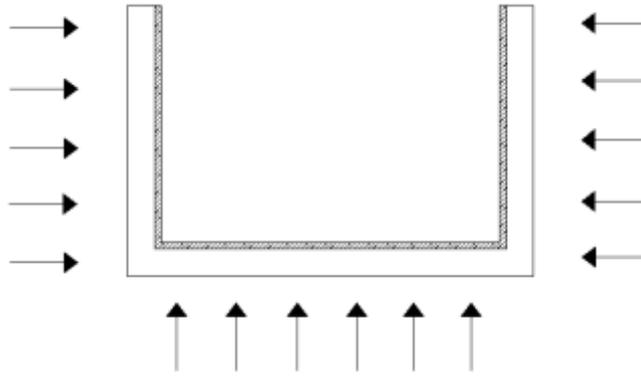


Figura 4 - Água exercendo pressão negativa sobre o impermeabilizante. Fonte: OLIVEIRA (2015)

d) água sob pressão positiva: “água, confinada ou não, que exerce pressão hidrostática superior a 1 kPa (0,1 m.c.a), de forma direta à impermeabilização”. A água atua do diretamente na superfície da impermeabilização (Figura 5), pressionando-a contra o substrato.

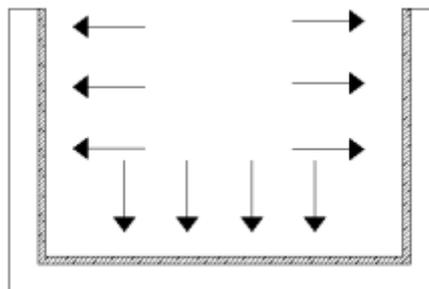


Figura 5 - Água exercendo pressão positiva sobre o impermeabilizante. Fonte: OLIVEIRA (2015)

e) umidade do solo: “água absorvida pelo substrato, proveniente do solo, por capilaridade”.

Sob essa perspectiva, segundo RODRIGUES (2014), são estas as formas de atuação da água nas edificações:

- i. Umidade ascensional
- ii. Umidade de construção
- iii. Umidade de infiltração

iv. Umidade de condensação

v. Umidade acidental

3.1.1. Umidade Ascensional

Segundo MAGALHÃES (2008) a umidade do terreno, ou umidade ascensional, pode ter como origem o lençol freático no terreno ou a água contida no próprio terreno devido a fenômenos sazonais. Dessa forma, o mesmo define a umidade ascendente como o fluxo vertical de água que consegue ascender do solo por capilaridade para uma estrutura permeável. A Figura 6 ilustra o fluxo vertical de água ascendendo por capilaridade em uma parede. Para GEWEHR (2004, apud RODRIGUES 2014) a maioria dos materiais de construção possuem elevada capilaridade pela qual a água pode subir.

Com isso, a ascensão da água pode ocorrer até alturas significativas as quais são função das condições de evaporação no ambiente, da porosidade do material, da permeabilidade do material e da quantidade de água que está em contato com as paredes (MAGALHÃES, 2008).

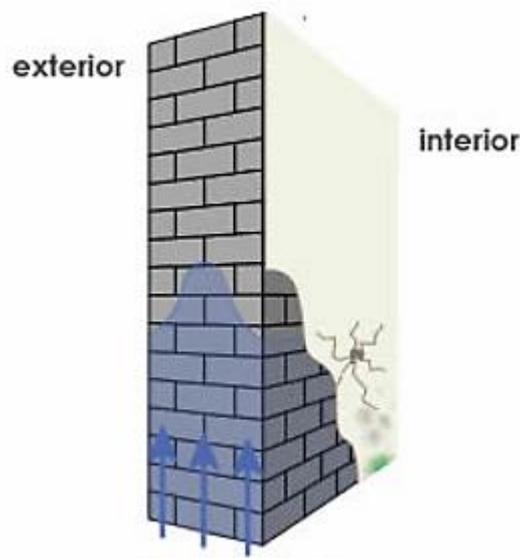


Figura 6 - Água ascendendo por capilaridade em uma parede de alvenaria. Fonte: HOME-DRY (2015)

NAPPI (2002) acrescenta que a ascensão da água nas paredes é inversamente proporcional aos diâmetros dos condutos capilares, ou seja, quanto menor é o diâmetro maior é a altura atingida pela água.

Contudo, pode-se afirmar que a ascensão da água na parede ocorre até que a quantidade de água evaporada nas paredes seja igual a quantidade de água absorvida do solo (NAPPI, 2002).

Outro aspecto importante é a tendência de a altura da umidade capilar aumentar com o tempo, pois o fluxo de água no interior da estrutura carrega elementos, como sais, que podem abrir outros poros dando origem a novos condutos capilares (FEILDEN, 2003 apud QUERUZ, 2007).

3.1.2. Umidade de Construção

“Esta terminologia é utilizada para caracterizar a umidade que ficou interna aos materiais, por ocasião, em geral, de sua execução, e que acaba por se exteriorizar em decorrência do equilíbrio que se estabelece entre material e ambiente” (QUERUZ, 2007). Ou seja, é a quantidade de água presente na edificação após a conclusão das atividades de obra.

Assim, segundo SCHÖNARDIE (2009) diversos aspectos da umidade na construção devem ser observados e afirma que “é normal que a água de assentamento de pisos manche as paredes durante uns seis meses após a aplicação; é normal que o capeamento de parques com resinas sintéticas impermeáveis retenha a água das argamassas por muitos meses, podendo levar até o apodrecimento, descolamento e, mais comumente, ao fissuramento do verniz”.

Ainda neste sentido, FUSCO (2008, apud CASTRO E MARTINS, 2014) exemplifica o caso do concreto ao explicar que após o endurecimento do concreto, parte da água utilizada evapora ficando uma rede capilar com os poros menores saturados de água e os maiores contendo ar e vapor do seu interior e uma película de água absorvida ao longo de suas paredes (Figura 7).

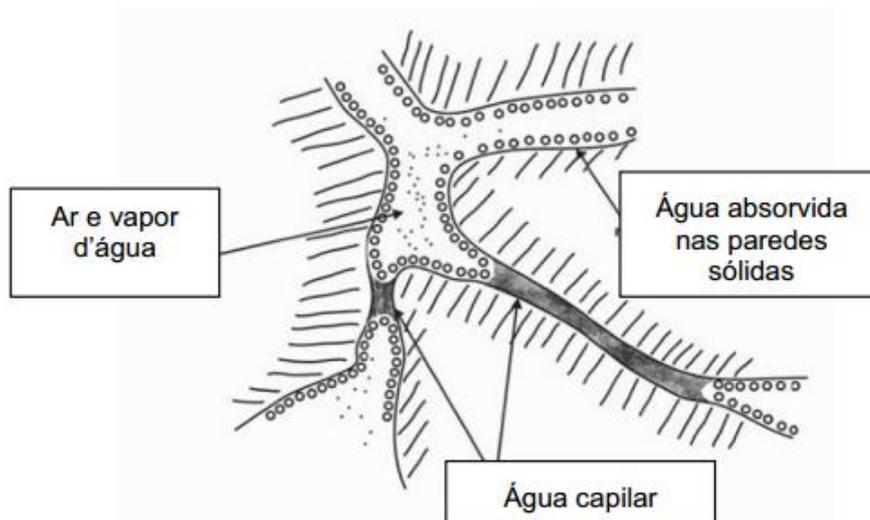


Figura 7 - Umidade no interior do concreto. Fonte: FUSCO (2008, apud CASTRO E MARTINS, 2014)

Este tipo de umidade pode gerar anomalias localizadas ou generalizadas, gerando manchas de umidade até expansão e destacamento de materiais. No entanto, segundo NAPPI (2002), as anomalias atreladas a este tipo de umidade cessam em um período relativamente curto de tempo, dependendo do tipo de edifício no que diz respeito a sua utilização e do clima onde a edificação está localizada.

3.1.3. Umidade de Infiltração

A umidade de precipitação, também conhecida por umidade por infiltração, está relacionada principalmente com a água de chuva que penetra na edificação através das fachadas (PEREZ, 1995 apud RODRIGUES, 2014). Segundo RIGHI (2009) é a umidade que passa da área externa para a interna (Figura 8) por pequenas trincas, pela capacidade de certos materiais de absorverem a umidade do ar e até por falhas de elementos construtivos como portas e janelas.

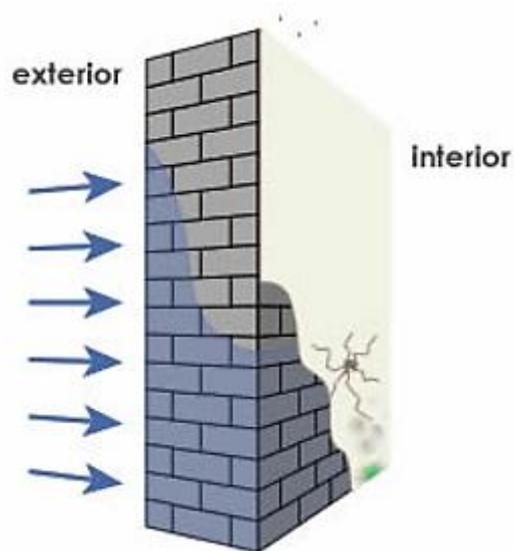


Figura 8 - Água infiltrando pela lateral de uma parede de alvenaria. Fonte: HOME-DRY (2015)

Nesse sentido, PEREZ (1995, apud RODRIGUES 2014) afirma que este tipo de umidade está associado à combinação de dois fatores climáticos, vento e chuva. Pois, sem esta combinação a chuva incidiria nas edificações verticalmente, molhando as fachadas com menor intensidade. A Figura 9 mostra o fato comparando a chuva defletida pelo vento, molhando mais a fachada, enquanto que a chuva vertical molha em menores proporções.

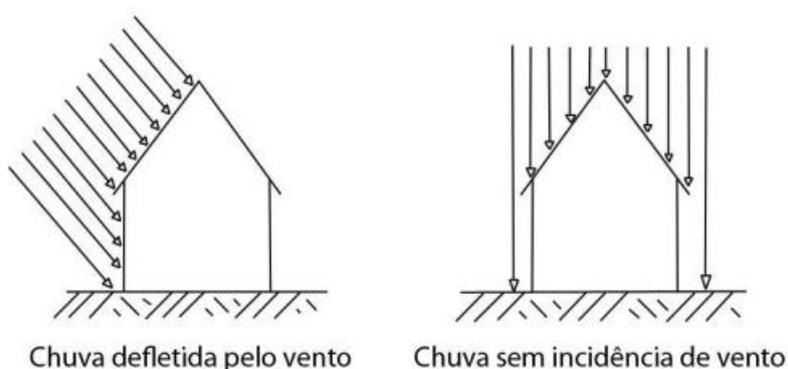


Figura 9 - Efeito do vento contribuindo para que a chuva incida na fachada. Fonte: RODRIGUES (2010)

NAPPI (2002) reforça este fato ao defender que a chuva por si só não caracteriza problemas para a construção, no entanto, quando acompanhadas do vento aparece uma componente horizontal da chuva proporcional a sua intensidade fazendo com que haja a tendência de aumentar a penetração da água nas paredes.

Assim, não se pode afirmar que as patologias por umidade de infiltração ocorrerão em regiões com maior incidência de chuvas, e sim em regiões onde a combinação de chuvas com ventos são mais frequentes e intensas (RODRIGUES, 2010).

3.1.4. Umidade de Condensação

A umidade de condensação ocorre quando o vapor de água entra em contato com uma superfície mais fria, ocorrendo a sua liquefação (Figura 10), em outras palavras, está relacionado ao “aparecimento da umidade condensada nos elementos construtivos consequente da presença de grande umidade do ar e da existência de superfícies que estejam com temperatura abaixo da correspondente ao ponto de orvalho” (QUERUZ, 2007).



Figura 10 - Vapor de água sofrendo condensação no teto de uma residência. Fonte: ABCP (2013)

Sabe-se que este tipo de umidade é mais comum em ambientes fechados com elevada umidade do ar como banheiros, saunas e cozinhas. Além disso, QUERUZ (2007) ensina que diferentes tipos de materiais possuem comportamentos distintos perante a condensação da água, e acrescenta que materiais com maior densidade sofrem mais com a condensação enquanto que materiais menos densos sofrem menos. KLÜPPEL e SANTANA (2006, apud QUERUZ, 2007) afirmam que por se tratar de uma inserção de

água pelo ar a infiltração não atinge grandes profundidades do material, ocorrendo de maneira superficial.

3.1.5. Umidade Acidental

Segundo RIGHI (2009), a umidade acidental, é a umidade gerada por falhas em sistemas hidráulicos como águas pluviais, esgoto e água potável, gerando infiltrações. Podem ocorrer em reservatórios ou em canalizações, e estão associadas diretamente a idade dos elementos e ao ciclo de manutenção preventiva. A probabilidade de ocorrência desse tipo de umidade está atrelada diretamente a ausência de manutenção (OLIVEIRA, 2015).

3.2. Partes da edificação que requerem impermeabilização

DANTE (2006), TORRES (2016) e CUNHA e outro (1997) indicam os ambientes de uma edificação que devem ser impermeabilizados:

- a) Telhados e coberturas planas;
- b) Terraços e áreas descobertas;
- c) Calhas de escoamento das águas pluviais;
- d) Caixas d'água, piscinas e floreiras;
- e) Pisos molhados, como banheiros, áreas de serviços, lavanderias, etc.;
- f) Marquises;
- g) Paredes externas sob efeito de intempéries (chuvas, neve, ventos, etc.);
- h) Junta de dilatação estrutural e lesões em estruturas;
- i) Esquadrias, peitoris de janelas e soleiras de portas externas;
- j) Muros de arrimos;
- k) Subsolos.

3.3. Classificação dos tipos de impermeabilização

3.3.1. Quanto à flexibilidade da estrutura

A impermeabilização com relação a flexibilidade da sua estrutura pode ser classificada em flexível ou inflexível.

A impermeabilização flexível é o “conjunto de matérias ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo” (NBR 9575 - 2010). Ou seja, esse tipo de sistema é capaz de absorver deformações sem apresentar fissuras, rasgamentos e outras falhas. “A elasticidade desses produtos faz com que eles sejam mais indicados para estruturas sujeitas a movimentações, vibrações, insolação e variações térmicas. Portanto, são mais usados em lajes, banheiros, cozinhas, terraços e reservatórios elevados” (FERREIRA, 2012). A Figura 11 apresenta ilustração de uma manta flexível sendo aplicada para a impermeabilização de superfície horizontal.



Figura 11 - Manta flexível. Fonte: FERREIRA (2012)

A impermeabilização rígida é o “conjunto de materiais e produtos que não apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo” (NBR 9575 - 2010). Assim, os sistemas rígidos possuem limite de utilização haja vista a possibilidade de ruptura por movimentação. “Sua aplicação é recomendada em partes mais estáveis da edificação. São locais menos sujeitos ao aparecimento de trincas e fissuras, que poderiam comprometer a impermeabilização. Por isso, sua principal utilização ocorre em fundações, pisos

internos em contato com o solo, contenções e piscinas enterradas” (FERRERIA, 2012). A Figura 12 apresenta ilustração de uma membrana rígida aplicada para a impermeabilização de superfícies vertical e horizontal.



Figura 12 - Membrana rígida. Fonte: FERREIRA (2012)

3.3.2. Quanto à aderência ao substrato

A impermeabilização aderida é o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis às partes construtivas, totalmente aderidos ao substrato” (NBR 9575 - 2010). A principal vantagem deste sistema é a facilidade de identificação de um vazamento decorrente de dano causado após a aplicação ou falha de execução haja vista que a água não percola para longe do local danificado (TORRES, 2016).

Nesse sentido, a impermeabilização parcialmente aderida é o “conjunto de materiais ou produtos aplicáveis às partes construtivas, parcialmente aderidos ao substrato” (NBR 9575 - 2010). Assim, existe uma limitação quanto a movimentação da água por baixo do sistema caso ocorra alguma perfuração (TORRES, 2016).

Por outro lado, a impermeabilização não aderida é o “conjunto de materiais ou produtos aplicáveis as partes construtivas, totalmente não aderidos ao substrato” (NBR 9575 - 2010). Nesse caso, a aderência ao substrato ocorre apenas nos pontos de ralos, tubulações, peças emergentes, nos rodapés e beirais. “A maior vantagem deste sistema é o fato de que a movimentação da estrutura impermeabilizada exerce pouca influência neste sistema impermeabilizante, que por isso é menos exigido quanto à flexibilidade e elasticidade” (TORRES, 2016).

3.3.3. Quanto aos materiais utilizados na impermeabilização

A NBR 9575 – 2010 divide os materiais aplicados em impermeabilizações conforme as suas composições. São três grupos:

a) Cimentícios

Os sistemas impermeabilizantes cimentícios são aqueles cuja camada impermeabilizante são a base de cimento, adicionados a resinas e empregados em forma pastosa adicionados a resinas, quando secos formam uma superfície impermeável sobre o substrato. São exemplos de impermeabilizantes cimentícios a argamassa polimérica e a argamassa com aditivo impermeabilizante.

b) Asfálticos

Os materiais asfálticos possuem como camada impermeabilizante produtos à base de asfalto, podem ser moldados no local ou pré-fabricados tais como a manta asfáltica e a membrana de emulsão asfáltica.

c) Poliméricos

Os sistemas impermeabilizantes poliméricos são aqueles onde a camada impermeabilizante é constituída com base em polímeros na forma de manta ou membrana, tais como a manta de PVC e a membrana acrílica (SOUZA, 1997).

Independente do grupo ao qual o material de impermeabilização pertença, para que a sua aplicação seja feita corretamente, tanto com relação a técnica utilizada quanto ao emprego do material na situação adequada faz-se necessário o conhecimento de suas propriedades, como defende ARANTES (2007) ao afirmar “é necessário conhecer as características mais importantes destes produtos de forma a utilizá-los adequadamente para o fim que se destinam, pois, muitas vezes, os produtos atendem a uma determinada função e não são adequados a outras”.

3.3.4. Outras classificações

Alguns autores ainda classificam quanto ao método de aplicação que pode ser do tipo manta ou membrana, na tipologia dos sistemas de impermeabilização pode ser inclusa ainda a classificação quanto à exposição ao intemperismo, podendo ser resistentes

ao intemperismo, capazes de resistir as intempéries por si só, autoprotégidos, fabricados com uma camada de proteção, e com necessidade de proteção, sistemas que necessitam de execução de proteção mecânica.

3.4. Sistemas rígidos para impermeabilização de edificações

3.4.1. Cristalizantes

3.4.1.1. Aspectos gerais

Os materiais de impermeabilização cristalizantes são compostos químicos de cimentos aditivados, resina e água que possuem a propriedade de penetração por osmose nos capilares da estrutura. São aplicados na região que se deseja impermeabilizar de modo que ao entrar em contato com a água de infiltração o composto sofre cristalização e preenche os poros presentes no concreto, estabelecendo, assim, uma barreira impermeável. (FERREIRA, 2012). As etapas de cristalização estão ilustradas na Figura 13.



Figura 13 - Etapas de cristalização. Fonte: MC-BAUCHEMIE (2013)

Quanto à sua utilização, os sistemas de impermeabilização com cristalizantes são aplicados em “estanqueamentos e tamponamentos em áreas sujeitas a pressão hidrostática negativa, ou seja, aquelas nas quais a barreira de impermeabilização fica do lado oposto ao da pressão da água, como em cortinas, solos, reservatórios, poços de elevador e outras estruturas equivalentes” (VEDACIT, 2016).

3.4.1.2. Preparação do substrato

a) O substrato deve ser de concreto e se encontrar firme, coeso e homogêneo;

- b) O substrato deve estar limpo, isento de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos;
- c) O substrato deve estar saturado, porém deve estar isento de filme ou jorro de água;
- d) Na existência de jorro de água, promover o tamponamento com cimento e aditivo de pega rápida. (NBR 9574 – 2008)

3.4.1.3. Aplicação

- a) Após a preparação do substrato mistura-se os materiais, de acordo com as instruções dos fabricantes, para a obtenção de uma pasta viscosa;
- b) A aplicação é feita com uma broxa ou trincha a partir dos rodapés e em seguida é feita por todo o suporte (SOUZA, 1997).
- c) Recomenda-se que a aplicação seja feita em demãos cruzadas (IBI, 1995e, apud SOUZA, 1997).
- d) Após o período de secagem, geralmente 24 horas após a aplicação, aplicam-se as outras demãos do produto (SOUZA, 1997).

3.4.1.4. Inspeção

Em lajes deve ser feito o teste de estanqueidade fechando as saídas de água e proporcionando uma lâmina de 5cm do ponto mais alto da área impermeabilizada por 72 horas (VEDACIT, 2016).

3.4.1.5. Proteção

Segundo SOUZA (1997), o sistema não exige proteção mecânica, que é a camada destinada a “absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes por sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços” (NBR 9575 – 2010).

3.4.1.6. Vantagens e desvantagens

SOUZA (1997) e DENVER (2015) indicam as vantagens deste sistema:

- a) Pequena espessura;

- b) Não exige proteção mecânica;
- c) Facilidade de aplicação;
- d) Não necessita de rebaixamento do lençol freático, devendo a estrutura estar saturada;
- e) Aplicado diretamente sobre a estrutura, dispensa regularização e argamassa de revestimento.

SOUZA (1997) elenca as seguintes desvantagens:

- a) Camada impermeável rígida;
- b) Necessidade de várias demãos;
- c) Falta de confiabilidade com relação ao desempenho quanto à estanqueidade.

3.4.2. Argamassa impermeável

3.4.2.1. Aspectos gerais

Argamassas de cimento e areia que adquirem propriedades impermeabilizantes com a adição de substâncias que repelem a água (aditivos hidrofugantes), podendo ser líquidos ou em pó (FERREIRA, 2012).

Nesse contexto, o manual técnico da VEDACIT (2016) informa que “os aditivos impermeabilizantes atuam de forma direta nos poros de argamassas e concretos, formando uma fina película que absorve a água e ajuda a tamponar esse poro”. Além disso, apresentam ainda como característica a redução do ângulo de molhagem dos poros dos substratos através da repulsão da gota de água provocada pela substância hidrofugante (VEDACIT, 2010). A Figura 14 mostra a ação do hidrofugante modificando o ângulo de contato entre a água e a superfície.

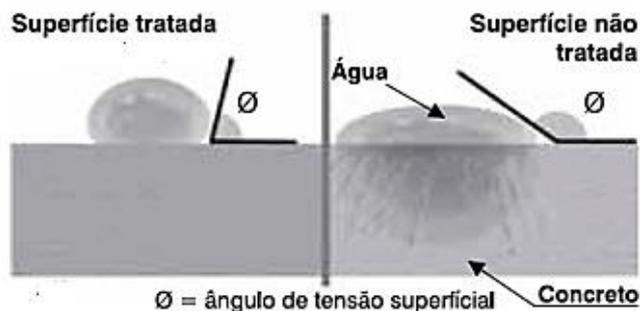


Figura 14 - Efeito do hidrofugante na gota de água. Fonte: VEDACIT (2010)

Tal sistema é indicado para o uso em fundações, cortinas, subsolos, reservatórios enterrados, piscinas enterradas, poços de elevador, revestimentos de argamassas externos, assentamento de alvenaria e outras estruturas equivalentes de baixa movimentação estrutural (VEDACIT, 2016). Contudo, a sua aplicação não pode ocorrer em regiões em contato com o lençol freático, situação que inviabiliza a aplicação da argamassa no substrato.

3.4.2.2. Preparação do substrato

Os procedimentos necessários para o preparo do substrato para a aplicação da argamassa impermeável são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.2.

3.4.2.3. Aplicação

- a) Aplicação da ponte de aderência (pintura primária) constituída por um chapisco de cimento e areia, traço 1:2, servindo de ancoragem para a argamassa impermeável;
- b) Aplicação da camada de 30 mm de espessura da argamassa, em camadas sucessivas de 15 mm, evitando a superposição de juntas de execução. A primeira camada deve ser sarrafeada para ancorar a segunda camada, esta última deve ser aplicada e adensada manualmente para preencher o máximo de vazios, após isso, o seu acabamento é feito com uma desempenadeira.
- c) Caso as duas camadas não sejam executadas no mesmo dia, a primeira camada deve receber chapisco;
- d) Em caso de descontinuidade na execução, a junta deve ser chanfrada e chapiscada;
- e) A cura úmida ocorre em um mínimo de três dias (NBR 9574 – 2008).

3.4.2.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para a inspeção da argamassa impermeável são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.4.

3.4.2.5. Proteção

Os procedimentos necessários para a proteção da argamassa impermeável são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.5.

3.4.2.6. Vantagens e desvantagens

De acordo com Souza (1997) e Torres (2016) o sistema rígido do tipo argamassa impermeável apresenta como vantagens:

- a) Custo inicial reduzido;
- b) Facilidade de execução;
- c) Facilidade de aquisição dos materiais;
- d) Não exige camada de regularização;
- e) Sistema de pequena espessura total;
- f) Pode ser aplicado sobre suporte úmido.

Os mesmos autores elencam as seguintes desvantagens do uso:

- a) Pequena capacidade de absorver deformações;
- b) Necessidade de controle na dosagem;
- c) Influência da mão de obra e dos materiais empregados;
- d) Menor confiabilidade relativa.

3.4.3. Argamassa e cimento poliméricos

3.4.3.1. Aspectos gerais

Sistema industrializado disponíveis na versão bicomponentes, para que a mistura seja feita no momento da utilização. Uma parte formada por agregados minerais inertes e cimento e a outra por polímeros, formando, depois da mistura, um revestimento com propriedades impermeabilizantes. Possui maior aderência ao substrato e maior flexibilidade, apesar de se tratar de um sistema rígido (ARANTES, 2007).

Quanto a sua utilização, pode utilizado na prevenção ou na correção de infiltrações e umidades em fundações, cortinas, paredes, solos, reservatórios, piscinas, poços de elevador, áreas molhadas e molháveis. É aplicado tanto em casos onde a pressão de água é positiva quanto em casos de pressão negativa (VEDACIT, 2016).

Normalmente, os produtos mais rígidos resistem melhor às pressões negativas enquanto que os mais flexíveis resistem com maior eficiência as pressões positivas. Podendo ser utilizados de forma conjugada em situações nas quais há a presença das duas solicitações. Quando o lençol freático está presente, o sistema não pode ser empregado por impossibilidade da aplicação (CICHINELLI, 2012).

3.4.3.2. Preparação do substrato

Os procedimentos necessários para o preparo do substrato para a aplicação da argamassa e cimento poliméricos são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.2.

3.4.3.3. Aplicação

- a) Misturar os componentes conforme a indicação do fabricante;
- b) Aplicar sob o substrato as demãos cruzadas, sendo que o intervalo entre estas demãos deve estar entre 2 h e 6 h. Caso a demão anterior esteja seca, o local deve ser molhado antes da nova aplicação;
- c) Quando for utilizada armadura do tipo tela, esta deve ser posicionada após a primeira demão e recoberta pelas outras demãos;
- d) Em áreas abertas ou com incidência solar, deve-se promover a hidratação da argamassa por 72 h, no mínimo (NBR 9574 – 2008).
- e) O manual técnico da Vedacit (2016) indica que ao redor de ralos, juntas de concretagem, cantos vivos, arestas e meias-canas, deve ser colocada uma tela de poliéster estruturante para impermeabilização.

3.4.3.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para a inspeção da argamassa e cimento poliméricos são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.4.

3.4.3.5. Proteção

Os procedimentos necessários para a proteção da argamassa e cimento poliméricos são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.5.

3.4.3.6. Vantagens e desvantagens

O manual técnico da Denver (2015) faz menção às seguintes vantagens do material:

- a) Excelente aderência ao substrato;
- b) Não requer chapisco, primer, etc.;
- c) Resiste a pressões hidrostáticas positivas ou negativas;
- d) Não é tóxico e não altera a potabilidade de água.

SOUZA (1997) atribui às mesmas desvantagens do sistema com argamassa impermeável:

- a) Pequena capacidade de absorver deformações;
- b) Necessidade de controle na dosagem;
- c) Influência da mão de obra e dos materiais empregados;
- d) Menor confiabilidade relativa.

3.4.4. Membrana epoxídica

3.4.4.1. Aspectos gerais

O emprego das resinas epóxi adquiriu maior importância no cenário da construção civil devido à sua elevada capacidade de aderência, nesse contexto, passou a ser empregada como material de construção, aplicada essencialmente em pisos industriais. (LIMA e outros, 2012).

As resinas são obtidas através da reação da epiclorigrina com o bisfenol. As membranas possuem elevada resistência mecânica, alta aderência ao substrato, excelente resistência química, cura rápida, termofixo, resistente a abrasão causada pelo tráfego veicular e adequadas ao uso na presença de pressão de água positiva ou negativa. Além

dessas características, o sistema de resina epóxi e endurecedor pode ser adequado para ser rígido ou flexível (QUINI e FERRAZ, 2013).

São utilizados para impermeabilização de tanques de produtos químicos, subsolos, pisos frios, floreiras de concreto, pisos industriais e outros.

3.4.4.2. Preparação do substrato

- a) O substrato deve ser de concreto e estar firme, coeso e homogêneo;
- b) O substrato deve estar limpo, isento de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos (NBR 9574 – 2008).

3.4.4.3. Aplicação

- a) Misturar endurecedor e resina seguindo as indicações do fabricante;
- b) Aplicar sobre o substrato com intervalo máximo de 24 h entre as demãos. Caso esse intervalo seja ultrapassado, a superfície deve ser lixada antes da aplicação;
- c) Em caso de utilização de armadura do tipo tela, esta deve ser posicionada após a primeira demão e coberta pelas outras demãos (NBR 9574 – 2008).

3.4.4.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para a inspeção da membrana epoxídica são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.4.

3.4.4.5. Proteção

VIAPOL (2015) recomenda a aplicação de uma camada de argamassa de proteção mecânica e aplicação de membrana de poliuretano contra raios UV quando houver exposição à luz solar.

3.4.4.6. Vantagens e desvantagens

O manual técnico da Denver (2015) indica as seguintes vantagens do sistema:

- a) Ótima capacidade de aderência;
- b) Rápida liberação da área;
- c) Elevada resistência química e alta resistência à abrasão;
- d) Evita o desgaste precoce do piso e a impregnação por óleos, graxas e produtos químicos básicos, melhorando o aspecto visual e de limpeza.

Por outro lado, algumas das suas principais desvantagens são:

- a) Custo elevado se comparado a outros pisos cimentícios;
- b) Exige cuidados de manutenção;
- c) Pode manchar;
- d) Risca com facilidade.

3.5. Sistemas flexíveis para a impermeabilização de edificações

3.5.1. Membranas asfálticas aplicadas a frio

3.5.1.1. Aspectos gerais

São membranas produzidas no local com materiais de base asfáltica e aplicados a frio com estruturante. SOUZA (1997) cita as emulsões e as soluções asfálticas como materiais empregados na camada impermeabilizante.

A emulsão asfáltica é uma dispersão de cimento asfáltico em fase aquosa (CAP, água e emulsificante). Normalmente são utilizadas na forma de emulsão asfáltica aniônica ou catiônica, tais cargas conferem ao material uma maior estabilidade. Tem como característica a baixa flexibilidade, principalmente quando envelhecido, não apresentando resistência à fadiga e elasticidade. A utilização deste material está restrita às áreas com baixa deformação por ação estrutural ou térmica, são usados normalmente em serviços de pouca responsabilidade. São aplicados em sistemas de membrana de emulsão asfáltica com armaduras de véu de fibra de vidro, véu ou tela de poliéster ou nylon (ARANTES, 2007).

A solução asfáltica consiste no resultado da diluição do CAP ou do asfalto oxidado por solventes derivados de petróleo. Resulta em um material menos viscoso, permitindo a aplicação a frio, no entanto, possui menor poder aglutinante (BAUER, 2008). São aplicados na imprimação de substratos que receberão impermeabilizantes de base

asfáltica, além disso, são empregados em pinturas protetoras de superfícies, pinturas impermeabilizantes e outras (ARANTES, 2007).

3.5.1.2. Preparação do substrato

“O substrato deve se encontrar firme, coeso, seco, regular, limpo, isento de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos, com declividade nas áreas horizontais de no mínimo 1 % em direção aos coletores de água. Para calhas e áreas internas é permitido o mínimo de 0,5 %. Cantos devem estar em meia cana e as arestas arredondada” (NBR 9574 – 2008).

3.5.1.3. Aplicação

- a) Aplicar uma demão do produto de imprimação com rolo de lã de carneiro, broxa ou trincha, de forma homogênea, aguardando a sua secagem. Para a pintura primária utiliza-se uma solução de asfalto diluída em solvente ou a emulsão de asfalto diluída em água. Ou seja, pode-se utilizar o mesmo produto da camada impermeabilizante diluído (STAHLBERG, 2010);
- b) Aplicar a primeira demão do impermeabilizante homogeneamente, e estender o estruturante (véu de poliéster) com sobreposição mínima de 10 cm, conforme ilustra a Figura 15.



Figura 15 - Aplicação do véu de poliéster. Fonte: BUSIAN (2013)

- c) Aguardar a secagem e aplicar as demãos subsequentes até atingir o consumo recomendado. Em caso de aplicação de mais de um estruturante, o procedimento deve ser repetido (NBR 9574 – 2008).



Figura 16 - Aplicação de demão sobre o estruturante. Fonte: BUSIAN (2013)

3.5.1.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para a inspeção da membrana asfáltica aplicada a frio são os mesmos descritos para o sistema rígido do tipo cristalizante descritos no item 3.5.1.4.

3.5.1.5. Proteção

“Deve haver proteção quando sujeita à incidência dos raios ultravioleta e proteção mecânica estruturada com tela de fios de arame galvanizado ou plásticos nas áreas verticais. Nas horizontais, a proteção mecânica armada ou não deve ser executada sobre camada separadora e ou drenante, nos locais onde exista possibilidade de agressão mecânica” (NBR 9574 – 2008). A Figura 17 ilustra as camadas de um sistema de membrana asfáltica.

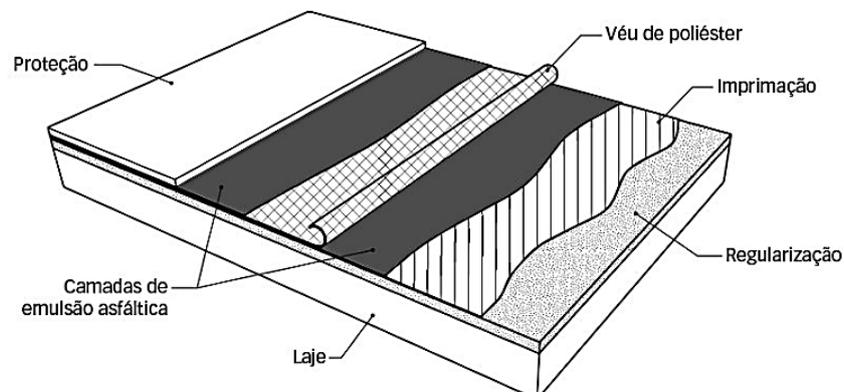


Figura 17 - Camadas de uma membrana asfáltica. Fonte: CONSTRUNORMAS (2017)

3.5.1.6. Vantagens e desvantagens

SOUZA (1997) atribui as seguintes vantagens para o sistema de impermeabilização de membranas asfálticas aplicadas a frio:

- b) Possibilidade de aplicação sobre superfície úmida;
- c) Aplicação a frio;
- d) Grande disponibilidade de produtos no mercado.

O mesmo autor defende as seguintes desvantagens:

- a) Necessidade de várias demãos;
- b) Liberação de gases quando se utiliza asfalto em solução;
- c) Necessidade de regularização e proteção mecânica;
- d) Exige mão de obra especializada.

3.5.2. Membranas asfálticas aplicadas a quente

3.5.2.1. Aspectos gerais

São sistemas de membranas a base de asfaltos aplicadas a quente em conjunto com estruturantes (Figura 18). O asfalto oxidado ou o asfalto modificado são os materiais aplicados na camada impermeabilizante (SOUZA, 1997).

O asfalto oxidado é fabricado a partir de asfalto destilado com a passagem um jato de ar, ainda na torre, à temperatura de 200°C. Em comparação ao CAP (cimento asfáltico de petróleo) comum, o asfalto oxidado é mais sólido e duro (quebradiço), mais resistente às intempéries, menos sensível às variações de temperatura e menos adesivo (BAUER, 2008). Segundo ARANTES (2007) o asfalto oxidado é utilizado em sistemas de feltro e asfalto, mantas asfálticas e adesivos para estas mantas, o seu uso é cada vez menor em impermeabilização.

O asfalto modificado é aquele modificado com polímeros tendo como objetivo incorporar características físico-químicas de maior desempenho ao asfalto. As suas principais características são: melhor resistência às tensões mecânicas, redução da termo-sensibilidade, maior coesão entre partículas, excelente elasticidade/plasticidade, maior plasticidade em baixas temperaturas, sensível melhora da resistência à fadiga e ao envelhecimento. Este pode ter características plásticas, quando incorporados com

polímeros do tipo APP, ou elásticas, quando incorporados com polímeros do tipo SBS. São utilizados em impermeabilização de lajes, inclusive com grandes solicitações, jardineiras, piscinas, tanques e outros (ARANTES, 2007).



Figura 18 - Membrana asfáltica aplicada a quente. Fonte: FERREIRA (2012)

3.5.2.2. Preparação do substrato

Os procedimentos necessários para o preparo do substrato para a aplicação da membrana asfáltica aplicada a quente são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.2.

3.5.2.3. Aplicação

- a) Aplicar uma demão do produto de imprimção com rolo de lã de carneiro, broxa ou trincha, de forma homogênea, aguardando a sua secagem. Para a pintura primária utiliza-se uma solução de asfalto diluída em solvente ou a emulsão de asfalto diluída em água.
- b) Aquecer o asfalto de forma homogênea e em temperatura adequada;
- c) Aplicar uma demão do asfalto utilizando meada de fios de juta e estender o estruturante com sobreposição mínima de 10 cm, aplicando sobre este a quantidade de demãos necessárias para a sua saturação.
- d) Em caso de aplicação de mais de um estruturante, o procedimento deve ser repetido (NBR 9574 – 2008).

3.5.2.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para o preparo a inspeção da membrana asfáltica aplicada a quente são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.4.

3.5.2.5. Proteção

Os procedimentos necessários para a proteção da membrana asfáltica aplicada a quente são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.5.

3.5.2.6. Vantagens e desvantagens

SOUZA (1997) cita as seguintes vantagens:

- a) Maior durabilidade do que as membranas a frio;
- b) Maior disponibilidade de produtos no mercado.

O mesmo autor, por outro lado, elenca as desvantagens associadas:

- a) Necessidade de várias demãos;
- b) Aplicação apenas sobre superfícies secas;
- c) Necessidade de regularização e proteção mecânica;
- d) Liberação de vapores durante a aplicação;
- e) Exige mão de obra especializada.

3.5.2. Mantas asfálticas

3.5.2.1. Aspectos gerais

“Trata-se de um sistema de impermeabilização industrializada por calandragem do asfalto modificado e estruturado com armadura de poliéster ou fibra de vidro. O processo consiste no aquecimento do asfalto por volta de 200 °C armazenado em um tanque no qual é inserido o estruturante que fica impregnado pelo asfalto. Depois, entra em um processo que define a espessura da manta e o posicionamento do estruturante. No final, ocorre o resfriamento, a aplicação do material de acabamento e, por último, o

Embobinamento” (VEDACIT, 2016).

É um dos sistemas mais utilizados e podem ser classificadas segundo o seu desempenho em quatro tipos, I, II, III e IV, cada um com uma indicação de aplicabilidade, conforme a Figura 19.

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

Figura 19 - Tipos de mantas asfálticas. Fonte: FERREIRA (2012)

Esse tipo de impermeabilização pode ainda ser classificado ainda como plastomérico ou elastomérico, o primeiro é obtido com o acréscimo de substâncias que fazem com que o sistema apresente boa resistência mecânica, térmica e química, as substâncias adicionais que compõem o segundo tipo fazem com que a manta seja mais elástica.

3.5.2.2. Preparação do substrato

Os procedimentos necessários para o preparo do substrato para a aplicação da manta asfáltica são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.2.

3.5.2.3. Aplicação

- a) Exceto para o caso de mantas não aderidas, aplicar uma demão do produto de imprimação com rolo de lã de carneiro, broxa ou trincha, de forma homogênea, aguardando a sua secagem. Normalmente, utiliza-se o primer fornecido pelo fabricante;
- b) Desenrolar as bobinas, alinhando-as e rebobinando-as novamente sobre o substrato;
- c) A norma informa que a aplicação pode ser feita quatro modos distintos: Aplicada com chama de maçarico a GLP, aplicada com asfalto a quente, aplicada com adesivos e auto-

adesivas. Para cada uma delas, a norma indica o procedimento de arremate na aplicação, de forma que as sobreposições sejam unidas de maneira segura;

d) As sobreposições devem ser no mínimo de 10 cm. O manual da VEDACIT (2010) indica que tais sobreposições devem ser feitas formando uma “escada” descendente no sentido do fluxo de água (NBR 9574 – 2008).

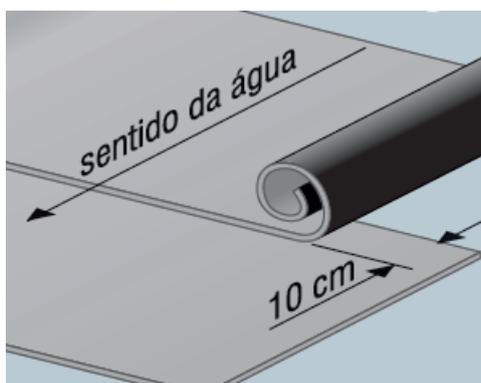


Figura 20 - Detalhe de sobreposição de manta. Fonte: VEDACIT (2010)

3.5.2.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para o preparo a inspeção da manta asfáltica são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.4.

3.5.2.5. Proteção

Os procedimentos necessários para a proteção da manta asfáltica são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.5. A Figura 21 ilustra as camadas de um sistema de manta asfáltica.

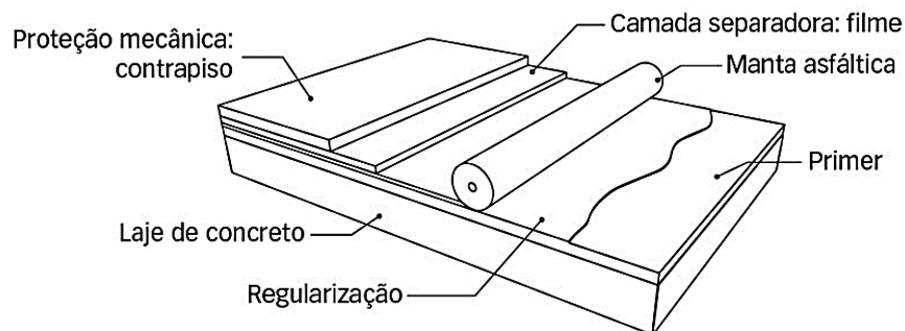


Figura 21 - Camadas de uma manta asfáltica. Fonte: CONSTRUNORMAS (2017)

3.5.2.6. Vantagens e desvantagens

Quanto as suas vantagens, SOUZA (1997) ordena da seguinte forma:

- a) Maior produtividade;
- b) Maior facilidade de controle.

Da mesma forma, SOUZA (1997) explicita as desvantagens:

- a) Dificuldades de execução em ambientes de formato complexo;
- b) Aplicação apenas sobre superfícies secas;
- c) Necessidade de regularização e proteção mecânica;
- d) Exige mão de obra especializada.

3.5.3. Membrana de poliuretano

3.5.3.1. Aspectos gerais

Em geral, são compostos bicomponentes formados pela reação de um componente composto contendo polioli e outro componente formado por isocianatos (QUINI e FERRAZ, 2015). “Formam membranas flexíveis que apresentam grande estabilidade química, elasticidade, resistência a temperaturas elevadas e aderência a diversas superfícies” (CICHINELLI, 2014).

Pela flexibilidade característica, são sistemas indicados para estruturas sujeitas a movimentações, vibrações, insolação e dilatações e contrações decorrentes de variações térmicas (CICHINELLI, 2014). FERREIRA (2012) acrescenta que o sistema de

membrana de poliuretano pode ser utilizado em lajes e áreas molháveis, tanques de efluentes industriais e esgotos e reservatórios de água potável.

3.5.3.2. Preparação do substrato

Os procedimentos necessários para o preparo do substrato para a aplicação da membrana de poliuretano são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.2.

3.5.3.3. Aplicação

- a) Misturar os componentes homogeneamente, em caso de mistura bicomponentes;
- b) Caso necessário, aplicar sobre o substrato uma demão de imprimação e aguardar a secagem;
- c) Aplicar as demãos espalhando o produto sobre toda a superfície, dedicando atenção especial aos cantos e com o consumo de acordo com a sugestão do fabricante;
- d) Em caso de utilização de estruturante, este deve ser posicionado após a primeira demão e recoberto com as demais demãos (NBR 9574 – 2008);
- e) É importante nunca cruzar as pinceladas afim de evitar que a pintura fique marcada (CICHINELLI, 2014).

3.5.3.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para o preparo a inspeção da membrana de poliuretano são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.4.

3.5.3.5. Proteção

STAHLBERG (2010) informa que dependendo do local de aplicação não se faz necessária a proteção mecânica que pode ser feita através de uma camada de argamassa de contrapiso.

3.5.3.6. Vantagens e desvantagens

DENVER (2015) lista as seguintes vantagens para o sistema:

- a) Produto autonivelante e com alto teor de sólidos;
- b) Fácil aplicação com rolo, trincha, rodo ou vassoura de pelo
- c) Aplicado a frio, forma uma membrana monolítica flexível de excepcional resistência à exposição ultravioleta e ao meio agressivo, conferindo elevada vida útil.

Alguns pontos negativos foram levantados por QUINI e FERRAZ (2015):

- a) A aplicação requer cuidados quanto a mistura;
- b) Em caso de pressão negativa deve ser usado um primer para evitar o deslocamento da membrana;
- c) Não pode ser aplicado diretamente sobre substrato úmido.

3.5.4. Membrana acrílica

3.5.4.1. Aspectos gerais

“Acrílico ou polimetil-metacrilato (PMMA) é um material termoplástico rígido e incolor. É considerado como um dos plásticos mais modernos e de maior qualidade no mercado devido a sua facilidade de adquirir formas, sua leveza e alta resistência” (LIMA e outros, 2012).

As membranas acrílicas são formadas por resinas acrílicas normalmente dispersas em água executadas com diversas camadas com a utilização de um estruturante (FERREIRA, 2012). O material possui boa resistência à abrasão, estabilidade dimensional, baixa contração, alto brilho, boas propriedades térmicas, facilidade de pigmentação, boa moldabilidade, excelentes propriedades óticas e alta resistência às intempéries (LIMA e outros, 2012).

O manual técnico DENVER (2015) indica este sistema para superfícies expostas às intempéries, ou seja, para impermeabilização exposta de lajes de cobertura, lajes abobadadas, marquises, sheds, telhados, pré-fabricados, etc. A fabricante Bautech acrescenta que este tipo de sistema é aplicado somente para pressões de água positivas.

3.5.4.2. Preparação do substrato

- a) “O substrato deve se encontrar firme, coeso, seco, regular, com declividade nas áreas horizontais de no mínimo 2 % em direção aos coletores de água. Cantos devem estar em meia cana e as arestas arredondadas”;
- b) “O substrato deve estar limpo, isento de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos” (NBR 9574 – 2008).

3.5.4.3. Aplicação

- a) Aplicar uma demão do produto de imprimação com uma trincha, rolo de lã de carneiro ou com uma trincha de maneira homogênea, aguardando a sua secagem;
- b) Aplicar uma demão do impermeabilizante de forma homogênea e estender o estruturante com sobreposição mínima de 10 cm e aguardar a secagem;
- c) Aplicar as demais demãos, respeitando o tempo de secagem, até atingir o consumo recomendado e garantindo o total recobrimento do estruturante;
- d) Em caso de mais de um estruturante, repetir o procedimento (NBR 9574 – 2008). A Figura 22 mostra as camadas do sistema constituído.

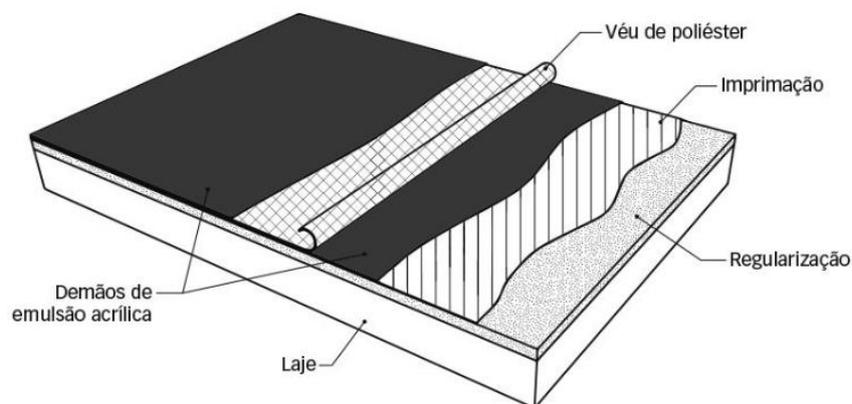


Figura 22 - Camadas do sistema de emulsão acrílica. Fonte: CONSTRUNORMAS (2017)

3.5.4.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para o preparo a inspeção da membrana acrílica são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.4.

3.5.4.5. Proteção

O sistema dispensa proteção mecânica (NBR 9574 – 2008).

3.5.4.6. Vantagens e desvantagens

Segundo DENVER (2015) e VIAPOL (2015) as vantagens atreladas ao sistema são:

- a) Fácil aplicação e ótima flexibilidade;
- b) Resistente às intempéries, ozona, raios UV e névoa salina;
- c) De coloração branca, reflete os raios solares reduzindo o fluxo térmico que passa através da cobertura melhorando o conforto térmico da edificação;
- d) Proporciona ótimo acabamento final;
- e) Não amarela com o passar do tempo;
- f) Dispensa proteção mecânica.

A fabricante BAUTECH (2014) expõe algumas limitações do material:

- a) Não aplicar em substratos com temperaturas abaixo de 10 graus Celsius ou acima de 35 graus Celsius;
- b) Não pode ser aplicado em substratos úmidos ou molhados;
- c) Não suporta pressões hidrostáticas negativas.

3.5.5. Manta de policloreto de vinila (PVC)

3.5.5.1. Aspectos gerais

“As mantas pré-fabricadas à base de diferentes tipos de materiais sintéticos (PEAD, PVC, TPO, EPDM, etc.) também podem ser utilizados nos sistemas

impermeabilizantes. Feitas de ligas elásticas e flexíveis, adaptam-se com facilidade a locais sujeitos a movimentações e vibrações. Também são resistentes aos raios ultravioleta e a ataques químicos, dependendo de sua formulação” (FERREIRA, 2012).

As mantas de PVC podem ser utilizadas na impermeabilização túneis, fundações, subsolos telhados e coberturas. Dependendo do tipo de aplicação utiliza-se determinadas mantas de PVC contendo outros materiais que conferem certas características à manta. As mantas de coberturas são resistentes aos raios solares enquanto que outros tipos de manta, por exemplo, são resistentes à penetração de raízes e microorganismos (FERREIRA, 2012).

3.5.5.2. Preparação do substrato

- a) “O substrato deve se encontrar firme, coeso, seco, regular, limpo, isento de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos, com declividade nas áreas horizontais de no mínimo 1% em direção aos coletores de água. Para calhas e áreas internas é permitido o mínimo de 0,5 %. Cantos devem estar em meia cana e as arestas arredondadas”;
- b) “No caso de superfície irregular onde não seja possível a execução de uma camada de regularização deve ser utilizada uma camada berço” (NBR 9574 – 2008).

3.5.5.3. Aplicação

- a) Abrir os rolos ou painéis de manta de PVC;
- b) As sobreposições devem ser de no mínimo 10 cm e os selamentos das emendas devem ser feitos por soldagem química ou termofusão, com sobreposição de 5 cm;
- c) Executar fixações mecânicas;
- d) O consumo, manuseio, ferramentas, equipamentos, fixações mecânicas e instruções de segurança devem ser conforme recomendações do fabricante (NBR 9574 – 2008).

3.5.5.4. Inspeção

Os procedimentos necessários para o preparo a inspeção da manta de PVC são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.4.

3.5.5.5. Proteção

Os procedimentos necessários para a proteção da manta de PVC são os mesmos descritos para o sistema flexível do tipo membrana asfáltica aplicada a frio no item 3.6.1.5.

3.5.5.6. Vantagens e desvantagens

A fabricante Mc-Bauchemie (2013) elenca as seguintes vantagens deste sistema:

- a) Impermeabilizante elástico flexível;
- b) Elimina totalmente a proteção mecânica devido sua alta dureza superficial;
- c) Pode ser aplicado sobre piso existente, evitando a quebra e geração de entulho;
- d) Pequena espessura final, solucionando os problemas de cotas em edifícios;
- e) Ótima resistência à abrasão, portanto resistente ao trânsito de pessoas, equipamentos leves e queda de ferramentas;
- f) Tem função anti-raiz;
- g) Extremamente leve;
- h) Antiderrapante;
- i) Resistente aos raios ultra-violeta;
- j) Não propaga chama;
- k) Ótimo isolante elétrico, térmico e acústico;
- l) Rapidez na instalação, otimiza o cronograma da obra;
- m) Produto reciclável.

Por outro lado, MORAES (2002) informa as desvantagens da aplicação:

- a) Por ser um sistema flutuante, eventuais infiltrações são difíceis de serem localizadas;
- b) Necessidade de substrato bem regularizado;
- c) Exige mão de obra especializada.

3.6. Detalhes construtivos importantes

Alguns elementos do sistema de impermeabilização são considerados críticos para que não haja patologias, pois, a maior parte dos problemas de impermeabilização se dá nas bordas, encontros de ralos, juntas, mudanças de planos, passagens de dutos e outros (PICCHI, 1986).

Nesse contexto, CUNHA e NEUMANN (1979), PICCHI (1986), RIGHI (2009) e CRUZ (2003) elencam alguns dos seguintes detalhes construtivos determinantes para o sucesso de um sistema de impermeabilização:

- a) Ralos;
- b) Rodapés;
- c) Soleiras;
- d) Pingadeiras;
- e) Tubos passantes;
- f) Juntas de dilatação;
- g) Chumbamentos;
- h) Ancoragens.

3.6.1. Ralos

Segundo RIGHI (2009) a execução do arremate de ralos é a parte mais importante do processo de impermeabilização haja vista que grande parte de problemas em sistemas de impermeabilização tem origem nos ralos.

Para os sistemas rígidos, como cristalizantes e argamassas poliméricas o arremate dos ralos deve ser feito com o uso de telas de reforço. Uma outra alternativa é utilizar uma canaleta, de aproximadamente 1 cm de largura por 1 cm de profundidade, fazendo o seu preenchimento com um selante de características flexíveis, normalmente à base de poliuretano ou asfalto elastomérico (ABBATE, 2003).

O manual técnico VEDACIT (2016) indica a utilização de tela de poliéster estruturante entre a primeira e a segunda demãos aplicando na tela o corte do tipo pizza (Figura 23).

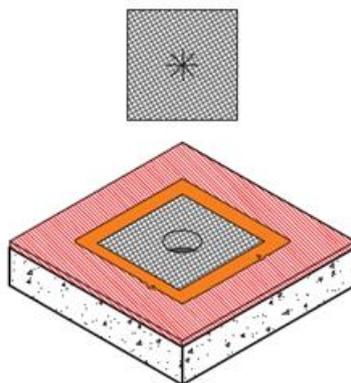


Figura 23 - Utilização de tela de poliéster como material estruturante com corte do tipo pizza. Fonte: VEDACIT (2016)

No caso de sistemas de membranas flexíveis, o arremate é executado através da aplicação de sucessivas demãos que adentram a abertura no piso, podendo receber ou não reforços estruturantes como a tela de poliéster (ABBATE, 2003).

O arremate de ralo em sistemas pré-fabricados, que utilizam mantas como a manta de PVC, pode ser feito com o emprego de peças pré-fabricadas que se adaptam aos ralos ou utilizando o sistema convencional no qual o arremate é feito com a própria manta (ABBATE, 2003). O manual VEDACIT (2016), por exemplo, recomenda a utilização de uma manta própria utilizando o corte margarida seguido do corte em pizza para impermeabilização de ralos (Figura 24).

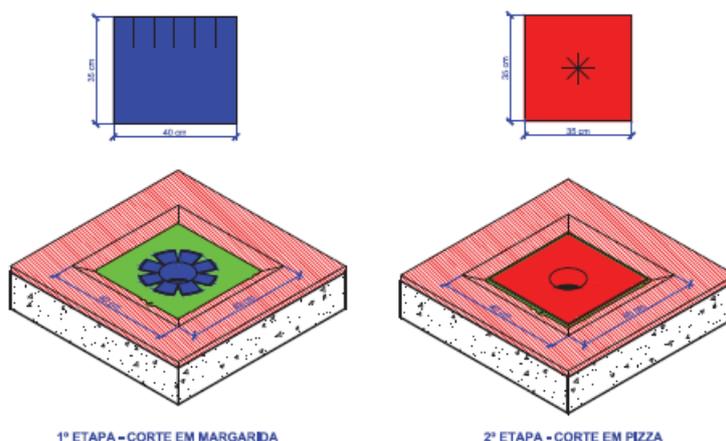


Figura 24 - Aplicação de manta em corte margarida seguido de corte em pizza. Fonte: VEDACIT (2016)

Na execução dos arremates recomenda-se que haja um rebaixamento de no mínimo 1 cm ao redor do ralo, além disso, é necessário que o produto seja aderente às

paredes do tubo do ralo para que não haja fluxo de água por debaixo do impermeabilizante (ABBATE, 2003). MARTINS (2013) recomenda ainda que o impermeabilizante com reforço adentre 10 cm no interior do tubo, conforme a Figura 25. Além disso, como se trata de um aspecto crítico, a impermeabilização deve começar pelos ralos (DENVER, 2015).

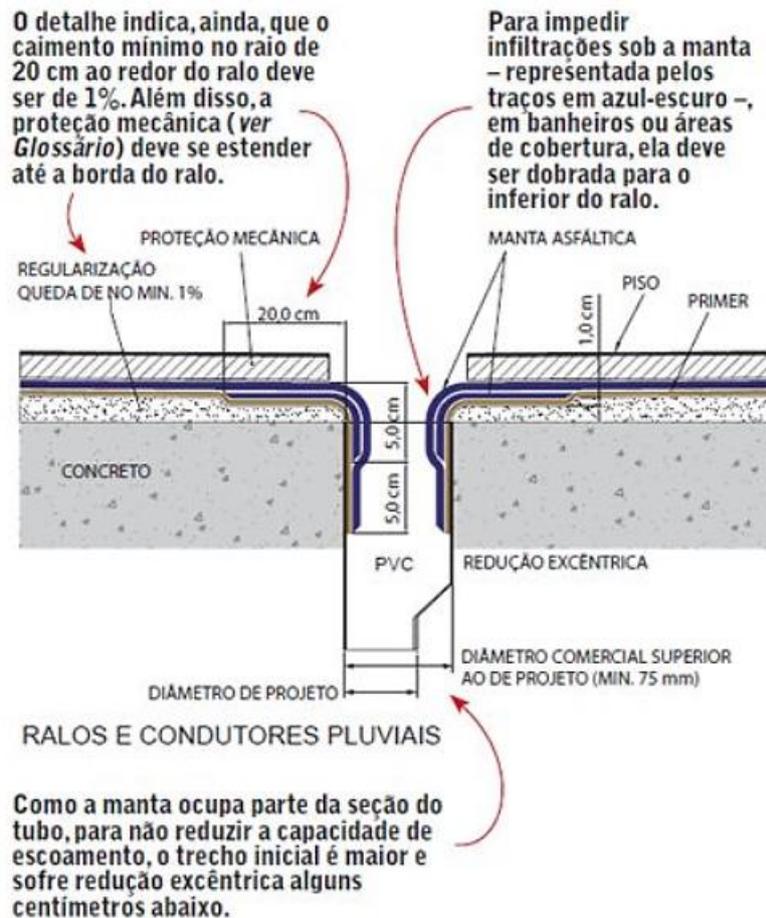


Figura 25 - Detalhes de ralo com aplicação de manta. Fonte: MARTINS (2013)

3.6.2. Rodapés

Os rodapés são regiões de interseção entre pisos e paredes, sendo esta uma região determinante em sistemas de impermeabilização. Isso porque o fluxo de água na horizontal pode se transformar em fluxo vertical ascendente caso não haja a devida impermeabilização na interface entre os elementos verticais e horizontais, o contrário também poderia ocorrer, da vertical para a horizontal. A norma NBR 9575 – 2010 prevê que “nos planos verticais encaixe para embutir a impermeabilização, para o sistema que

assim o exigir, a uma altura mínima de 20 cm acima do nível do piso acabado (Figura 26) ou 10 cm do nível máximo que a água pode atingir”.

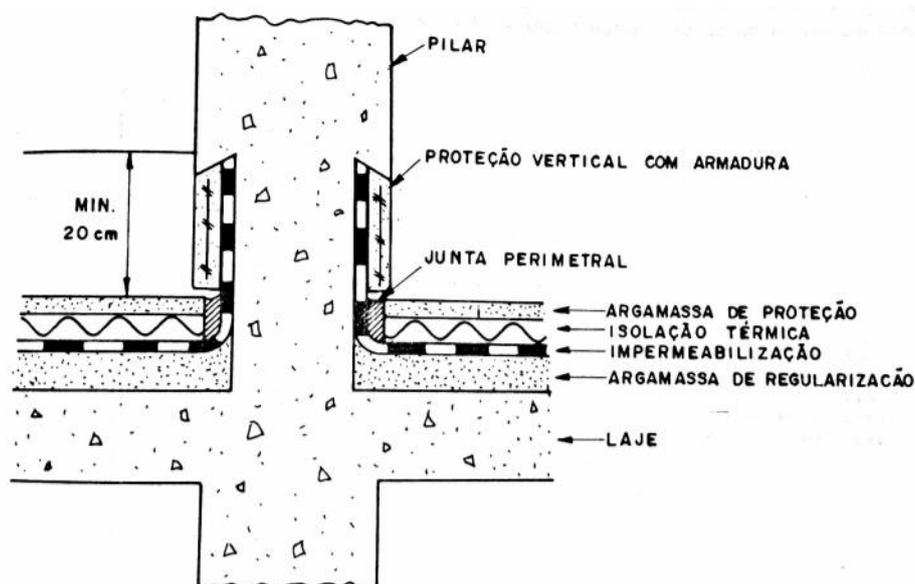


Figura 26 - Esquema de impermeabilização junto ao rodapé. Fonte: PICCHI (1986)

Por outro lado, o manual técnico VEDACIT (2016) indica que a impermeabilização deve ser executada nos rodapés a uma altura mínima de 30 cm da camada de regularização, além de ser uma região inicial de execução da impermeabilização.

No caso de membranas flexíveis e impermeabilizações cimentícias, VEDACIT (2016) indica o uso de material estruturante entre a primeira e a segunda demãos no acabamento de rodapés (Figura 27).

Se a aplicação for com o uso de mantas deve ser feita uma sobreposição de mantas, na vertical, de 10 cm, de forma que o sistema atinja a altura de 30 cm acima da camada de regularização (VEDACIT, 2016).

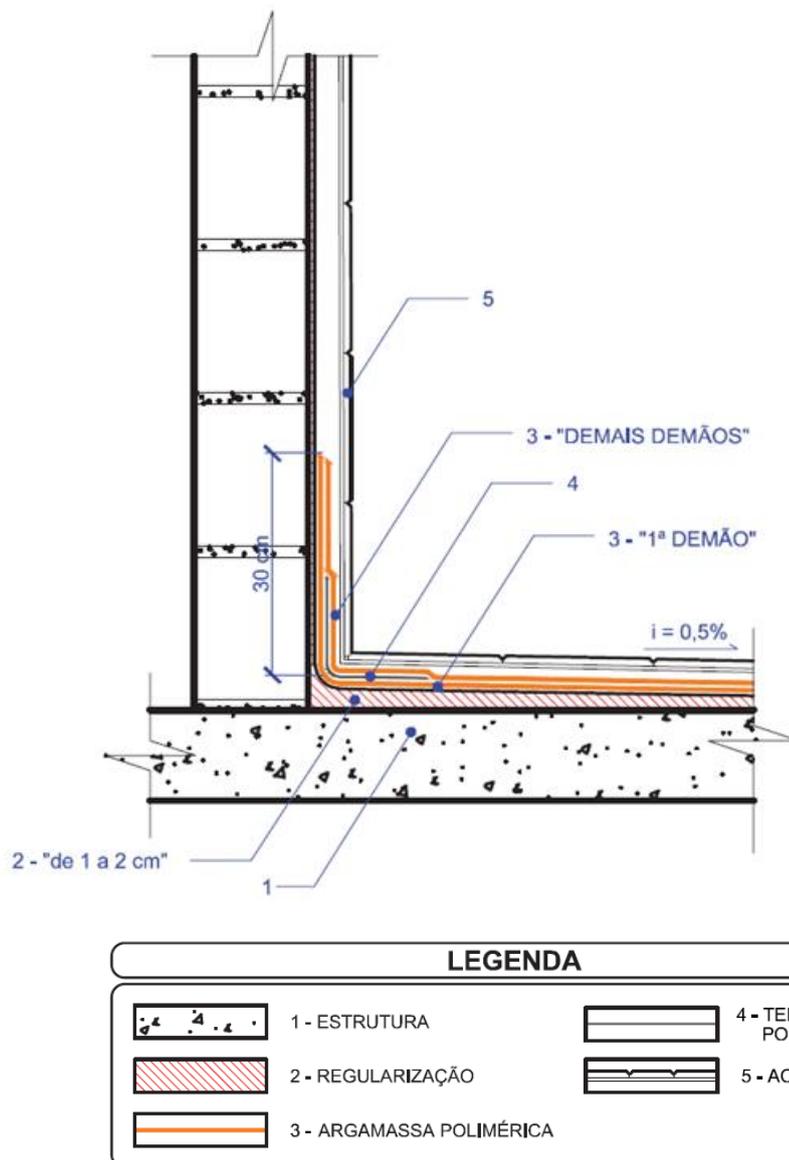


Figura 27 - Esquema de impermeabilização em rodapé com sistema rígido. Fonte: VEDACIT (2016)

3.6.3. Soleiras

A norma NBR 9575 – 2010 indica que “nos locais limites entre áreas externas impermeabilizadas e áreas internas, deve haver diferença de cota de no mínimo 6 cm e ser prevista a execução de barreira física no limite da linha interna dos contramarcas, caixilhos e batentes, para perfeita ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa”

Além disso, é indicado que a impermeabilização junta às soleiras sejam estendidas além da área impermeabilizada (SOUZA, 1997). Nesse contexto, CRUZ (2003) ensina que a impermeabilização deve avançar, no mínimo, 50 cm para o interior da edificação

em todas as aberturas, conteúdo extraído da versão de 1998 da norma NBR – 9575. Além disso, RIGHI (2009) indica que a elevação desta extensão deve ser no mínimo de 3 cm em relação a impermeabilização da área inferior, como ilustra a Figura 28.

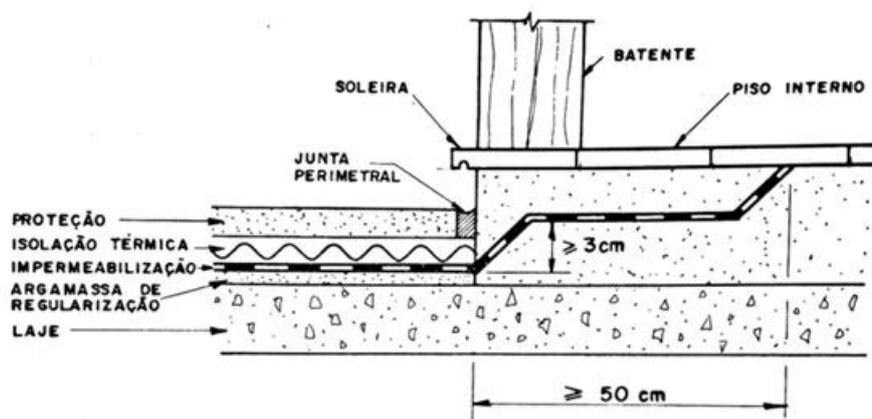


Figura 28 - Esquema de impermeabilização em soleira com penetração maior do que 50 cm. Fonte: PICCHI (1986)

3.6.4. Pingadeiras

As pingadeiras são elementos que impedem o escoamento de água em parâmetros verticais, evitando que a água penetre no arremate da impermeabilização (RIGHI, 2009). São empregadas em muretas, platibandas, parapeitos, bordas de sacadas e terraços.

O material impermeabilizante deve subir através do elemento vertical e ter uma extensão abaixo da pingadeira, conforme a Figura 29, para que não haja possibilidade de a água penetrar por debaixo da camada impermeabilizante (CRUZ, 2003).

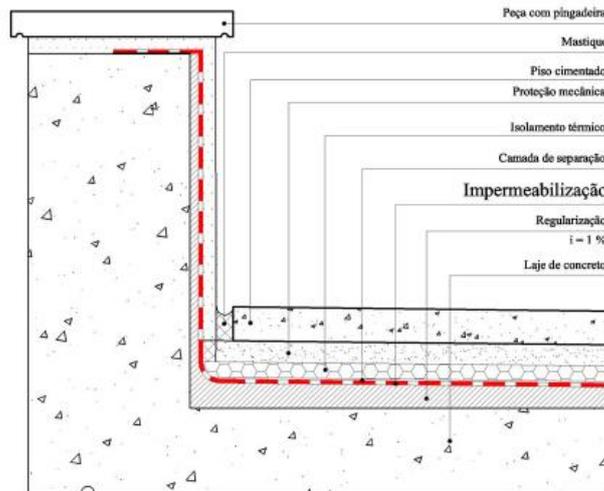


Figura 29 - Detalhe de impermeabilização em pingadeira. Fonte: CRUZ (2003)

3.6.5. Tubos passantes

A NBR 9575 – 2010 define que “toda a tubulação que atravesse a impermeabilização deve ser fixada na estrutura e possuir detalhes específicos de arremate e reforços da impermeabilização”. De fato, quando a tubulação atravessa a impermeabilização gera por consequência uma região crítica em torno dela, onde existe uma abertura na camada impermeabilizante.

Em sistemas cimentícios e que utilizam membranas, após a primeira demão de impermeabilizante, faz-se um reforço com material estruturante (tela de poliéster) na região do tubo, através de um corte do tipo pizza. Após a colocação do reforço aplica-se as demãos subsequentes (Figura 30) (VEDACIT, 2016).

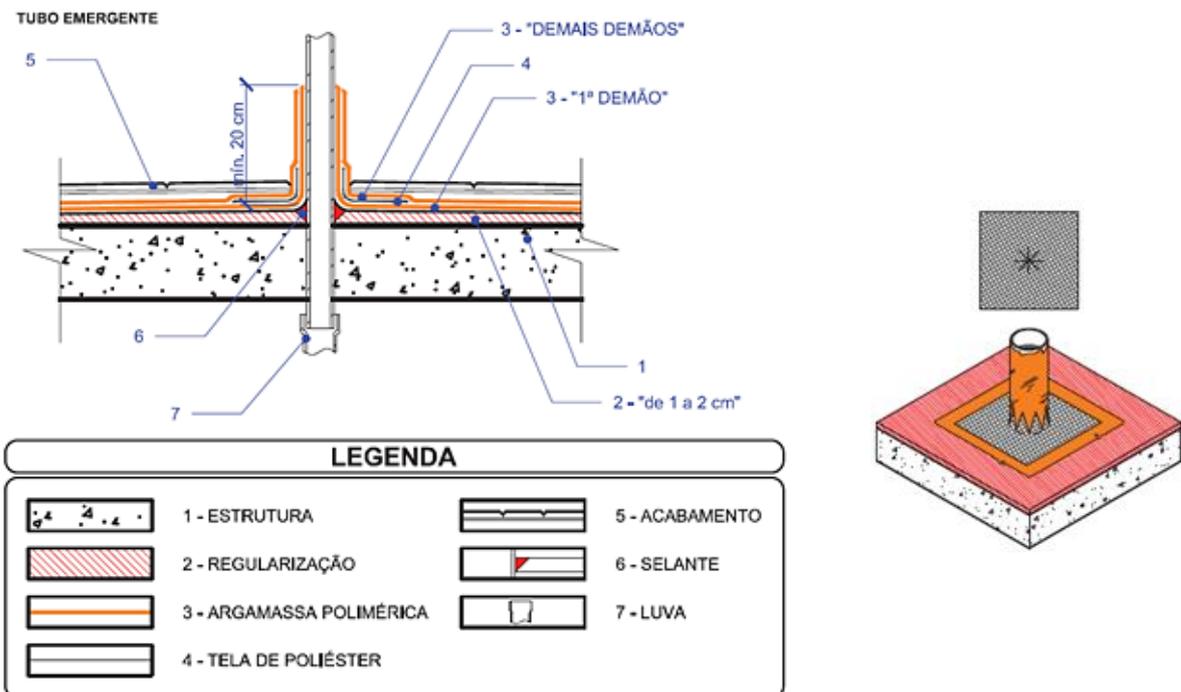


Figura 30 - Detalhe de impermeabilização junto a tubos passantes em sistemas rígidos. Fonte: VEDACIT (2016)

Nos casos de sistemas de mantas, é feito um arremate com manta aplicando primeiro uma manta na base do tubo com o corte do tipo pizza e então é aplicada outra manta em parte de sua superfície utilizando-se o corte margarida como ilustra a Figura 31 (VEDACIT, 2016).

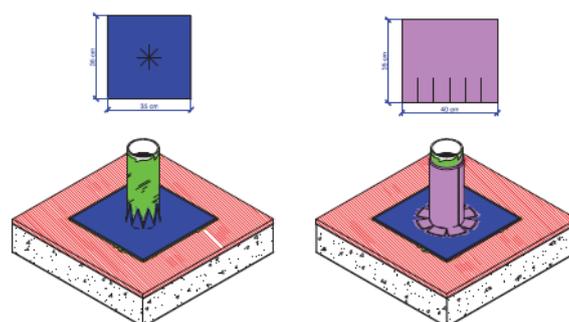


Figura 31 - Detalhe de arremate de impermeabilização em tubos passantes. Fonte: VEDACIT (2016)

3.6.6. Juntas de dilatação

As juntas de dilatação são elementos projetados para absorverem a variação volumétrica da estrutura, além de vibrações e deslocamentos, evitando grandes danos.

A empresa especializada em impermeabilização IMPERLARUM (2014) ensina que na junta de dilatação a impermeabilização deve ser feita com a aplicação de um mastique envolvido por mantas que fazem sobreposições com a impermeabilização corrente. Além disso, é indicado a utilização de um material compressível no preenchimento da junta, como ilustra a Figura 32.



Figura 32 - Detalhe de impermeabilização em junta de dilatação. Fonte: IMPERLARUM (2014)

3.6.7. Chumbamentos

As regiões onde encontram-se chumbamentos são fontes de entrada de fluxo de água na estrutura, pois estes são feitos através de aberturas no substrato. Segundo RIGHI (2009), os chumbamentos devem ser fixados de preferência antes da impermeabilização de forma que não causem interferência na execução do sistema, desde que permitam o arremate da impermeabilização em uma altura mínima de 20 cm (Figura 33).

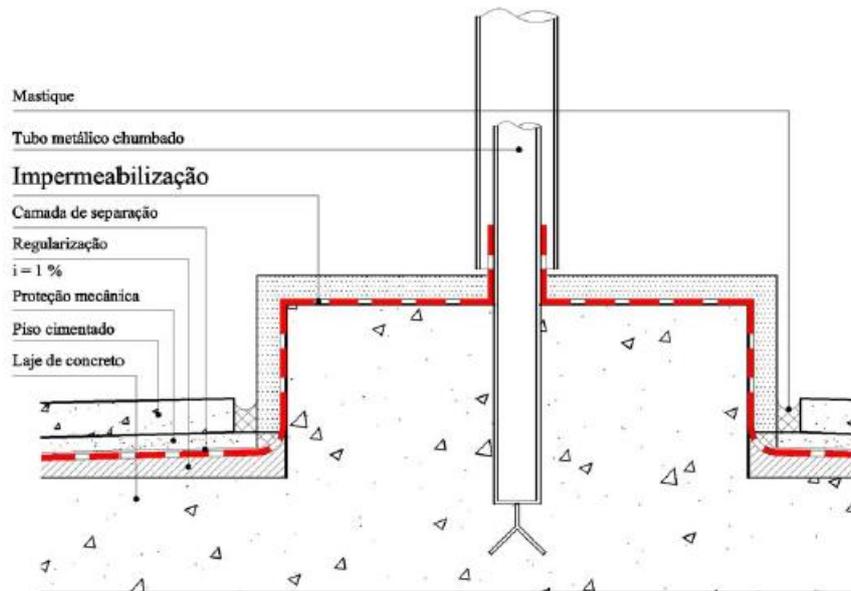


Figura 33 - Detalhe de impermeabilização em chumbamento. Fonte: CRUZ (2003)

3.6.8. Ancoragens

Anteriormente, foi visto que no arremate de rodapés a impermeabilização deve atingir no mínimo 20 cm de altura acima do piso acabado, na parede. No entanto, se a extremidade deste arremate fica desprotegida esta pode ser entrada de fluxo vertical de água de cima para baixo. Nesse sentido, é feito um arremate denominado ancoragem.

PORCELLO (1997, apud CRUZ, 2003) explica que a impermeabilização deve ter a sua borda fixada em um rebaixo de aproximadamente 2,5 cm x 2,5 cm deixado no concreto ou aberto em alvenaria maciça (Figura 34).

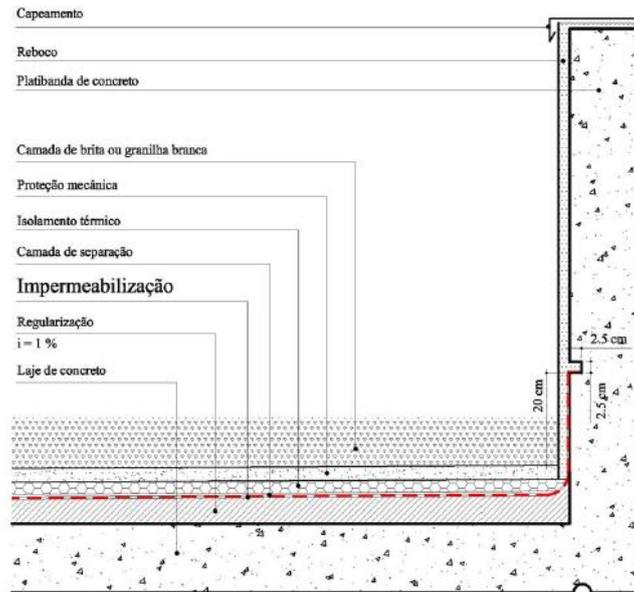


Figura 34 - Detalhe de ancoragem da impermeabilização com rebaixo. Fonte: CRUZ (2003)

Em alternativa, CRUZ (2003) ensina que pode ser feito um rebaixo de 2,5 cm x 20 cm com camada de proteção armada de tela metálica fixada na parede mecanicamente, distando no mínimo 5 cm da cota da impermeabilização (Figura 35).

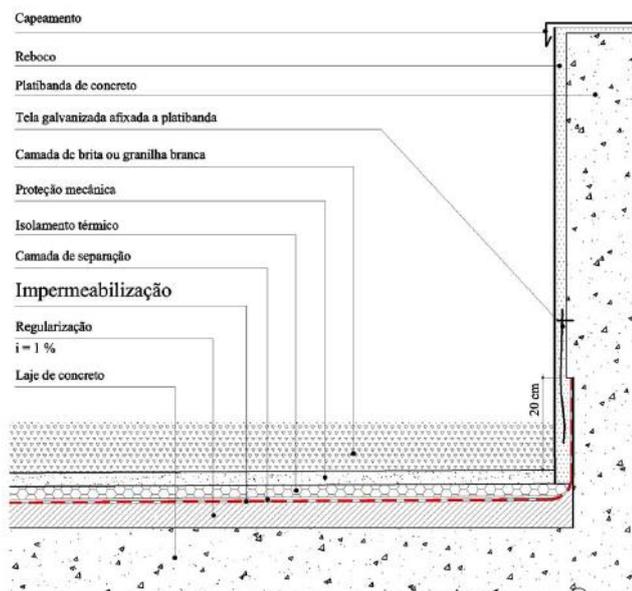


Figura 35 - Detalhe de ancoragem da impermeabilização com tela metálica. Fonte: CRUZ (2003)

4. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM IMPERMEABILIZAÇÃO: CONTEXTUALIZAÇÃO

4.1. Conceituação

Patologia é um termo utilizado em medicina para o ramo que estuda as doenças do corpo humano. Na construção civil, patologia é a área de estudo dos defeitos das edificações, análogas às doenças do corpo humano, tais como manchas, rachaduras, deformações, rupturas e outros. Sob essa perspectiva, as manifestações patológicas constituem-se nas consequências decorrentes da deterioração da edificação. Assim como define GIORDANI (2006), ao explicar que a manifestação patológica é o “resultado de um processo de degradação, enquanto patologia é a ciência que estuda esse mecanismo e as causas/origens da ocorrência de tais manifestações”.

4.2. Causas e consequências problemas em sistemas de impermeabilização

A maior parte dos problemas de manifestações patológicas nas edificações estão atrelados às falhas nas fases de projeto e execução, somando 68% nestes dois casos. Sendo que a fase de projeto, de responsabilidade exclusivamente da engenharia, corresponde a 40% das fontes de manifestações patológicas, conforme o gráfico da Figura 36 (HELENE e FIGUEIREDO, 2003, apud SILVA e JONOV, 2016).

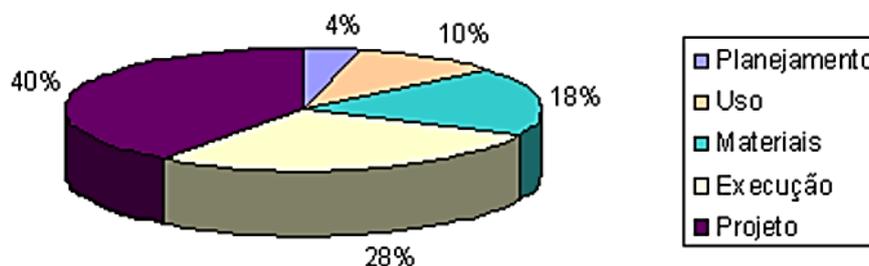


Figura 36 - Origens das patologias em impermeabilização. Fonte: HELENE e FIGUEIREDO (2003, apud SILVA e JONOV, 2016)

CRUZ (2003) aponta algumas das principais falhas que incorrem em problemas no sistema de impermeabilização:

- a) perfuração de mantas metálicas pela ação de sapatos inadequados, rodas de carrinho de mão, materiais pontiagudos e etc;
- b) danos causados na obra pela excessiva colocação de peso (entulho e equipamentos) sobre a impermeabilização;
- c) perfuração da impermeabilização sem qualquer reparo, quando há a necessidade na execução de antenas, piscinas e etc;
- d) danos causados à impermeabilização em troca de pisos;
- e) falha na mão de obra na aplicação de manta asfáltica;
- f) queda de objetos sobre a área impermeabilizada;
- g) materiais, insumos e produtos não adequados nas interfaces dos outros componentes da obra.

Segundo BOSCARRIOL (2013) uma pesquisa realizada pelo Sindicato de Habitação do Rio de Janeiro, feita em cinquenta e dois edifícios de oito construtoras, sobre as reclamações de moradores acerca de manifestações patológicas mais comuns. Constata-se através da pesquisa que os problemas relacionados à impermeabilização aparecem em terceiro lugar com 7,50 % das reclamações, no entanto, as duas reclamações que aparecem nos dois primeiros lugares, hidráulica com 38 % e trincas com 16,50 %, podem gerar manifestações patológicas características da presença de umidade. A Figura 37 ilustra os elementos das edificações que possuem os maiores números de reclamações quanto a patologias.

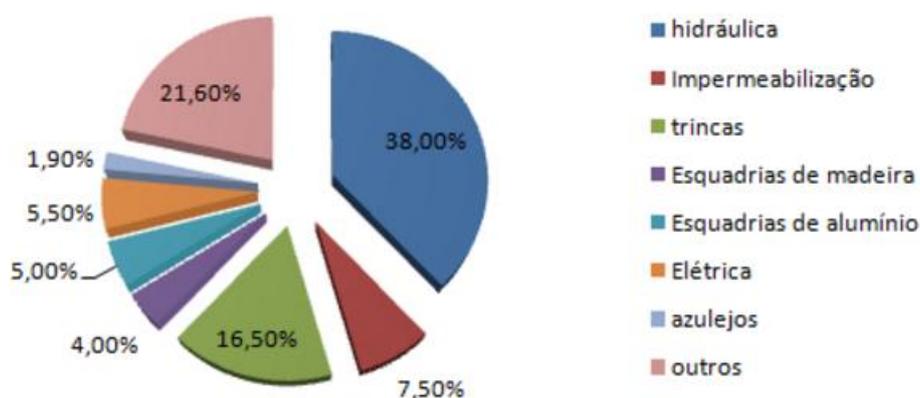


Figura 37 - Principais patologias em edificações no Rio de Janeiro. Fonte: BOSCARRIOL (2013)

No contexto de impermeabilização em edificações, algumas das manifestações patológicas apontadas por CRUZ (2003) são as goteiras e manchas; o bolor e o mofo; a

ferrugem; as eflorescências e as criptoflorescências. Em adição, THOMAZ (1989) destaca as fissuras causadas pela presença da umidade em materiais de construção.

No que diz respeito à vida útil da construção, as causas de problemas de impermeabilização podem ocorrer antes da obra, através de equívocos em projetos de impermeabilização, durante a obra, com erros de execução e ações inadequadas durante a obra, tal como apoiar materiais pontiagudos sobre a camada impermeabilizante, ou após a construção estar pronta, com a perfuração da impermeabilização para a instalação de antenas, por exemplo. As consequências podem aparecer durante ou após a obra estar terminada. O que se sabe é que quando se inicia a degradação devido às patologias de impermeabilização a vida útil da edificação tende a ser reduzida, caso não haja tratamento, devido à degradação dos materiais da edificação.

4.2.1. Goteiras e manchas

Ao atravessar um obstáculo, a água pode ficar acumulada causando manchas ou, dependendo da quantidade de água infiltrada, esta pode deixar o material na forma de gotas ou até na forma de jorro de água. A umidade permanente deteriora os materiais de construção e neste contexto, as goteiras e as manchas são as manifestações mais comuns devido à infiltração da água (SCHÖNARDIE, 2009). Segundo BAUER (2008) “as manchas podem se apresentar com colorações diferenciadas, como marrom, verde e preta, entre outras, conforme a causa. Os revestimentos frequentemente estão sujeitos à ação da umidade e de microorganismos, os quais provocam o surgimento de algas e mofo, e o consequente aparecimento de manchas pretas ou verdes. As manchas marrons, geralmente, ocorrem devido à ferrugem”. A Figura 38 ilustra manchas em uma laje devido a presença da umidade.



Figura 38 - Manchas decorrentes de umidade em laje. Fonte: PET CIVIL UFJF (2014)

4.2.2. Bolor e mofo

O mofo e o bolor são fungos vegetais que possuem raízes que penetram na madeira e liberam enzimas que a corrompem, são também prejudiciais às alvenarias, onde se aderem causando danos, escurecendo a superfície (Figura 39) e degradando-as com o passar do tempo. Por serem vegetais, o mofo e o bolor precisam de água e ar para sobreviverem, com isso, para evitar o aparecimento se faz necessário eliminar a umidade e fornecer ventilação ao ambiente. Contudo, quando as raízes atingem maior profundidade é difícil eliminá-las (SCHÖNARDIE, 2009).



Figura 39 - Mancha de bolor em laje. Fonte: LEITE (2013)

4.2.3. Ferrugem

É o nome dado a oxidação do ferro e do aço. A ferrugem é um sal de pouca aderência e aspecto ruim que possui o volume maior do que o material que lhe deu origem (Figura 40). A umidade é o gatilho para o início do processo de ferrugem, por este motivo, é importante que se tenha sempre um concreto impermeável para que a água não alcance as armaduras, pois, além de causar a destruição do ferro, a expansão resultante da formação da ferrugem faz com que o concreto se rompa (SCHÖNARDIE, 2009).



Figura 40 - Ferrugem em armadura de viga. Fonte: REFORMA FACIL (2010)

4.2.4. Eflorescências

“A eflorescência é decorrente de depósitos salinos principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalinos-terrosos (cálcio e magnésio) na superfície de alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais e/ou componentes da alvenaria” (BAUER, 2008). A cal presente nos tijolos, por exemplo, pode dar origem a carbonato ou sulfato de cálcio. Os sais são transportados para a superfície do material através da água que atravessa a sua estrutura.

Assim, eflorescência pode alterar a aparência dos materiais (Figura 41) além de deteriorá-los se o sal for agressivo, como o caso de sais expansivos. Contudo, BAUER (2008) afirma que existem três condições que são necessárias para a eflorescência exista: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão necessária para que a solução seja transportada para a superfície.



Figura 41 - Eflorescência devido à umidade. Fonte: SOUZA (2008)

4.2.5. Criptoflorescências

São formações de sais semelhantes à eflorescência (Figura 42), formadas pelo mesmo mecanismo de formação das eflorescências, o que as diferem é o fato de que as criptoflorescências se caracterizam por grandes cristais que são formados no interior da parede ou estrutura. Sendo o sulfato o maior responsável pela formação de criptoflorescências devido a sua propriedade expansiva. Tal manifestação é responsável pelo aparecimento de rachaduras, desagregação de materiais e deslocamento de paredes (SCHÖNARDIE, 2009).



Figura 42 - Criptoflorescência em parede de alvenaria. Fonte: EVERY DRY WATERPROOFING (2014)

4.2.6. Fissuras

Segundo THOMAZ (1989), o aumento do teor de umidade provoca variações dimensionais nos materiais porosos integrantes dos elementos construtivos, enquanto que a redução do teor de umidade é responsável pela contração do material, tais movimentos podem provocar fissuras nos materiais, chamadas fissuras higroscópicas.

Nesse sentido, as movimentações podem ser reversíveis ou irreversíveis, segundo o autor (Figura 43). A movimentação irreversível está associada geralmente à fabricação do material, originadas da perda ou ganho de água até que a umidade higroscópica de equilíbrio do material fabricado seja atingida. Por outro lado, as movimentações reversíveis ocorrem devido a variações de teor de umidade do material, são delimitadas por um certo intervalo, mesmo se o material estiver totalmente seco ou totalmente saturado.

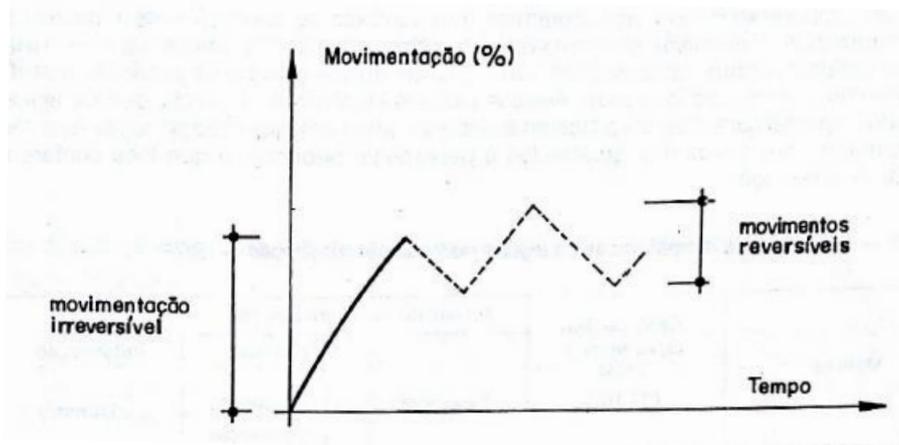


Figura 43 - Tipos de movimentações nos materiais. Fonte: THOMAZ (1989)

Um exemplo muito comum de fissura por movimentação higroscópica ocorre na base de alvenarias (Figura 44), haja vista que as fiadas inferiores, mais sujeita à umidade, apresentam maior expansão gerando fissuras por movimentação diferencial.

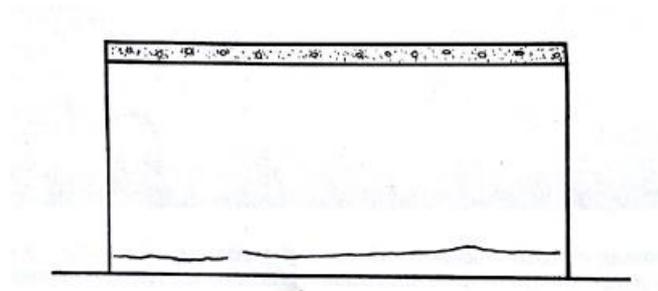


Figura 44 - Fissuras em base de alvenarias. Fonte: THOMAZ (1989)

4.3. Custos de correção de problemas de impermeabilização

Em relação aos custos, VEDACIT (2010) e VIAPOL (2015) informam que o valor do custo impermeabilização, quando feita durante a fase da obra, ou seja, impermeabilização preventiva, consiste em cerca de 3% do valor da obra, considerando projeto, consultoria e materiais, só os materiais correspondem a menos de 1% (Figura 45). Nesse contexto, a estrutura, por exemplo, equivale a 26 % dos custos, contudo, problemas de impermeabilização podem comprometer a estrutura. Este fato também é válido para alvenaria, revestimento, pintura e etc.

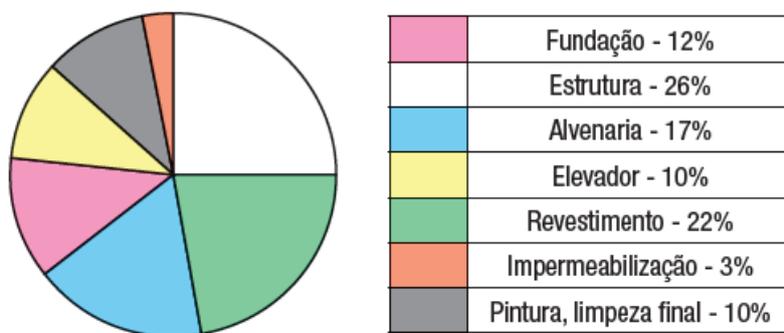


Figura 45 - Valores dos custos de construção em percentagem. Fonte: VEDACIT (2010)

Quanto mais tardiamente a impermeabilização é realizada, maior é o seu custo, chegando ao custo de intervenção corretiva, o de maior impacto financeiro. De fato, a lei de Sitter representada no gráfico da Figura 46 diz que quanto mais tardiamente uma intervenção é efetuada mais alto é o seu custo, dependendo da etapa onde ocorre a sua realização, seguindo uma progressão geométrica a partir da fase de projeto chegando até a manutenção corretiva, etapa onde os custos são maiores.

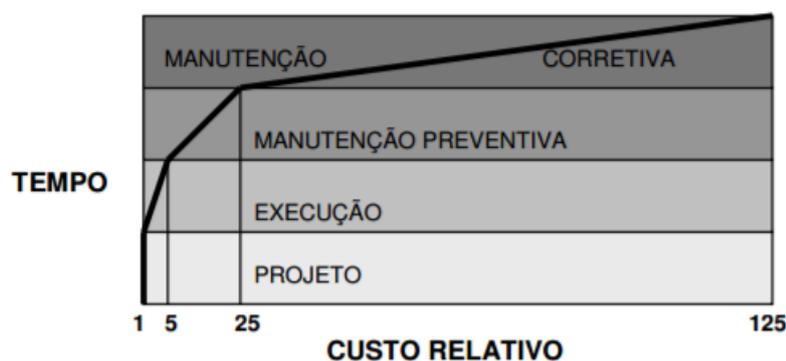


Figura 46 - Gráfico do custo relativo ao longo do tempo. Fonte: IANTAS (2010 apud Helene, 2003)

VEDACIT (2017) reforça a tendência mostrada pela lei de Sitter ao apresentar o gráfico (Figura 47) comparando os custos de intervenções preventivas e corretivas.

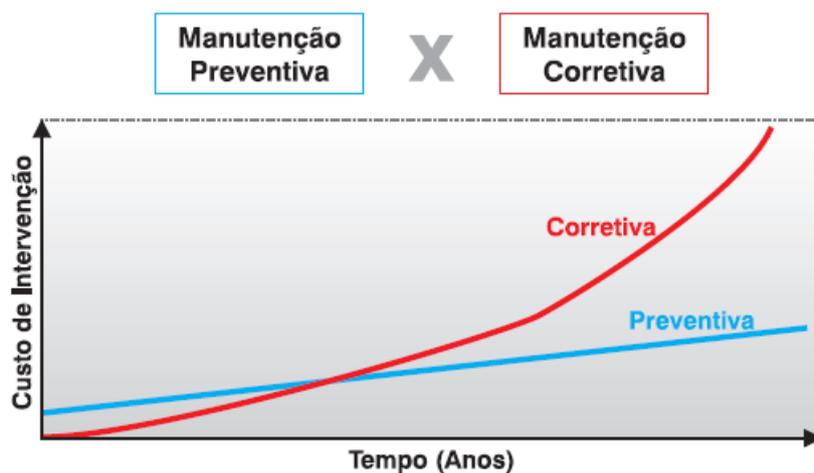


Figura 47 - Tendência dos custos de prevenção e manutenção. Fonte: VEDACIT (2017)

Apesar da ação preventiva, feita na fase de projeto, ser mais barata do que a corretiva, no cenário dos sistemas de impermeabilização, 42 % das vendas de materiais são destinadas para a prevenção enquanto que 58 % é utilizada para a correção (Figura 48). Sendo que o custo quando se quer corrigir uma anomalia no sistema de impermeabilização varia de 3 % a 15 % do valor dos materiais da obra, como informa VIAPOL (2015), ou seja, pode chegar a um patamar de quinze vezes o custo da ação de prevenção. Nesse contexto, quando se trata do custo total, segundo a AEI (2015), a manutenção corretiva em sistemas de impermeabilização pode chegar até 25% do custo total da obra, pois os revestimentos, que estão entre os itens mais caros da obra, precisarão

ser removidos e depois repostos, além da necessidade de interdição, mão de obra especializada e outros.



Figura 48 - Percentagens das vendas preventiva e corretiva para impermeabilização. Fonte: VIAPOL (2015)

Os principais motivos para esta situação são a falta de conhecimento e hábito de consumo, falta de normas e exigências legais e a o fato de que não é necessária a impermeabilização para a edificação ser erguida (VIAPOL, 2015). Mesmo assim, segundo VIAPOL (2015), os problemas de infiltração são os principais motivos para reformas em edificações, principalmente nos três primeiros anos de vida da obra (Figura 49).

Motivo da Reforma	Reforma				Média (%)
	Tempo de Construção				
	Até 3 anos	3 a 6 anos	6 a 9 anos	+ de 9 anos	
Problemas de Infiltração	35 %	30%	22%	20%	26,75
Problemas Elétrico e Hidráulicos	3%	4%	5%	3%	3,75
Ampliação e Melhorias	18%	18%	19%	25%	20,00
Problemas Estruturais	2%	5%	5%	9%	5,25
Estético e Decoração	25%	24%	28%	30%	26,75
Compra e Venda	13 %	16%	18%	10%	14,25
Pisos, Portas, Janelas, etc.	4%	3%	3%	3%	3,25
Total	100%	100%	100%	100%	100

Figura 49 - Motivos para reforma em edificações ao longo do tempo. Fonte: VIAPOL (2015)

Em adição, VIAPOL (2015) acrescenta que o consumo de produtos para a manutenção preventiva no varejo não corresponde ao que realmente ocorre nas edificações (Figura 50). As vendas de mercado concentram-se, em ordem crescente de porcentagem, em paredes, alicerces e lajes, todavia, os maiores problemas de impermeabilização estão localizados nos alicerces, que resultam em problemas de umidade ascendente nas paredes, conforme a ilustração na Figura 50.

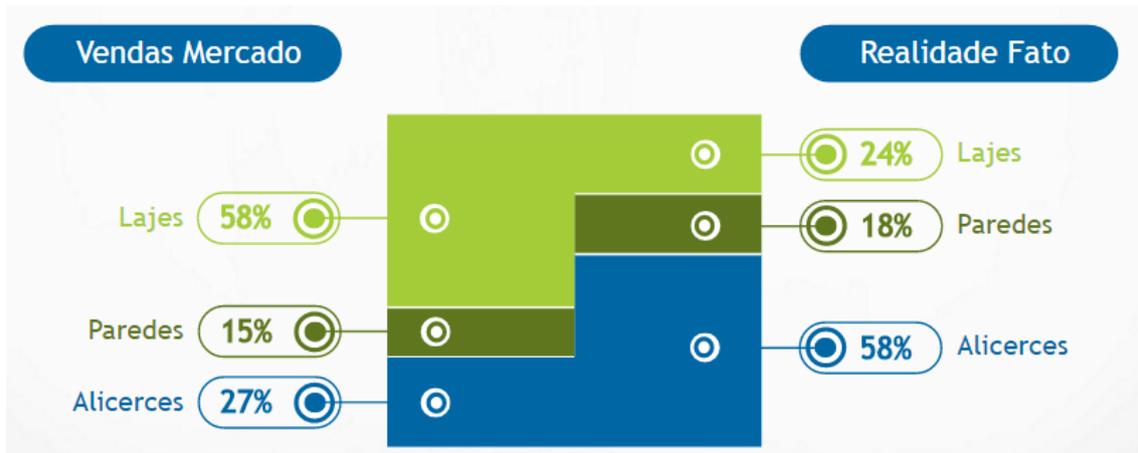


Figura 50 - Comparativo entre as vendas do mercado de impermeabilização e a realidade dos problemas.
Fonte: VIAPOL (2015)

5. TRATAMENTO CORRETIVO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

5.1. Contextualização

O tratamento de pequenos defeitos em impermeabilização está associado à dificuldade de localização do vazamento em si, e não somente ao reparo da área afetada. Nesse contexto, é uma atividade que requer um trabalho de investigação, observação, dedução e experiência (VERÇOZA, 1985).

Na maioria dos casos basta um exame no visual do local afetado para se encontrar o defeito. Contudo, é necessário que o exame seja cuidadoso e sem ideia preconcebida, para que não haja erro de diagnóstico por pré-julgamento.

Por outro lado, as vezes não se encontra o defeito com facilidade. Nas impermeabilizações por meio de mantas, por exemplo, a água pode penetrar em um lugar qualquer e depois correr entre a manta e o concreto, vindo a percolar onde o concreto é mais poroso. Nesse caso, este lugar pode estar situado longe do ponto da perfuração. Em impermeabilizações em que há interpenetrações, tais como as asfálticas e os revestimentos com argamassas impermeáveis, é difícil que isso aconteça, geralmente, a mancha aparece logo atrás ou muito próxima do ponto de vazamento (VERÇOZA, 1985).

Segundo a pesquisa de RODRIGUES (2011), feita em Portugal, as três áreas das edificações mais atingidas pela umidade são as paredes (42%), as lajes de teto (38%) e as esquadrias (17%), totalizando 97% dos casos (Figura 51). As paredes, lajes e esquadrias, no caso, pertencem a todos os cômodos das construções, áreas internas e externas, banheiros, quartos, cozinhas e outros.

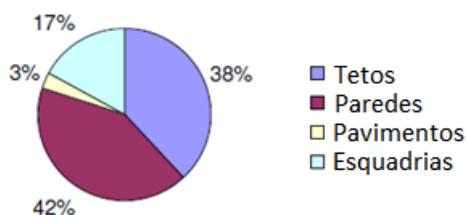


Figura 51 - Áreas das edificações atingidas por umidade. Fonte: RODRIGUES (2011)

Nesse sentido, a pesquisa feita por CORREIA (2008, apud RIGHI, 2009), na região metropolitana de Recife, detalhando mais os elementos das construções, apontou que os problemas com a umidade ocorrem 34% nas paredes (internas e fachadas), 14%

nas lajes, 16% nas esquadrias, 16% nos banheiros (paredes e lajes de banheiro) e 20% nos demais elementos (Figura 52).

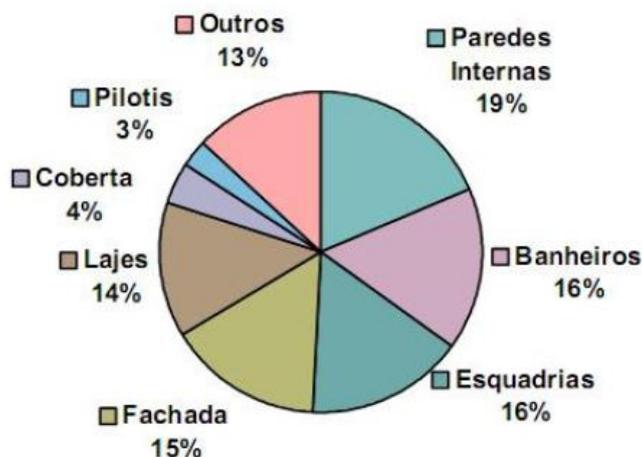


Figura 52 - Elementos atingidos pela umidade. Fonte: CORREIA (2008, apud RIGHI, 2009)

A presença da umidade nos mais diversos elementos das edificações é uma função de diversas variáveis como os métodos construtivos, local da construção, clima da região e outros. Contudo, a partir das duas pesquisas conclui-se que as seguintes áreas são de importante estudo no que tange os tratamentos para os problemas de impermeabilização:

- a) Paredes e Esquadrias
- b) Lajes

Segundo MORAES (2002), “promover a reexecução total da impermeabilização existente é uma forma de solução dos problemas porque os reparos localizados em impermeabilização são frequentes e reconhecidos como procedimentos fracassados”. O autor recomenda as seguintes etapas, adaptadas, para a reexecução do sistema de impermeabilização:

- a. demolição do acabamento;
- b. remoção da proteção mecânica existente;
- c. retirada e transporte do entulho gerado;
- d. remoção da impermeabilização antiga;
- e. reconstituição da regularização;
- f. aplicação da nova impermeabilização;

g. colocação da camada separadora;

h. proteção mecânica;

i. novo acabamento;

Contudo, em alguns casos a reimpermeabilização total não é viável economicamente ou tecnicamente, desse modo, se faz importante conhecer as técnicas específicas de impermeabilização de edificações já construídas.

5.2. Tratamentos para a umidade em paredes e esquadrias

5.2.1. Ascensão de águas nas paredes

O fenômeno é uma das principais anomalias de umidade em paredes, segundo MAGALHÃES (2008), e foi descrito no item 3.2.1 deste texto. SANTOS (2012) ensina que a umidade ascensional está relacionada, normalmente, com a elevada capilaridade dos materiais da parede e/ou a ausência ou mau posicionamento de barreiras de estanqueidade com os seguintes fatores (Figura 53):

a) Fundações das paredes situadas abaixo do nível freático;

b) Fundações das paredes situadas acima do nível freático em zonas em que o terreno tem elevada capilaridade provocando a ascensão da água a uma cota inferior, em relação ao terreno;

c) Paredes implantas em terrenos pouco permeáveis ou com inclinação virada para as paredes.

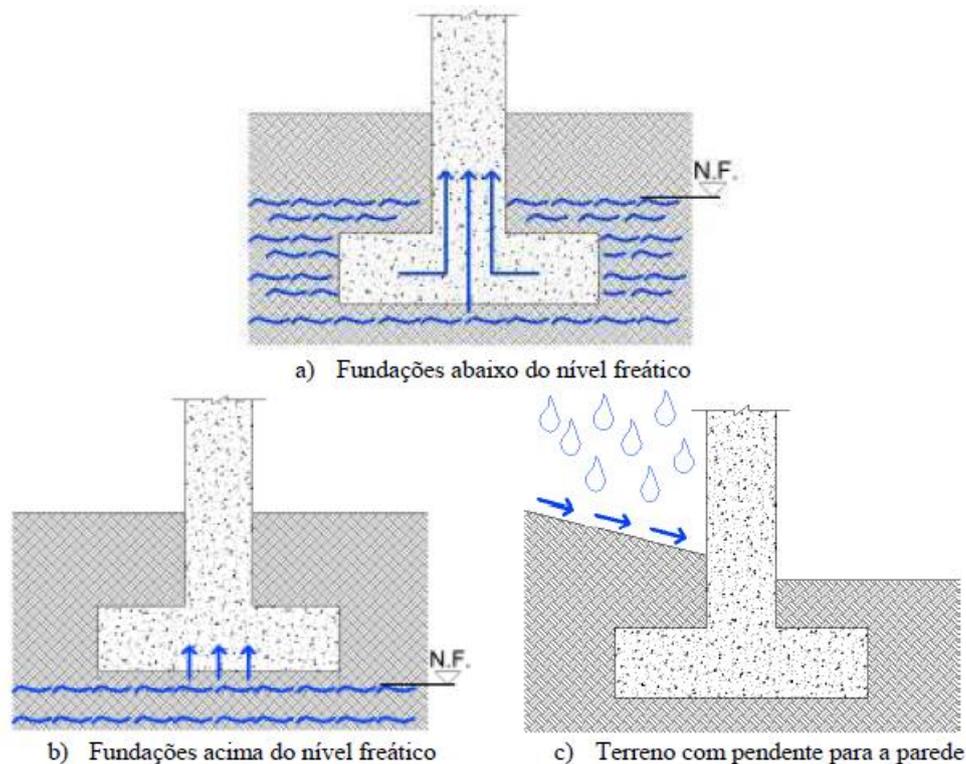


Figura 53 - Condições de paredes que favorecem a ascensão capilar. Fonte: SANTOS (2012)

5.2.1.1. Impedir o acesso das águas as paredes

Segundo MAGALHÃES (2008), a execução de valas periféricas no exterior das paredes afetadas é uma técnica bastante eficaz para impedir o acesso de águas superficiais à parede. Nesse sentido, a aplicação deve ocorrer quando o acesso da água é feito lateralmente, ou seja, quando a profundidade atingida pelas águas é inferior à cota mínima das fundações.

O mesmo autor ensina que existem dois tipos de valas periféricas:

- i. Valas periféricas sem enchimento;
- ii. Valas periféricas com enchimento;

As valas periféricas sem enchimento não são preenchidas com qualquer material, dessa maneira, devem possuir alguma resistência mecânica para resistir impulsos horizontais. Além disso, devem possuir uma calha para o encaminhamento das águas recolhidas e também necessitam de uma abertura para possibilitar a ventilação na parede (Figura 54), esta deve ser coberta por grelhas (BRITO, 2003). O objetivo principal deste

método é garantir a secagem das paredes através da ventilação externa (MAGALHÃES, 2008).

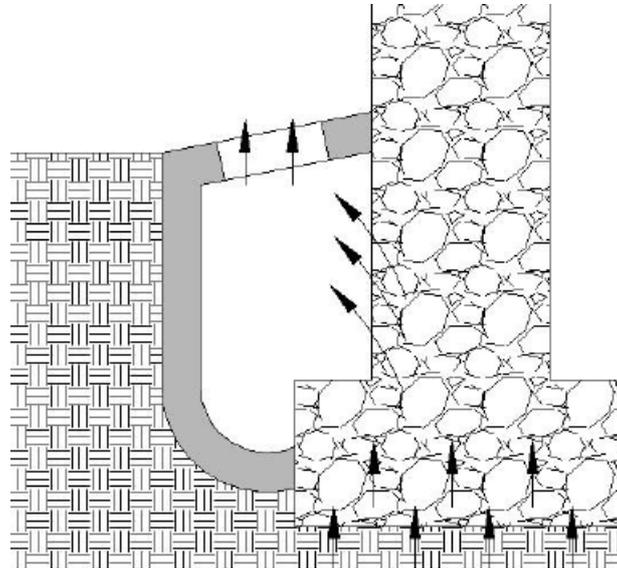


Figura 54 - Vala periférica sem enchimento. Fonte: MAGALHÃES (2008)

BRITO (2003) ensina que as vantagens deste método consistem no favorecimento da secagem das paredes além do impedimento das águas laterais chegarem até a parede. Contudo, o autor acrescenta que para isso terá de ser prevista a colocação de um reboco permeável ao vapor ou, se possível, não ser aplicado qualquer tipo de revestimento.

As valas periféricas com enchimento podem ser executadas juntas ou afastadas das paredes sendo preenchidas com materiais permeáveis no seu interior (MAGALHÃES, 2008). BRITO (2003) acrescenta que “estes materiais deverão constituir em média quatro camadas distintas, com granulometrias crescentes da superfície para o fundo” (Figura 55).

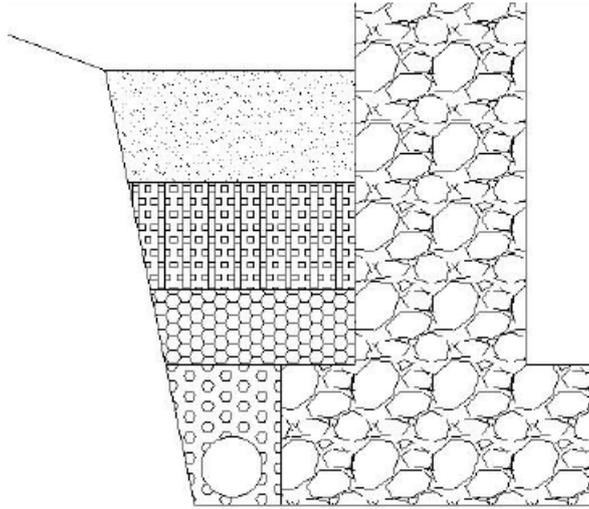


Figura 55 - Vala periférica com enchimento. Fonte: MAGALHÃES (2008)

Nesse contexto, BRITO (2003) ensina que “deve ter-se o cuidado de impermeabilizar a superfície do terreno adjacente à parede, a fim de evitar infiltrações para a zona que se pretende drenar. Deve também garantir-se uma pequena inclinação do terreno no sentido da vala”.

Por outro lado, FREITAS (2003) indica dois outros métodos para valas com enchimento. O primeiro é constituído por um filtro, uma camada drenante junto a parede e britas próximas ao dreno (Figura 56), com o objetivo de conduzir a água lateral, além de uma barreira estanque, para evitar a infiltração da água, podendo ser uma emulsão betuminosa, por exemplo.

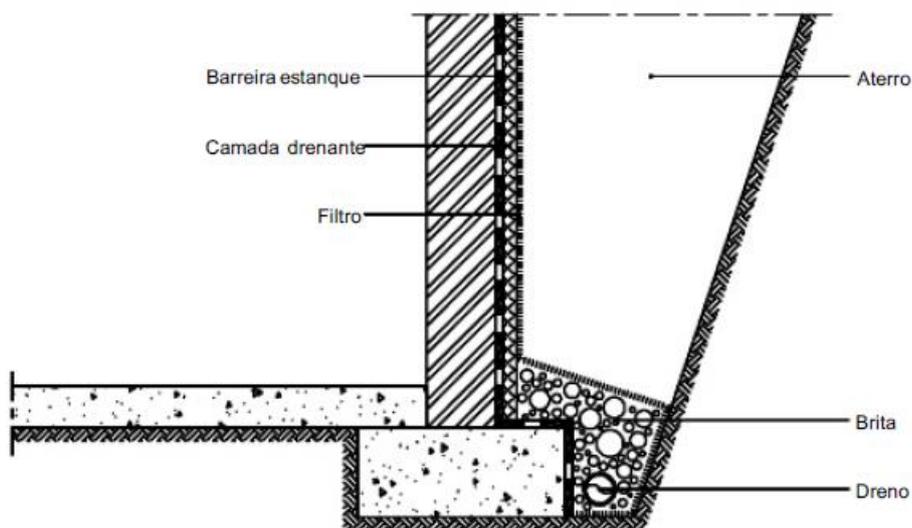


Figura 56 - Vala com enchimento com filtro. Fonte: FREITAS (2003)

O segundo método ensinado pelo autor não utiliza o sistema de filtro e dreno, é composto somente pela barreira estanque. FREITAS (2003) sugere a aplicação de uma argamassa de cimento hidrófugo para a regularização da parede, em seguida é executada a aplicação da emulsão betuminosa com 4 a 6mm de espessura armada com lã de fibra de vidro para resistir pressões hidrostáticas (Figura 57).

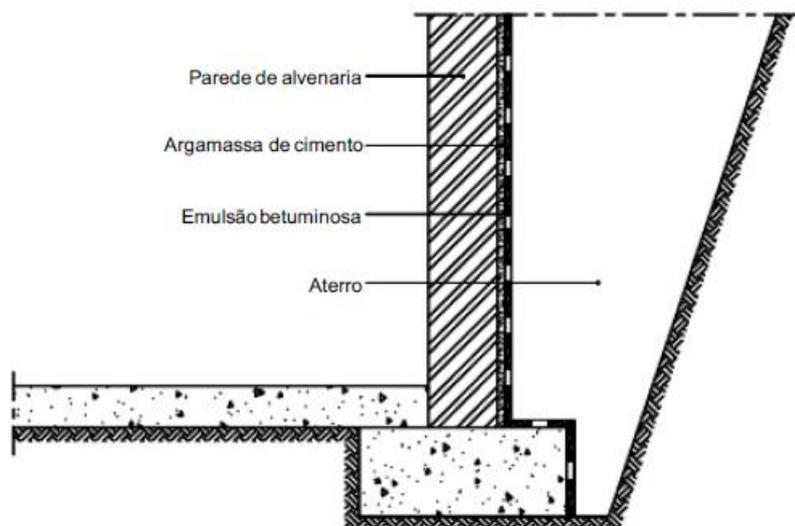


Figura 57 - Vala com enchimento com cimento hidrófugo e emulsão betuminosa. Fonte: FREITAS (2003)

5.2.1.2. Impedir a ascensão da água nas paredes

Para impedir a ascensão da água nas paredes se faz o chamado corte hídrico, que consiste basicamente em introduzir uma barreira impermeável nas bases das paredes, com o objetivo de impedir a ascensão da água (TORRES, 2014). Segundo FREITAS (2014) esse sistema é possivelmente o mais eficaz no tratamento de umidade ascendente. Nesse contexto, as barreiras introduzidas podem ser físicas ou químicas. As barreiras físicas são constituídas de metais, materiais betuminosos e outros materiais impermeáveis, já as barreiras químicas são constituídas por resinas, silicones e outros produtos capazes de impedir a ascensão da água nas paredes.

5.2.1.2.1. Substituição parcial de alvenarias

Consiste na substituição de alguns elementos de alvenaria por materiais não capilares (TORRES, 2014). O método consiste na substituição de elementos de alvenaria em cerca de 20 a 30 cm de altura em toda a espessura da parede ao longo de uma faixa pré-definida (Figura 58), substituindo por materiais impermeáveis. BRITO (2003) ensina que essa substituição pode ser feita por blocos de alvenaria impermeabilizados e mais densos na sua constituição, com utilização de aditivo hidrófugo na argamassa.

MAGALHÃES (2008) defende que este processo é eficaz quando bem utilizado embora seja moroso e de difícil execução. O autor ensina que podem-se utilizar também membranas betuminosas ou placas de chumbo como camadas impermeáveis, no entanto, se faz necessário o cuidado para que os espaços livres sejam preenchidos de modo a garantir que não haja assentamentos posteriores.

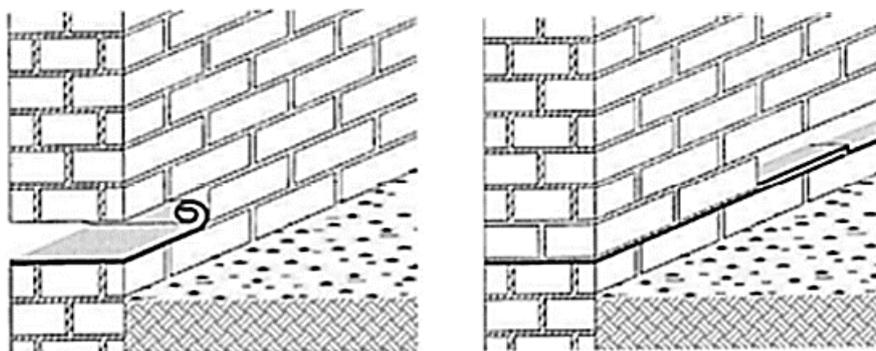


Figura 58 - Introdução de material impermeável na alvenaria. Fonte: TORRES (2014)

Outra maneira de realizar a barreira física é fazendo cortes mecânicos na alvenaria com cerca de 1m de comprimento que vão sendo preenchidos por materiais estanques como membranas betuminosas, folhas de polietileno ou de PVC e argamassas de ligantes sintéticos, após efetuada a limpeza das aberturas com o objetivo de assegurar a aderência do produto. Deve-se tomar cuidado também para que não haja assentamentos posteriores (TORRES, 2014).

5.2.1.2.2. Método de Massari

Em 1965, Massari desenvolveu um processo com o objetivo de ser mais prático do que o método anterior. O método de Massari é baseado na execução de uma linha de sucessivas perfurações (Figura 59) de cerca de 45 a 50cm de comprimento (TORRES, 2014).

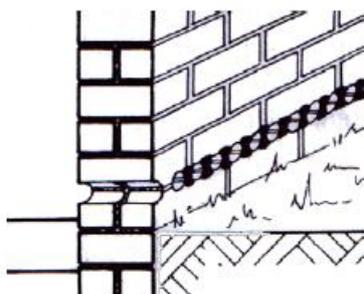


Figura 59 - Linha de sucessivas perfurações. Fonte: TORRES (2014)

Segundo MAGALHÃES (2008) “O diâmetro nominal das furações deve ser de 3,5 cm e devem ser executadas em duas séries alternadas. Na primeira série os furos devem ser executados tangencialmente uns aos outros ao longo do comprimento. A segunda série de furos deve ser executada com estes a terem o centro nos pontos de tangencia dos anteriores”, conforme a Figura 60.

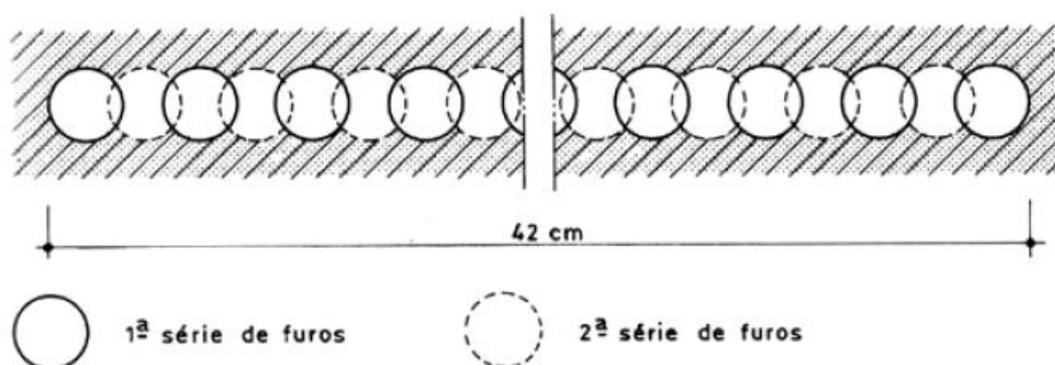


Figura 60 - Séries de furos na aplicação do Método de Massari. Fonte: BRITO (2003)

Nos espaços obtidos, procede-se, após limpeza, à introdução de uma argamassa de ligantes sintéticos, constituída por pó de mármore, areia fina e uma mistura de resina de poliéster com carbonato de cálcio (BRITO, 2003).

5.2.1.2.3. Método de Schöner Turn

O método consiste na introdução forçada de chapas metálicas na alvenaria (Figura 61), como chapas de aço inoxidável onduladas, com a utilização de martelos pneumáticos (TORRES, 2014). Segundo MAGALHÃES (2008) “esta técnica está restringida a alvenarias executadas com elementos regulares com juntas contínuas e bem definidas, nas quais as chapas metálicas são inseridas. Tem como inconveniente as vibrações causadas pelos martelos, não sendo por isso adequada a construções históricas”.

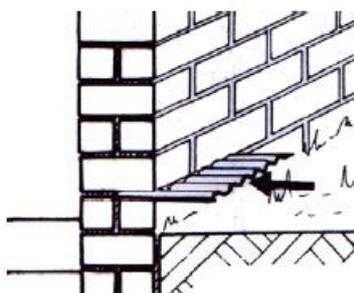


Figura 61 - Introdução forçada de chapa metálica. Fonte: BRITO (2003)

5.2.1.2.4. Barreiras químicas

A execução de barreiras físicas apresenta algumas limitações como custo, vibrações, poeiras e a dificuldade de aplicação. Nesse sentido, a disponibilidade cada vez maior de materiais sintéticos permite a execução de barreiras químicas nas estruturas porosas dos materiais que constituem a parede (TORRES, 2014).

Segundo BRITO (2003) “este método consiste, basicamente, na criação de zonas estanques nas paredes através da introdução de produtos que, por via química, impedem a progressão da água nas paredes. Para este efeito, os tratamentos superficiais não são adequados já que os sais se podem continuar a formar no interior da parede”.

Estas barreiras devem localizar-se o mais próximo possível do solo (cerca de 15cm). Executam-se furos que devem estar afastados cerca de 10 a 20 cm com uma profundidade total de 2/3 da espessura da parede. Se a parede for muito espessa e o acesso se possa fazer às duas faces executam-se furos dos dois lados da parede, sempre desencontrados e com uma profundidade máxima de 1/3 da espessura, como na Figura 62 (MAGALHÃES, 2008).

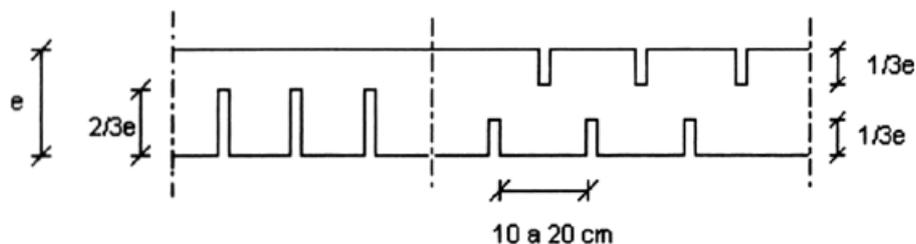


Figura 62 - Furos na parede para a introdução de produtos. Fonte: BRITO (2003)

Para a introdução do produto na parede pode-se utilizar duas técnicas. No processo de difusão, ou introdução por gravidade, os furos podem ser horizontais ou inclinados no sentido da base da parede, neles são introduzidos os frascos contendo o produto impermeabilizante. Na sua parte inferior, possuem um tubo que permite o fácil escoamento do produto para a parede (Figura 63). A difusão desse produto no interior da alvenaria é efetuada pelas ações de gravidade e de capilaridade dos materiais (BRITO, 2003).

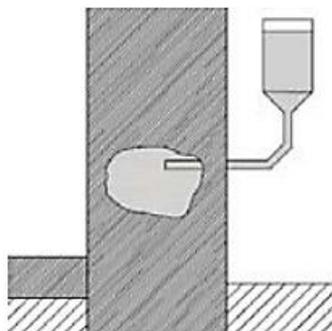


Figura 63 - Introdução por difusão. Fonte: FREITAS e GUIMARÃES (2014)

No processo de injeção “através de um equipamento de pressão que se liga diretamente ao conjunto de tubos inseridos na furação realizada, o produto é introduzido sobre pressão na parede facilitando a expulsão de água contida nos poros e promovendo a penetração do produto e a sua distribuição na parede (Figura 64)” (FREITAS, 2014).

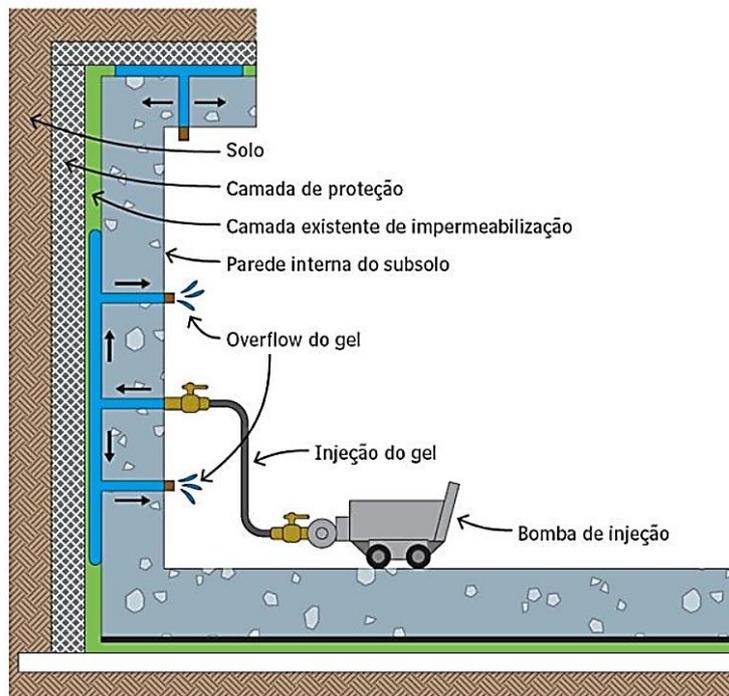


Figura 64 - Introdução por injeção. Fonte: CICHINELLI (2013)

Ainda em relação ao processo de injeção, segundo a fabricante SIKA (2015) os procedimentos adotados neste caso são os descritos a seguir:

- a. Faça as furações para instalar os bicos no elemento construtivo que está com vazamento. As furações tem que ser feitas com um espaçamento de 30 cm a 50 cm, como mostrado na figura.
- b. Instale os bicos mecânicos. Aperte-os para que eles possam resistir a máxima pressão de injeção.
- c. Fixe a válvula de retorno no primeiro bico e comece o processo de injeção na fileira mais baixa de furos (Figura 65).



Figura 65 - Injeção a partir da fileira mais baixa de furos. Fonte: SIKA (2015)

- d. Quando o material de injeção escoar para fora do segundo bico, feche a válvula de retorno o mais rápido possível. Pare a injeção no primeiro bico e continue no segundo.
- e. Repita o procedimento bico a bico.

5.2.1.2.5. Redução da seção absorvente

Esta técnica desenvolvida por Koch no século XIX para tentar solucionar problemas de umidade da Igreja de São Luís dos Franceses em Roma. Consiste na redução da seção absorvedora de água, substituindo parte da alvenaria existente por espaços vazios com o objetivo de reduzir ao mínimo a quantidade de tubos capilares responsáveis pela ascensão da água pelas paredes (TORRES, 2014).

A Figura 66 ilustra a redução da seção absorvente e o seu efeito na altura de água, pode-se observar a altura atingida pela água antes e depois da execução das aberturas semicirculares na base da parede.

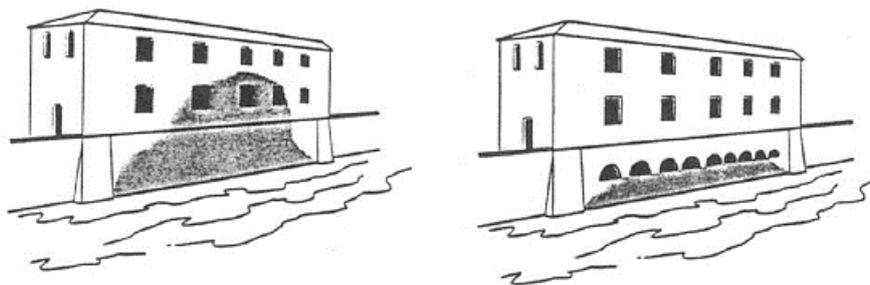


Figura 66 - Redução da seção absorvente. Fonte: BRITO (2003)

Segundo BRITO (2003) o princípio de funcionamento do método é o fato de que a quantidade de água absorvida pela seção reduzida da parede seja compensada pela evaporação que se produz na zona imediatamente a seguir às aberturas, impedindo que a migração se continue a verificar. O autor ensina ainda que embora seja uma ideia interessante é, obviamente, uma técnica pouco usada por questões arquitetônicas e estruturais e apenas aplicável em certos edifícios.

5.2.1.3. Retirar água em excesso das paredes

5.2.1.3.1. Introdução de tubos de ventilação

Os tubos de ventilação (ou drenos atmosféricos ou tubos de Knapen) foram concebidos por Knapen, são tubos introduzidos inclinados na alvenaria de com o objetivo de ventilar e cortar o potencial capilar. Segundo BRITO (2003) “o ar que entrava nesses tubos ficava rapidamente saturado e era substituído por ar seco, mais leve, gerando-se um processo de ventilação. A posição oblíqua dos drenos favorece a corrente de convecção ligada ao arrefecimento do ar que promove a evaporação” (Figura 67).

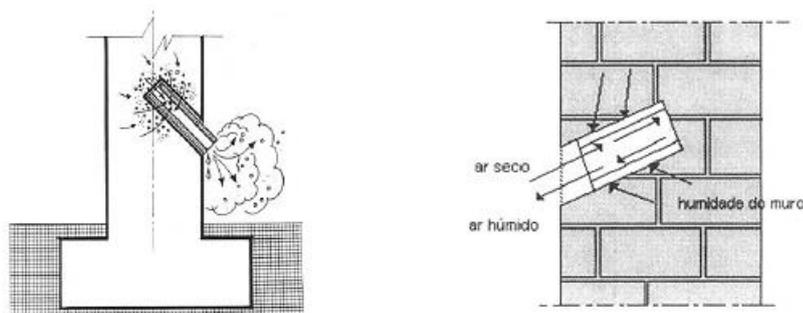


Figura 67 - Método de funcionamento dos drenos. Fonte: BRITO (2003)

Segundo TORRES (2014) “embora se trate de uma solução muito econômica e, por isso bastante utilizada na Europa Central, não apresenta resultados satisfatórios quando a parede tem uma espessura elevada ou quando há um grande afastamento entre tubos”. Além disso, BRITO (2003) acrescenta que na medida que a temperatura no interior dos tubos é diferente do exterior, é difícil prever o comportamento real do sistema,

e acrescenta que os sais provenientes das alvenarias podem entupir as zonas de contato entre os tubos e a parede, obstruindo a passagem do vapor de água.

O processo de instalação consiste na execução de simples furos inclinados de 20° a 30° com a horizontal, distando entre si cerca de 35 a 40 cm, não devendo a sua profundidade ultrapassar $\frac{3}{4}$ da largura da parede a tratar. Nestes furos são colocados os drenos, os quais podem ser cerâmicos, plásticos ou metálicos, e apresentar diversas formas e dimensões. Em seguida, a cavidade deverá ser preenchida com uma argamassa porosa que fixa o dreno e favorece a circulação do ar. Por último, é aplicada uma argamassa de acabamento e colocada uma grelha de proteção aparente na extremidade livre do dreno (BRITO, 2003).

5.2.1.3.2. Eletro-osmose

A ascensão de água pelas paredes dá origem à criação de uma diferença de potencial elétrico entre o terreno e a parede. O sistema eletro-osmótico cria um potencial contrário ao potencial capilar, fazendo parar a ascensão da água (MAGALHÃES, 2008).

TORRES (2014) ensina que a metodologia passa por introduzir na parede um conjunto de sondas condutoras que funcionam como ânodo ligadas a uma tomada de terra que atua como cátodo. MAGALHÃES (2008) elenca os diferentes tipos de osmose aplicados em paredes.

A eletro-osmose passiva tem como objetivo apenas anular o diferencial de potencial existente, razão pela qual se procede a ligação de sondas da mesma natureza na parede e no terreno, como ilustra a Figura 68.

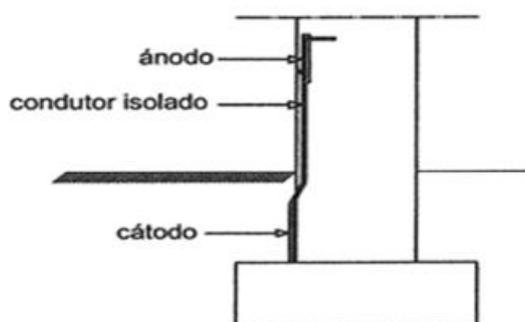


Figura 68 - Eletro-osmose passiva. Fonte: TORRES (2014)

A eletro-osmose semi-passiva é um processo idêntico ao anterior mas com a diferença de os materiais serem diferentes (cobre para o ânodo e magnésio para o cátodo) funcionando como espécie de pilha (Figura 69).



Figura 69 -Eletro-osmose semi-passiva. Fonte: TORRES (2014)

A eletro-osmose ativa (Figura 70) difere-se dos anteriores por se introduzir entre os eléctrodos uma fonte de corrente contínua de baixa tensão.

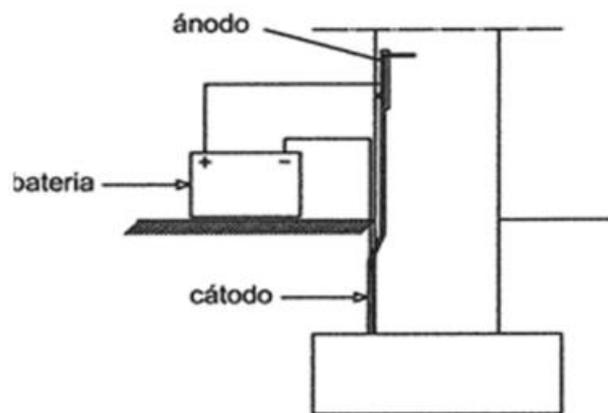


Figura 70 - Eletro-osmose ativa. Fonte: TORRES (2014)

Um dos inconvenientes da eletro-osmose é que, quando o funcionamento do sistema é interrompido nota-se o reaparecimento da umidade. Na eletro-osmose forese o ânodo é em cobre e o cátodo em aço galvanizado, procede-se à introdução de produtos de forese contendo partículas metálicas em suspensão. Nesse sentido, o sistema funciona sob a ação da corrente criada pela “pilha”, a água desloca-se arrastando consigo os produtos que irão colmatar os tubos capilares (Figura 71). Assim, ao fim de um ano e meio a dois anos, os tubos encontram-se totalmente colmatados e o sistema pode ser interrompido (TORRES, 2014).

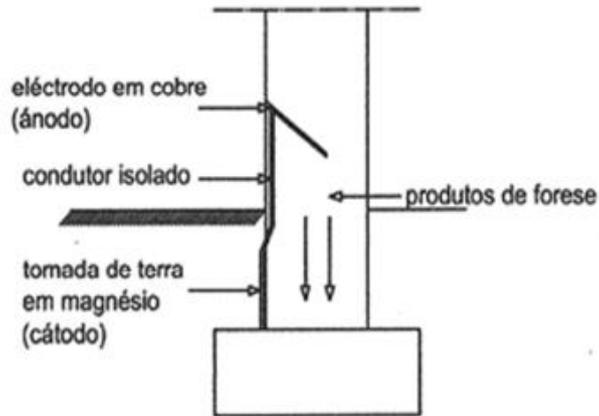


Figura 71 - Eletro-osmose forese. Fonte: TORRES (2014)

5.2.1.4. Ocultação das patologias

5.2.1.4.1. Aplicação de revestimentos com características especiais

MAGALHÃES (2008) ensina que “estes revestimentos têm de ser impermeáveis ou estar associados a outros materiais que garantam a estanqueidade. Existem vários materiais com essas características como argamassas de reboco aditivadas, materiais sintéticos especiais e pinturas estanques, bem como soluções de revestimentos descontínuos de diversos tipos”.

Nesse contexto, no que tange os revestimentos impermeáveis, as principais empresas do mercado nacional, como a Vedacit, indicam a utilização de argamassa polimérica. Segundo CIPLAK (2017), a aplicação de argamassa polimérica em caso de umidade ascendente deve seguir os seguintes passos:

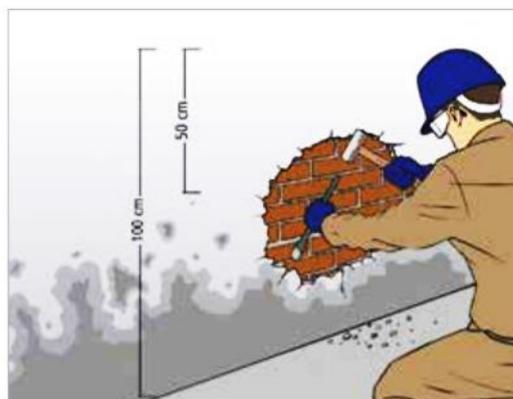


Figura 72 - Remoção do reboco. Fonte: CIPLAK (2017)

- a. Remover o reboco até chegar à alvenaria a uma altura de, no mínimo, 1m quando a umidade estiver até 0,50m do piso. Quando esta estiver acima de 0,50m, remover 0,50m acima da marca de umidade mais alta da parede (Figura 72).
- b. Fazer reparos em nichos e falhas de concretagem na estrutura e, se necessário executar uma camada de regularização. Pode-se umidificar (não encharcar) a área de aplicação antes de cada demão do produto. Aplicar a argamassa polimérica em demãos cruzadas na superfície até atingir o consumo estimado. Após a secagem executar a proteção mecânica.

Por outro lado, TORRES (2014) indica a aplicação de revestimento com porosidade e porometria controlada (Figura 73), o método consiste na colocação de materiais porosos no exterior de forma a facilitar as condições de evaporação à superfície dos diversos elementos. Desse modo, FREITAS (2014) explica que esse método é feito com a “realização de rebocos com subcamadas com porosidade que diminui do exterior para o interior, facilitando a evaporação de água”. No entanto, o autor ensina que com o tempo podem surgir eflorescências que preenchem os poros do material, fazendo com que a eficiência do sistema seja reduzida.

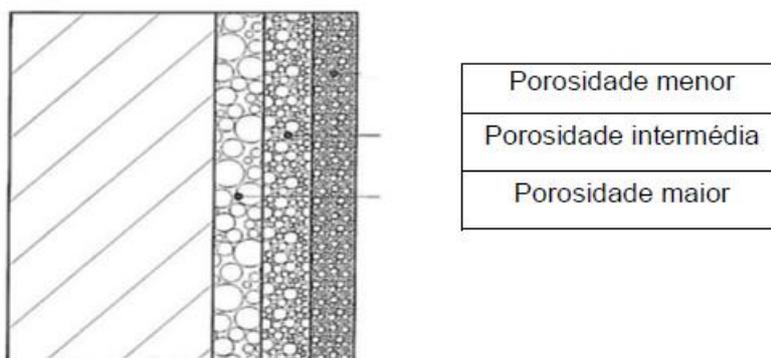


Figura 73 - Revestimento com porosidade e porometria controlada. Fonte: TORRES (2014)

5.2.1.4.2. Nova parede pelo interior

MAGALHÃES (2008) explica que uma parede é executada pelo interior, afastada de 5 a 10 cm sem qualquer ponto de contato com a parede original para que não haja passagem de umidade para a nova parede, e o espaço entre as paredes deve ser ventilado para o exterior com a execução de orifícios na parte superior e inferior, permitindo a circulação de ar.

Além disso, FREITAS (2014) diz que a base da parede construída deve estar assente por uma camada impermeável (Figura 74), não havendo continuidade hídrica. O autor explica as etapas para a aplicação do método:

- a. Eliminar o revestimento da parede afetada, por forma a promover a evaporação da água;
- b. Executar orifícios de ventilação da parede em diferentes níveis;
- c. Colocar a parede interior a cerca de 10 cm de distância sobre uma camada impermeável (argamassa com polímeros ou tela impermeabilizante).

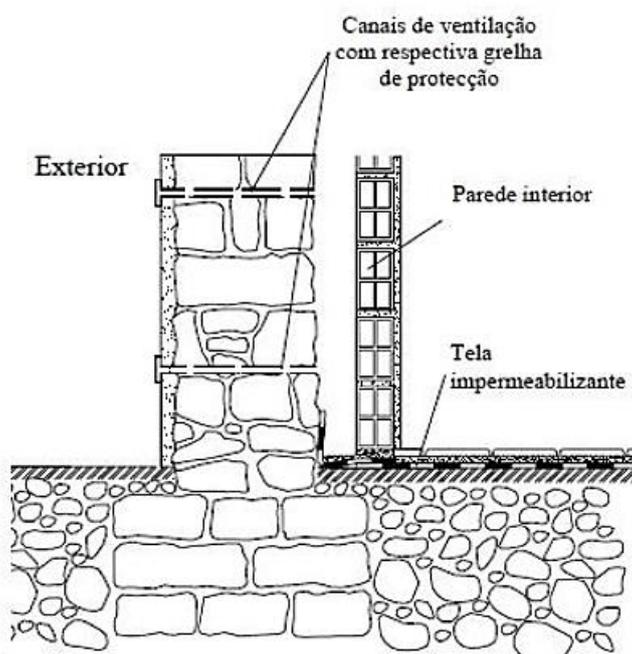


Figura 74 - Execução de nova parede no interior. Fonte: FREITAS (2014)

Os inconvenientes da solução, além da redução de área do compartimento, estão relacionados com a necessidade de compatibilizar a nova parede com os interruptores, tomadas eléctricas, rodapés e arremates em zonas de portas e janelas existentes (BRITO, 2003).

5.2.2. Infiltração devido a incidência direta de água

No que tange à infiltração por precipitação em fachadas, SANTOS (2012) ensina que a causa com maior ocorrência para a manifestação da patologia é a falta de estanqueidade dos remates de esquadrias, o autor acrescenta ainda que a geometria do peitoril e as condições de execução da parede exterior, tais como a impermeabilização e

a qualidade do revestimento, também são fatores determinante para a ocorrência de umidade de precipitação.

Para a falta de estanqueidade nos remates, o procedimento de aplicação da vedação deve ser refeito. HACHICH (2010) explica que os principais selantes são constituídos de resina butílica, acrílica, polissulfeto, poliuretano e silicone. E para saber qual é o mais adequado para as junções entre alvenaria e esquadrias deve-se verificar a capacidade de adesão do selante aos dois suportes, capacidade de movimento da junta e a resistência ao envelhecimento. Já na vedação esquadria/vidro a vedação depende do material do perfil do caixilho, da condição de exposição e do projeto da esquadria.

LUDUVICO (2016) mostra a influência da insuficiência ou inexistência da inclinação do peitoril agravada pela ausência da barreira de vedação como fator determinante para a presença da umidade na região da esquadria (Figura 75). Como solução para esta patologia SANTOS (2012) recomenda a retirada e recolocação do peitoril com uma inclinação adequada, mínima de 1%, ou a colocação de um peitoril metálico sobre o existente.

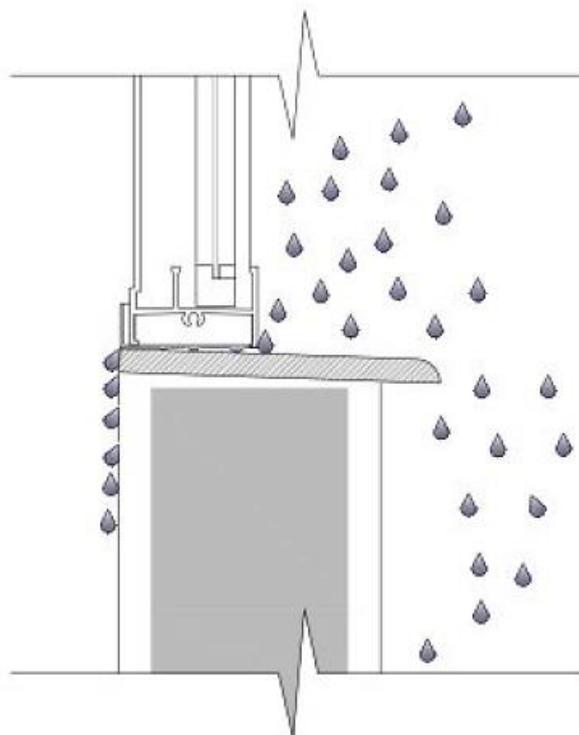


Figura 75 - Água infiltrando na junta do peitoril com a esquadria. Fonte: LUDUVICO (2016)

No caso de umidade na parede devido à incidência direta de água na parede, VEDACIT (2017), no guia de aplicação em seu site, recomenda a aplicação de argamassa polimérica ou a aplicação de pintura acrílica impermeabilizante, com a retirada do revestimento, conforme os respectivos procedimentos descritos no item 3.4 e 3.5. deste texto.

5.3. Tratamento para umidade em lajes

5.3.1. Infiltração devido à ausência de impermeabilização

No caso de ausência de impermeabilização se faz necessário a aplicação de um sistema completo de impermeabilização. Pode ser aplicado um dos sistemas descritos nas seções 3.4 e 3.5, tomando os cuidados nos detalhes descritos no item 3.6. Outros sistemas estão disponíveis no mercado, deve-se então seguir as normas e as orientações dos fabricantes.

5.3.2. Infiltração por perfuração ou fissuração da camada de impermeabilização

O aparecimento de perfurações na camada de impermeabilização está relacionado à falta de proteção ou aos descuidos na preservação desta camada. Segundo QUARESMA (2015), as principais causas para as perfurações são cargas estáticas e dinâmicas atuando sobre o revestimento impermeabilizante. O autor afirma que muitas vezes essas cargas ocorrem devido à falta de cuidado na execução de trabalhos sobre a laje ou na instalação de equipamentos, devido a quedas acidentais de objetos e ferramentas, por vezes durante a aplicação do revestimento. A Figura 76 ilustra uma manta com presença de perfurações.



Figura 76 - Perfuração de manta. Fonte: POÇA (2015)

As fissurações na camada de impermeabilização (Figura 77) estão ligadas a retração inicial do suporte, fissuração por variação de origem térmica do suporte, fissuração por deformação do suporte e fissuração por envelhecimento dos materiais de impermeabilização (POÇA, 2015). Tal anomalia pode ocorrer de maneira localizada ou generalizada, levando a perda de utilidade de todo o sistema.



Figura 77 - Fissuração de manta betuminosa. Fonte: POÇA (2015)

Para a recuperação do sistema de impermeabilização, em primeiro lugar se faz necessário diagnosticar se a anomalia está localizada em uma região ou se é um problema disperso sobre toda a laje. No segundo caso, o indicado é a substituição de toda a impermeabilização por uma nova ou a aplicação de uma nova camada de impermeabilização sobre a existente (POÇA, 2015). Os procedimentos para esse tipo de

reparo são os mesmos utilizados na aplicação de um sistema de impermeabilização sobre uma laje não impermeabilizada, mostrados, por exemplo, nas seções 3.4 e 3.5 deste texto em materiais com aplicação em lajes, com atenção especial para os detalhes de arremates do item 3.6.

Contudo, para que ANTÓNIO (2011) ensina que para se aplicar um sistema de impermeabilização sobre o existente “é necessário que os materiais sejam compatíveis, de preferência do mesmo tipo de betume ou de produto sintético, e deve-se utilizar uma camada intermediária entre as duas camadas que impeça o contato direto, recorrendo por exemplo a um material como o geotêxtil”, para que as possíveis movimentações da impermeabilização antiga não sejam transmitidas para a nova camada (Figura 78).

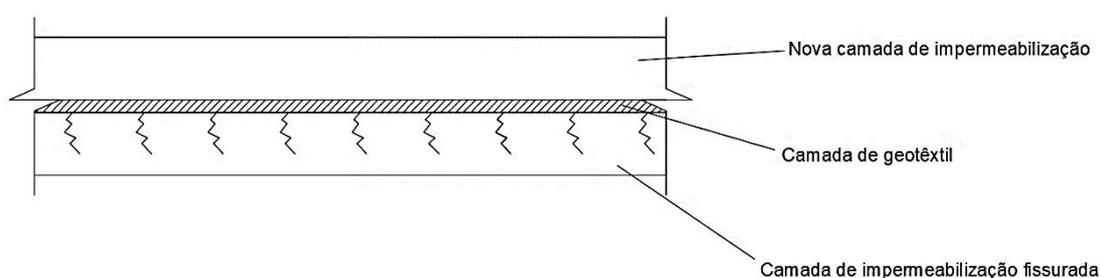


Figura 78 - Nova camada de impermeabilização aplicada sobre o sistema deteriorado. Fonte: O autor (2018)

Quando a perfuração ou fissuração está localizada em uma determinada porção da camada é possível fazer um reparo em uma região delimitada. ANTÓNIO (2011) explica que se a camada de impermeabilização não estiver muito degradada é indicado a sobreposição de uma impermeabilização do mesmo tipo sobre a região danificada, caso contrário, é necessário que a região danificada seja retirada para a aplicação de uma nova camada no local. Nos dois casos, o autor ensina que a aplicação da camada deve ser feita no mesmo sentido de aplicação da camada existente, além disso, deve haver uma sobreposição de no mínimo 10cm entre a impermeabilização nova e a existente. No entanto, POÇA (2015) indica que os 10cm se referem às juntas longitudinais, e confere o valor de 15cm às juntas transversais (Figura 79). É importante observar que para que a junta de 15cm seja atendida o comprimento mínimo da nova impermeabilização no sentido transversal deve ser de 30cm. Além disso, vale ressaltar que a junta transversal acrescenta ao sistema um ponto crítico, pois esta sofre esforço da água corrente no sentido de descolar o reparo.

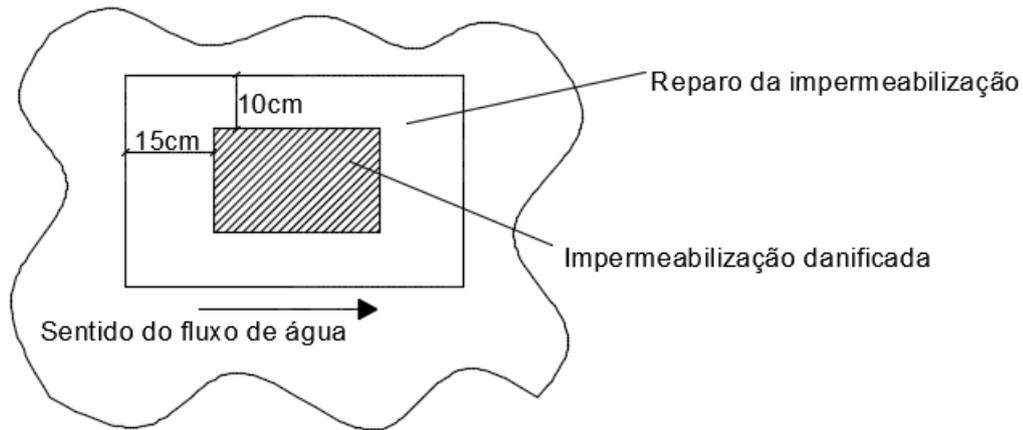


Figura 79 - Reparo local de impermeabilização – vista superior. Fonte: O autor (2018)

Outra possibilidade para reparos localizados em lajes é a aplicação de produtos impermeabilizantes através de injeção, similar ao método de barreira química visto em umidade ascensional nas paredes (Figura 80). CICHINELI (2013) discorre sobre o método no qual é injetado um gel a base de polímeros de borracha, segundo a autora o produto “possui boa aderência em substratos úmidos, em função das propriedades expansivas da bentonita e, devido à alta flexibilidade do componente de borracha em gel, apresenta boa resposta aos movimentos da estrutura”.

Em primeiro lugar é feita a delimitação da área de reparo, após a detecção dos vazamentos, definindo os pontos de injeção. É feita posteriormente a determinação da espessura do concreto, através do projeto ou de sondagem com perfuração, e o mapeamento das armaduras através de detectores. São feitos furos de 22 mm de diâmetro externo até a camada de impermeabilização, espaçados em intervalos de 0,5 m a 1,5 m entre si. No caso de injeções em alta pressão (> 500 psi) os furos devem possuir 10 mm de diâmetro externo, espaçados em intervalos de 0,1 m a 0,5 m entre si. Após a instalação dos bicos de injeção, é feita a injeção do material, inicialmente a injeção deve ser feita pausadamente até a estabilização da pressão. A observação do preenchimento da camada de impermeabilização ocorre pelos overflows nas perfurações adjacentes. Após a injeção é feito o fechamento dos furos utilizando-se geotêxtil com a aplicação posterior de argamassa polimérica, para então ser feito o acabamento (CICHINELLI, 2013).

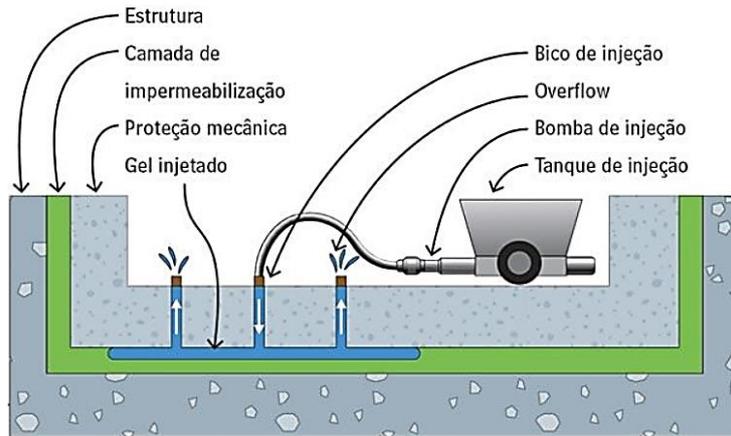


Figura 80 - Injeção de impermeabilizante em laje. Fonte: CICHINELLI (2013)

5.3.3. Infiltração por descolamento ou ausência das juntas de sobreposição

O descolamento (Figura 81) ou ausência das juntas de sobreposição em sistemas de mantas aplicados em lajes ocorre na maior parte das vezes pela má execução do sistema ou através da ação de agentes atmosféricos (ANTÓNIO, 2011).



Figura 81 - Juntas de sobreposição descoladas. Fonte: QUARESMA (2015)

Segundo GINGA (2008) os defeitos relacionados às juntas de sobreposição estão associados a erros de projeto ou erros na concepção, como má colocação do revestimento, largura reduzida das juntas de sobreposição, deficiência na soldadura ou má colagem das juntas. Sob essa perspectiva, o mesmo autor ensina que o calor pode causar deslocamentos desiguais nos materiais que compõem o revestimento devido aos diferentes coeficientes de dilatação, gerando esforços que podem descolar o revestimento na zona de junção.

Além disso, o calor pode causar o amolecimento do material de colagem na região das juntas, que atrelado às movimentações de retração e expansão do revestimento, pode causar o deslocamento nas juntas de sobreposição. Outro agente atmosférico citado pelo autor é o vento, segundo ele “a incidência do vento sobre o revestimento de impermeabilização pode causar forças de sucção uniformemente distribuídas sobre a superfície (Figura 82) capazes de provocar o descolamento das juntas de sobreposição”.

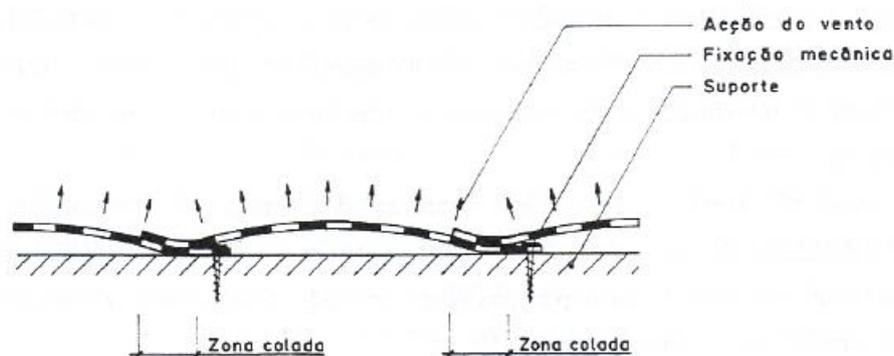


Figura 82 - Ação do vento sobre as juntas de sobreposição. Fonte: GINGA (2008)

Para a recuperação desta anomalia, ANTÓNIO (2011) defende que, caso não haja condições de uso da manta na região, pode ser aplicado o método análogo ao utilizado nos casos de fissuração ou perfuração do impermeabilizante, ou seja, aplica-se uma nova impermeabilização no trecho danificado sobre a impermeabilização já existente. No caso do descolamento parcial da junta de sobreposição deve-se respeitar as sobreposições de 10cm e 15cm utilizadas anteriormente em juntas longitudinais e transversais, respectivamente (Figura 83). No caso em que toda a sobreposição esteja descolada ou ausente se faz a aplicação desta técnica de reparo sobre toda a junta.

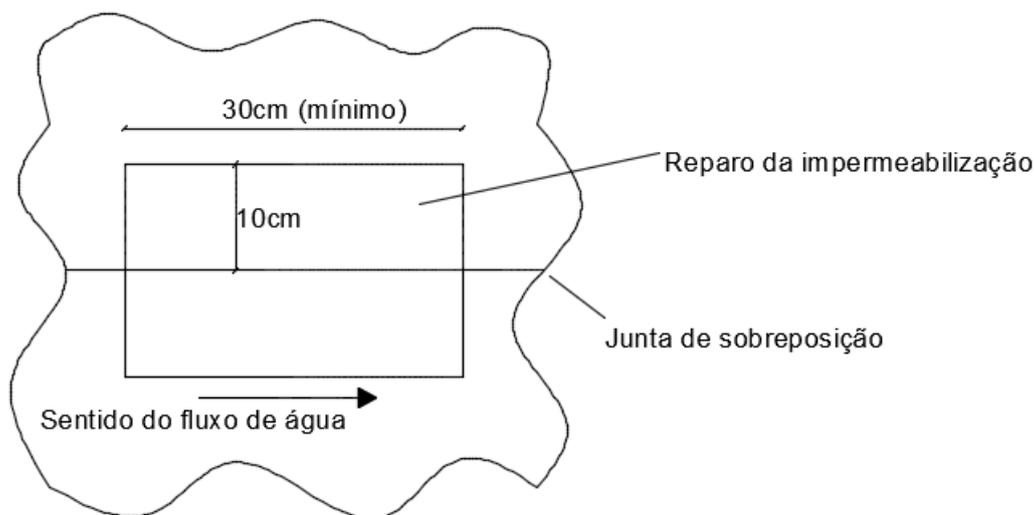


Figura 83 - Reparo local de junta de sobreposição – vista superior. Fonte: O autor (2018)

5.3.4. Infiltração devido às anomalias em pontos singulares

Os pontos singulares, como ralos e passagens de tubos pela camada impermeabilizante, são pontos críticos em todos os sistemas de impermeabilização e, por esse motivo, devem ser executados cuidadosamente de acordo com as orientações descritas item 3.6.

Através dos trabalhos de GINGA (2008) e ANTÓNIO (2011), pode-se elenca como alguns dos principais problemas em pontos singulares em lajes: as anomalias em juntas de dilatação; as anomalias em elementos emergentes; as anomalias em pontos de evacuação de águas e o deficiente remate do revestimento de impermeabilização em soleiras de portas.

Segundo LOPES (1994) as principais anomalias que ocorrem em juntas de dilatação ocorrem geralmente, ou em descolamentos das juntas de sobreposição dos remates, ou na fissuração ou enrugamento desses remates. GINGA (2008) ensina que tais problemas são decorrentes principalmente de erros de concepção. Nesse sentido, para a primeira anomalia pode-se aplicar a solução descrita para o caso de descolamento de juntas de sobreposição. Para a segunda, “remove-se a impermeabilização que faz de remate ao vedante elástico e as camadas inferiores. A extensão desta remoção deve ser semelhante, no mínimo, à extensão do rasgo ou da fissura” ANTÓNIO (2011). Após isso, aplica-se o método utilizado pelo mesmo autor para problemas de rasgamento e fissuras

da camada de impermeabilização em uma região delimitada, respeitando as larguras das sobreposições.

Contudo, nos casos onde o projeto é decisivo para o recorrente aparecimento de anomalias, deve-se modificar a sua concepção, pois o simples reparo será apenas uma solução temporária. GINGA (2008) menciona a situação onde uma junta é feita entre dois edifícios com alturas diferentes, na Figura o projeto de junta é considerado insatisfatório pois os movimentos diferenciais na direção horizontal pode fazer com que o remate fissure, ou as suas juntas se descolem, ou se manifestem enrugamentos acentuados. Por outro lado, a Figura 84 apresenta uma solução viável no sentido de evitar anomalias na junta de dilatação, pois garante que o remate seja aplicado em um dos edifícios somente.

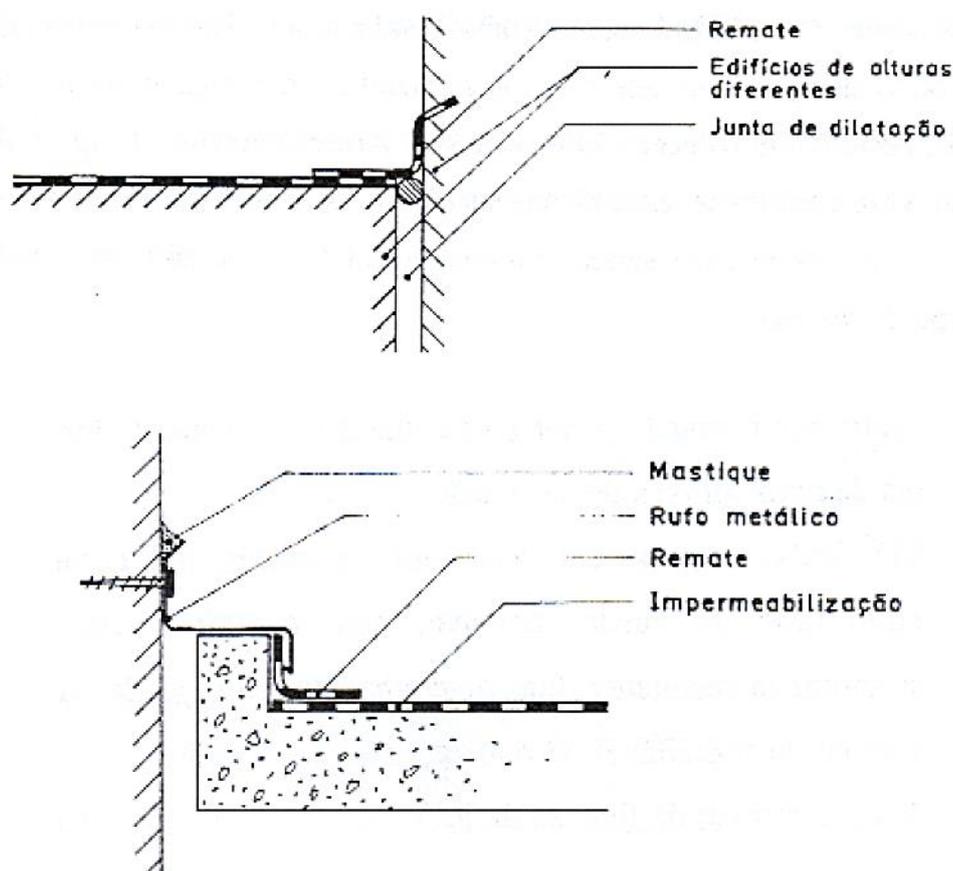


Figura 84 - Exemplo de anomalia em impermeabilização causada por erro de projeto. Fonte: GINGA (2008)

Quando se trata de anomalias em elementos emergentes, ANTÓNIO (2011) destaca: os descolamentos de remates em elementos emergentes e o rasgamento ou a fissuração de remates nos elementos emergentes.

LOPES (1994) ensina que o descolamento dos remates do revestimento de impermeabilização dos elementos emergentes pode estar relacionado com a superfície de

aplicação ou com a configuração do elemento emergente, ou com as condições de realização da colagem. Além disso, GINGA (2008) principais causas de ocorrência de fissuração nos remates de revestimentos de impermeabilização em elementos emergentes estão ligadas a erros de projeto e de execução. Nesses casos, a solução recomendada por ANTÓNIO (2011) é a mesma aplicada em problemas de rasgamento e fissuras da camada de impermeabilização em uma região delimitada, respeitando as larguras das sobreposições.

“As infiltrações de água através da ligação da impermeabilização com as embocaduras do tubo de queda são devidas geralmente à concepção ou execução insatisfatórias do respectivo remate” (GINGA, 2008). Sob essa perspectiva, para se efetuar este reparo, pode-se utilizar o procedimento descrito por ANTÓNIO (2011) para substituir um trecho fissurado ou rasgado da impermeabilização (Figura 85), aplicando os procedimentos descritos no item 3.6.1.

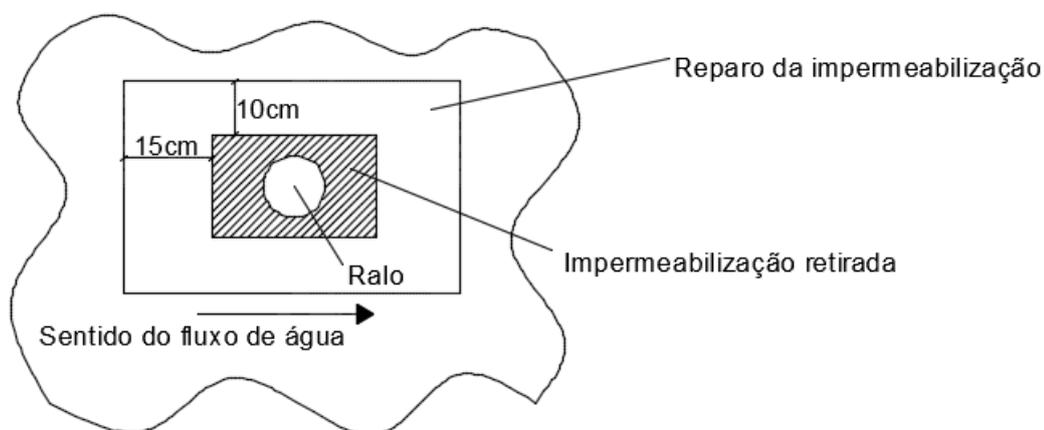


Figura 85 - Reparo local em ralo – vista superior. Fonte: O autor (2018)

Por fim, quanto às anomalias relacionadas à impermeabilização em soleiras, MONTEIRO (2016) defende que, de modo geral, devem-se à falta de penetração da impermeabilização, conforme mostra a Figura 86.

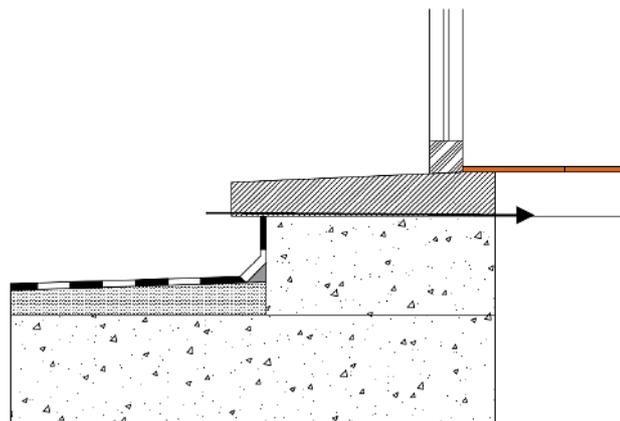


Figura 86 - Impermeabilização equivocada em soleira de porta. Fonte: MONTEIRO (2016)

ANTÓNIO (2011) ensina que, neste caso, deve-se retirar a porta, as esquadrias e todas as camadas que antecedem a impermeabilização. Em seguida, a camada de impermeabilização deve ser cortada antes da junta de sobreposição (no caso de uso de mantas) para que não haja duas sobreposições seguidas. Posteriormente, aplica-se uma nova camada, penetrando abaixo da soleira conforme o detalhe descrito no item 3.6.3, de modo que esta fique ligada a camada existente com uma junta de sobreposição de 10cm.

6. CONCLUSÃO

Os sistemas de impermeabilização são fundamentais para a garantia da vida útil da construção, dessa forma, se faz necessário o conhecimento das técnicas de impermeabilização e a conscientização, de profissionais e proprietários, acerca dos benefícios que um sistema adequado pode trazer para a edificação. Pois a ausência de sistemas de impermeabilização ou equívocos relacionados a estes sistemas geram a degradação de partes da edificação e custos de manutenção corretiva, que são elevados em comparação com os custos de se implantar um sistema preventivo eficiente. Além disso, os métodos de reparo, diversas vezes, apresentam limitações que fazem com que o procedimento corretivo não seja totalmente satisfatório, haja vista que tais métodos podem adicionar pontos críticos ao sistema, modificar a arquitetura de maneira negativa, reduzir o espaço útil da edificação e outros.

Nesse contexto, as causas para os problemas em sistemas de impermeabilização podem ocorrer antes da construção, na fase de projeto, durante a construção, devido a erros de execução ou falta de cuidado com a integridade do sistema, ou após a construção, pela necessidade de se perfurar a impermeabilização, por descuido e outros. As consequências se manifestam durante a obra ou no pós-obra, fazendo com que a vida útil da edificação seja reduzida caso não haja o tratamento rápido e adequado.

Assim, os problemas relacionados à impermeabilização de edificações são realidade no cenário da construção civil nacional e os métodos de reparo destes sistemas ganham importância junto aos métodos de prevenção. Nesse sentido, se faz necessário o conhecimento das mais diversas técnicas de reparo em impermeabilizações, com o objetivo de interromper a degradação da edificação e de evitar com que os custos sejam maiores devido à aplicação de técnicas equivocadas para o reparo. Além disso, o conhecimento pode contribuir desenvolvimento de novas tecnologias para que haja a redução de custos e de limitações técnicas.

A sugestão para trabalhos futuros é que sejam feitos estudos exclusivos de problemas de impermeabilização ou em paredes ou em esquadrias ou em lajes, com o objetivo de abordar o tema com maior especificidade para de cada um destes componentes, visando aprofundar a pesquisa feita neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATE, Vinícius. 2003. *Ralo é ponto vulnerável a infiltrações*. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/ralo-e-ponto-vulneravel-a-infiltracoes-80452-1.aspx>. Acesso em: 14/10/2017.

ANTÓNIO, Diogo Manuel de Oliveira. 2011. *Reabilitação de revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço - Estudo experimental da ligação entre membranas novas e envelhecidas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

ARANTES, Yara de Kássia. 2007. *Uma visão geral da impermeabilização na construção civil*. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CIMENTO PORTLAND - ABCP. 2013. *Mãos à Obra pro – O guia do profissional da construção*. 1ª ed. Editora ABCP/Alaúde, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2008. *Execução de Impermeabilização – NBR 9574*. Rio de Janeiro.

_____. 2010. *Impermeabilização – Seleção e Projeto – NBR 9575*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO DE EMPRESAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – AEI. *História da Impermeabilização*. Disponível em: <http://aei.org.br/historia-da-impermeabilizacao/>. Acesso em 01/10/2017.

_____. 2015. *Impermeabilização na construção civil*. Disponível em: <http://aei.org.br/impermeabilizacao-na-construcao-civil/>. Acesso em 04/02/2018.

AUSTRALIAN INSTITUTE OF WATERPROOFING – AIW. 2016. *The History of Waterproofing*. Disponível em: <http://www.waterproof.org.au/the-history-of-waterproofing/>. Acesso em 01/10/2017.

BAUER, L.A. Falcão. 2008. *Materiais de Construção – Volume 2*. Editora LTC. 5ª edição. Rio de Janeiro.

BAUTECH. 2014. Bautech *Manta Líquida*. Disponível em: http://www.bautechbrasil.com.br/sites/default/files/ficha_tecnica/FT%200.001%20BAUTECH%20MANTA%20L%C3%8DQUIDA_0.pdf. Acesso em: 08/01/2018.

BOSCARRIOL, Roberto. 2013. *Patologias em sistemas prediais – Hidráulica*. Disponível em: <http://www.direcionalcondominios.com.br/sindicos/roberto-boscarriol-jr/item/73-patologias-em-sistemas-prediais-hidraulica.html>. Acesso em: 11/10/2017.

BRITO, Jorge de. 2003. *Humidade ascendente em paredes térreas de edifícios*. Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

BUSIAN, Fábio. 2013. *Impermeabilização asfáltica*. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/60/impermeabilizacao-asfaltica-saiba-como-calculas-o-consumo-e-a-289949-1.aspx>. Acesso em 05/10/2017.

CASTRO, Maicon Doni de; MARTINS, Renato Moser. 2014. *Análise e sugestões terapêuticas das manifestações patológicas de infiltração de um edifício com mais de 20 anos – Estudo de caso*. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Pato Branco.

CICHINELLI, Gisele. 2013. *Saiba como executar reparos de vazamentos com gel impermeabilizante*. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/200/artigo301338-1.aspx>. Acesso em: 07/11/2017.

_____. 2014. *Passo a passo - Aplicação de membrana de poliuretano*. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/75/passa-a-passo-aplicacao-de-membrana-de-poliuretano-326969-1.aspx>. Acesso em: 05/10/2017.

CIPLAK. 2017. *Manual técnico de impermeabilização*. Disponível em: <http://www.ciplak.com.br/media/tinymce/web-manual-cioplak-maio-2017.pdf>. Acesso em: 14/10/2017.

CONSTRUNORMAS. 2017. *Emulsão Acrílica*. Disponível em: <http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/impermeabilizacao/emulsao-acrilica-membrana-acrilica-342375-1.aspx>. Acesso em: 05/10/2017.

_____. 2017. *Emulsão Asfáltica*. Disponível em: <http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/impermeabilizacao/emulsao-asfaltica-340514-1.aspx>. Acesso em: 05/10/2017.

_____. 2017. *Manta Asfáltica*. Disponível em: <http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/impermeabilizacao/mantas-asfalticas-342437-1.aspx>. Acesso em: 05/10/2017.

CRUZ, Júlio Henrique Pinto. 2003. *Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: Avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

CUNHA, Aimar G. da; NEUMANN, Walter. 1979. *Manual de impermeabilização e isolamento térmico*. Texsa Brasileira LTDA. Rio de Janeiro.

CUNHA, Aimar G. da; CUNHA, Ronaldo Ribeiro da. 1997. *Impermeabilização e isolamento térmico: Materiais e especificações*.

DANTE, Geraldo João. 2006. *Impermeabilização em obras de engenharia civil*. Foz do Iguaçu.

DENVER. 2015. *Manual técnico*. 11ª edição. Disponível em: <http://www.denverimper.com.br/files/downloads/0000001-0000500/90/dfe9aa7e673a8ac5013ed094891188a4.pdf>. Acesso em: 11/10/2017.

EVERY DRY WATERPROOFING. 2014. *The Mysterious White Stuff: What is Efflorescence?*. Disponível em: <https://everdrywiconsin.com/mysterious-white-stuff-efflorescence/>. Acesso em: 11/10/2017.

FEILDEN, Bernard. 2003. *Conservation of historic buildings*. 3 ed. Oxford. Butterworth-Heineman.

FENLON, Wesley. 2012. How Waterproof Nanocoating Works to Shield Your Smartphone from Splashes and Submersion. Disponível em: <http://www.tested.com/tech/3472-how-waterproof-nanocoating-works-to-shield-your-smartphone-from-splashes-and-submersion/>. Acesso em 01/10/2017.

FERREIRA, Romário. *Conhecendo os impermeabilizantes*. 2012. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-impermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-245388-1.aspx>. Acesso em: 04/10/2018.

FREITAS, Vasco Peixoto de. 2003. *Impermeabilização de paredes enterradas – Revestimentos betuminosos pastosos e emulsões betuminosas*. OPTIROC PORTUGAL – Cimentos e Argamassas, Lda. Porto.

FREITAS, V.P. de; GUIMARÃES, A.S. 2014. *Tratamento da humidade ascensional no património histórico*. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352014000100002. Acesso em: 14/10/2017.

FREITAS, Rolando Jorge Gonçalves de. 2014. *Técnicas de tratamento/controlo da humidade ascensional – catálogo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Porto.

FUSCO, P. B. 2008. *Tecnologia do Concreto Estrutural*. 2ª Ed. PINI.

GEWEHR, Úrsula. 2004. *Aplicabilidade e eficiência de métodos de saneamento de paredes degradadas por umidade e sais a partir de um estudo de caso*. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

GINGA, Duarte André. 2008. *Sistemas de impermeabilização de coberturas em terraço*

- *Materiais, sistemas e anomalias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

GIORDANI, Andréia Zanatta. 2016. *Levantamento e Diagnóstico das Manifestações Patológicas em Fachadas de Edificações localizadas no Campus da UFSC*. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis.

HACHICH, Vera Fernandes. 2000. *Quais os produtos do mercado mais indicados para a junção de esquadrias metálicas/alvenaria? E entre junções esquadrias/ esquadrias? E para impermeabilização/vedação das esquadrias o que aplicar? E nas junções esquadrias/vidros? É melhor, ou mais....* Disponível em: <http://piniweb17.pini.com.br/construcao/noticias/quais-os-produtos-do-mercado-mais-indicados-para-a-juncao-83692-1.aspx>. Acesso em: 29/12/2017.

HELENE, P.; FIGUEIREDO, E. P. 2003. *Introdução* In: DEGUSSA. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar, São Paulo. Cap. Introdução, pág 19 a 34.

HOME-DRY. 2015. *Humidade nas Paredes*. Disponível em: <http://www.home-dry.ch/humidade-nas-paredes/?lang=pt-pt>. Acesso em 02/10/2017.

IBI. 2017. *O que é impermeabilização?* Disponível em: <http://ibibrasil.org.br/2017/10/17/o-que-e-impermeabilizacao/>. Acesso em: 04/01/2018.

IMPERLARUM. 2014. *Pontos singulares – Juntas de dilatação*. Disponível em: <http://www.imperialum.com/?solucoes=zonas-ou-pontos-singulares-juntas-de-dilatacao-juntas-de-dilatacao-i/>. Acesso em: 29/12/2017.

KLÜPPEL; Griselda P.; SANTANA, Mariely C. 2006. *Manual de conservação preventiva de edificações*. Minc, IPHAN, UCG/Projeto Monumenta.

LEITE, Maria Luisa Pereira. 2013. *Como acabar com o mofo e bolor*. Disponível em: <http://espaco-organizar.com.br/como-acabar-com-o-mofo-e-bolor/>. Acesso em: 12/02/2018.

LIMA, Ana Carolina A. C. de; ROCHA, Gabrielle S. da; KONAGANO, Noemy Yuri H.. 2002. *A utilização de plásticos na construção civil*. XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.

LOPES, Jorge Grandão. 1994. Anomalias em impermeabilizações de coberturas em terraço. Lisboa, LNEC. Informação Técnica Edifícios, ITE 33.

LUDUVICO, Thesse Souza. 2016. *Desempenho a estanqueidade à água: Interface janela e parede*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria.

MAGALHÃES, Daniel Teixeira. 2008. *Inspecção, diagnóstico e controle da ascensão capilar de águas do terreno pelas alvenarias: Aplicação na Igreja de Cidadelhe*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro – UTAD, Vila Real.

MARTINS, Juliana. 2013. *Plantas e detalhes técnicos*. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/65/artigo300285-1.aspx>. Acesso em: 14/10/2017.

MAXI CLEAN. 2017. *Impermeabilização de tecidos*. Disponível em: <http://www.maxiclean.com.br>. Acesso em 01/10/2017.

MC-BAUCHEMIE. 2013. *Cristalizantes para impermeabilização de estruturas*. Disponível em: http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2013/12/folder_xypex_web.pdf. Acesso em: 04/10/2017.

_____. 2013.. *Mantas de PVC - Sistemas especiais para impermeabilização de estruturas e coberturas industriais*. Disponível em: http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2013/10/folder_manta_de_pvc_web.pdf. Acesso em 06/01/2018.

MONTEIRO, Mário André Pais. 2016. *Projeto de reabilitação de coberturas em terraço*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Porto.

MORAES, Claudio Roberto Klein de. 2002. *Impermeabilização de lajes de cobertura: Levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

NAPPI, Sérgio Castello Branco. 2002. *Uma solução alternativa para prorrogação da vida útil dos rebocos com salinidade em edifícios históricos*. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina – UFRSC, Florianópolis.

OLIVEIRA, Michel Vinícius Takahashi de. 2015. *Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes – Um estudo de caso*. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista – Unesp, Guaratinguetá.

PEDRONI, Bruno. 2015. *Caso de Obra: Aterro sanitário em São Paulo impermeabilizado pela TDM Brasil*. Disponível em: <http://www.geosynthetica.net.br/tdm-caso-de-obra-aterro-sanitario/>. Acesso em 01/10/2017.

PEREZ, A.R. 1995. *Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de águas pelas fachadas (1ª parte)*. In: Tecnologias das edificações. São Paulo, Pini, IPT.

PET Engenharia Civil UFJF. 2014. *Patologias em edificações*. Disponível em: <https://blogdopetcivil.com/2014/04/11/patologias-em-edificacoes/>. Acesso em: 11/10/2017.

PICHI, Flávio Augusto. 1986. *Impermeabilização de coberturas*. Editora Pini. São Paulo

POÇA, Bruno João Fernandes. 2015. *Recuperação do edificado afeto ao Exército. Tecnologia e reabilitação de coberturas em terraço*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

PORCELLO, Ernani Camargo. 1997. *Impermeabilização*. Apostila do curso de extensão universitário – PUC-RS. Porto Alegre.

POZZOLLI, Og. 1991. *Impermeabilização – Relatório especial: as primeiras obras de impermeabilização*. Informe técnico, O Empreiteiro (Ago).

QUARESMA, Carlos André Pardal Leandro. 2015. *Reabilitação de revestimentos de impermeabilização de coberturas em terraço com produtos líquidos pastosos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

QUERUZ, Francisco. 2007. *Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria.

QUINI, Josué Garcia; FERRAZ, Paulo Roberto Leite. 2013. *Impermeabilização com membranas moldadas in loco para ambientes químicos agressivos*. Disponível em: http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2013/08/19-16.06_11H45_782_-_Impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-com-membranas-moldadas-in-loco-para-ambientes-qu%C3%ADmicos-agressivos.pdf. Acesso em: 06/01/2018.

REFORMA FÁCIL. 2010. *Controle de corrosão em estruturas de concreto armado*. Disponível em: <http://reformafacil.com.br/produtos/concreto-produtos/controle-de-corrosao-em-estruturas-de-concreto-armado/>. Acesso em: 11/10/2017.

REZENDE, Pedro Ivan de. 1991. O prazo de garantia relativo à restauração do serviço de impermeabilização. Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 7, São Paulo.

RIGHI, Geovani Venturini. 2009. *Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – Análise de casos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria.

RODRIGUES, Alex Hespanhol. 2010. *Estanqueidade de alvenaria revestida com diferentes argamassas e acabamentos: Aplicação da NBR 15575-4/2008*. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

RODRIGUES, José Miguel Lopes. 2011. *Análise de Tecnologias de Impermeabilização e Isolamento em Reabilitação da Envolvente de Edifícios*. Dissertação de Mestrado em Tecnologias e Gestão das Construções.

RODRIGUES, Júlio César Maciel. 2014. *Umidade ascendente em paredes internas: Avaliação de desempenho de bloqueadores químicos*. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

SANTOS, Pedro Miguel Valentim dos. 2012. *Levantamento, diagnóstico e reabilitação de patologia em edifícios residenciais na região de Viseu*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.

SCHÖNARDIE, Clayton Eduardo. 2009. *Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações*. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí.

SOUZA, Julio Cesar Sabadini de. 1997. *Impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo de edifícios: Diretrizes para o projeto e sistemas empregados*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.

SIKA. 2015. *Impermeabilização – Soluções para a vedação de infiltrações usando o sistemas de injeção SIKA em estruturas de concreto, alvenaria e pedra natural*. Disponível em: <https://bra.sika.com/pt/solucoes-produtos/construcao/impermeabilizacao/fundacoes-e-subsolos/grupos-de-produtos-fundacoes-e-subsolos/vedacao-de-infiltracoes-com-produtos-de-injecao.html>. Acesso em 06/01/2018.

SILVA, Adriano de Paula e; JONOV, Cristiane Machado Parisi. 2016. *Manifestações patológicas nas edificações*. Curso de especialização em construção civil. UFMG.

STAHLBERG, Felipe Leite de Barros. 2010. *Fluxograma para seleção de sistemas de impermeabilização para edifícios de múltiplos pavimentos*. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos.

THOMAZ, Ercio. 1989. *Trincas em edifícios – Causas, prevenção e recuperação*. IPT/EPUSP/PINI.

TORRES, Leandro. 2016. *Notas de aula da disciplina Técnicas das Construções*. UFRJ, Rio de Janeiro.

TORRES, Rui Jorge de Moraes Monteiro. 2014. *Humidades ascensionais em paredes de alvenaria de edifícios antigos*. Dissertação de Mestrado em Construção e Reabilitação. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

VEDACIT. 2017. *Guia de aplicação*. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br/vedacit-explica/guia-de-aplicacao>. Acesso em: 07/01/2018.

_____. 2017. *Manual Técnico – Recuperação de estruturas*. 3ª edição. Disponível em: <https://www.vedanews.com.br/uploads/biblioteca/manual-tecnico-recuperacao-de-estruturas-8.pdf>. Acesso em: 08/01/2018.

_____. 2010. *Manual técnico - Impermeabilização de estruturas*. 6ª edição. Disponível em: <http://visionimpermeabilizacoes.com.br/media/manual/vedacit2.pdf>. Acesso em: 08/01/2018.

_____. 2016. *Manual Técnico*. 48ª edição. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br/uploads/biblioteca/manual-tecnico-vedacit-5.pdf>. Acesso em: 08/01/2018.

VERÇOZA, Enio José. 1985. *Impermeabilização na Construção*. 1ª edição. SAGRA. Porto Alegre.

VIAPOL. 2015. *Apresentação – Manta Autocolante*. Disponível em:
www.viapol.com.br/media/120373/boa_viapol_novo_produto_10062015_v3.ppsm.
Acesso em: 11/10/2017.

_____. 2015. *Manual Técnico*. 17^a edição. Disponível em:
<http://viapol.com.br/media/123118/manual-viapol-2015.pdf>. Acesso em: 08/01/2018.

