

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Felipe Bischoff Lonzetti

**IMPERMEABILIZAÇÕES EM SUBSOLOS DE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS E COMERCIAIS**

Porto Alegre
julho 2010

FELIPE BISCHOFF LONZETTI

**IMPERMEABILIZAÇÕES EM SUBSOLOS DE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS E COMERCIAIS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
julho 2010

FELIPE BISCHOFF LONZETTI

**IMPERMEABILIZAÇÕES EM SUBSOLOS DE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS E COMERCIAIS**

Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2010

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria

Dedico este trabalho a meus pais, Rafael e Susana Lonzetti, que sempre me apoiaram e me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, o professor Ruy Alberto Cremonini, pelo tempo dedicado às conversas e pelas sempre importantes dicas.

Agradeço à professora Carin Maria Schmitt pelas críticas e sugestões durante todo o trabalho.

Agradeço ao meu pai Rafael Antônio Petry Lonzetti pelo apoio e suporte técnico proporcionado durante a elaboração do trabalho.

A persistência é o caminho do êxito.

Charles Chaplin

RESUMO

LONZETTI, F. B. **Impermeabilizações em Subsolos de Edificações Residenciais e Comerciais**. 2010. 59 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Com o crescimento das cidades tornam-se cada vez mais escassas e custosas as áreas disponíveis para a implantação de empreendimentos residenciais e comerciais. Desta forma, os projetos arquitetônicos são concebidos sempre visando ao máximo o aproveitamento das áreas de subsolos, que, em geral, são utilizadas como solução para estacionamentos. Os pavimentos inferiores são bastante afetados pela água, pois estão sujeitos a maiores concentrações de água da chuva e influência do lençol freático. Sabendo-se deste fato, e dando a devida importância à impermeabilização, que tem por objetivo proteger os materiais de construção e impedir a passagem indesejável de água, este trabalho visa detalhar os possíveis sistemas impermeabilizantes para áreas de subsolo como cortinas de concreto e paredes diafragma, apresentado os materiais e métodos mais indicados para cada situação, assim como os pontos que merecem um cuidado especial. Serão descritas situações de obras e soluções escolhidas em cada caso.

Palavras-chave: impermeabilização pressão positiva; impermeabilização pressão negativa; parede de contenção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: diagrama das etapas de pesquisa	14
Figura 2: cortina com impermeabilização ao lado do aterro	17
Figura 3: aplicação de reforço com manta asfáltica	19
Figura 4: furos com tubo de PVC utilizados para travamento de formas	22
Figura 5: proteção mecânica de chapisco com cimento e areia	24
Figura 6: geocomposto de drenagem vertical	25
Figura 7: cortina com falhas de concretagem e tubos de PVC embutidos na mesma	37
Figura 8: cortina após o preparo da superfície	38
Figura 9: colocação de lona plástica para retomada	39
Figura 10: aplicação de impermeabilização na base da cortina, após a proteção mecânica	40
Figura 11: cortina perfurada após impermeabilização	41
Figura 12: tratamento da junta de dilatação com dupla manta asfáltica	41
Figura 13: cortina sem impermeabilização	43
Figura 14: impermeabilização da cortina com cimento polimérico	44
Figura 15: cortina com o preenchimento dos furos dos tubos de PVC	45
Figura 16: posicionamento da manta asfáltica	46
Figura 17: fixação parcial da manta asfáltica	46
Figura 18: aplicação de manta asfáltica lado direito	47
Figura 19: aplicação de manta asfáltica lado esquerdo	47
Figura 20: aplicação de manta asfáltica	47
Figura 21: manta asfáltica aderida na superfície	48
Figura 22: biselamento da manta asfáltica	48
Figura 23: cortina com proteção mecânica e geocomposto para drenagem	49
Figura 24: infiltração de água com areia	50
Figura 25: escarificação do concreto	51
Figura 26: aplicação do Xypex® Patch'n plug	52
Figura 27: croqui da solução proposta	52
Figura 28: parede diafragma e parede de placa cimentícia	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MÉTODO DE PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	12
2.2.1 Objetivo principal	12
2.2.2 Objetivos secundários	12
2.3 DELIMITAÇÃO	13
2.4 LIMITAÇÃO	13
2.5 DELINEAMENTO	13
3 IMPERMEABILIZAÇÕES EM SUBSOLOS	15
3.1 IMPORTÂNCIA	15
3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A PRESSÃO D'ÁGUA	16
3.3 CUIDADOS GERAIS	18
4 IMPERMEABILIZAÇÃO COM PRESSÃO POSITIVA	20
4.1 MÉTODO 1: IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA	20
4.1.1 Definição	20
4.1.2 Espessura	21
4.1.3 Preparo de superfície	22
4.1.4 Aplicação	23
4.1.5 Proteção mecânica	24
4.1.6 Drenagem	25
4.2 MÉTODO 2: IMPERMEABILIZAÇÃO COM MEMBRANA DE ASFALTO MODIFICADO	26
4.2.1 Definição	26
4.2.2 Espessura	26
4.2.3 Aplicação	27
4.3 MÉTODO 3: IMPERMEABILIZAÇÃO COM MEMBRANA DE EMULSÃO ASFÁLTICA	28
4.3.1 Definição	28
4.3.2 Espessura	28
4.3.3 Aplicação	29
5 IMPERMEABILIZAÇÃO COM PRESSÃO NEGATIVA	30
5.1 MÉTODO 4: IMPERMEABILIZAÇÃO COM CIMENTO POLIMÉRICO	30

5.1.1 Definição	30
5.1.2 Preparo de superfície	31
5.1.3 Aplicação	32
5.1.4 Proteção mecânica	33
5.2 MÉTODO 5: IMPERMEABILIZAÇÃO COM CIMENTOS CRISTALIZANTES	33
5.2.1 Definição	33
5.2.2 Aplicação	34
5.3 MÉTODO 6: IMPERMEABILIZAÇÃO COM INJEÇÃO NO CONCRETO	34
5.3.1 Definição	34
5.3.2 Aplicação	35
6 OBRAS ANALISADAS	36
6.1 CASO UM	36
6.1.1 Descrição do local	36
6.1.2 Condição da superfície	36
6.1.3 Solução adotada	38
6.2 CASO DOIS	42
6.2.1 Descrição do local	42
6.2.2 Condição da superfície	42
6.2.3 Solução adotada	43
6.3 CASO TRÊS	44
6.3.1 Descrição do local	44
6.3.2 Condição da superfície	44
6.3.3 Solução adotada	45
6.4 CASO QUATRO	49
6.4.1 Descrição do local	49
6.4.2 Condição da superfície	50
6.4.3 Solução adotada	50
6.5 ANÁLISE DOS CASOS	53
7 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que um dos maiores causadores de manifestações patológicas em edificações é a água. Ela apresenta grande capacidade de causar degradação estrutural, deterioração de pinturas, desagregação do revestimento, gerar ambientes úmidos e insalubres, que são propícios para o desenvolvimento de fungos e bactérias, prejudiciais à saúde.

Até mesmo engenheiros experientes que sabem da infinidade de problemas que podem vir a ser causados pela umidade, muitas vezes não dão a devida atenção aos problemas e cuidados com a impermeabilização. Muitos ignoram importantes fatores como especificações de materiais, tipo de sistema ideal para cada situação e existência de uma equipe capacitada para uma boa aplicação.

A NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 3) define impermeabilização como o “Produto resultante de um conjunto de componentes e elementos construtivos (serviços) que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade; produto (conjunto de componentes ou o elemento) resultante destes serviços.”.

A impermeabilização, quando prevista na fase de projeto, pode ter seu custo variando entre 0,5 e 2% do valor total da obra. Eleva-se esse gasto a 15% no caso de recuperação ou reforma. Em impermeabilização de subsolos, sujeitos apenas a umidade do solo, em quase 100% dos casos ela é equivocadamente suprimida. Já nos casos onde existe a possibilidade de infiltração de água sob pressão (lençol freático), a impermeabilização é considerada em cerca de 50% dos casos (FEIOS..., [2004]).

A impermeabilização tem um papel fundamental numa obra de Engenharia, sendo importante para evitar danos aos materiais de construção. Este trabalho trata de impermeabilização em subsolos de edificações residenciais e comerciais, com enfoque em paredes de contenção como cortinas de concreto e parede diafragma. São apresentadas as grandes dificuldades que se tem em impermeabilizar certas áreas da maneira ideal, tanto pela impossibilidade de acesso, quanto pelo desconhecimento dos métodos. Também são mostrados os diferentes tipos de materiais para cada necessidade, procedimentos de execução e cuidados a serem tomados

durante a obra. Sendo assim, foi feito um estudo para avaliar e identificar dentre as diferentes possibilidades de execução, as soluções mais indicadas para se obter uma impermeabilização de áreas em contato com o solo com sucesso.

Este trabalho é dividido em 7 capítulos, sendo o capítulo 1 a introdução do trabalho, relatando fatos e problemas que são comuns em impermeabilização de subsolos. O capítulo 2 apresenta a metodologia de pesquisa que foi empregada para o desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 3 trata da importância da impermeabilização, aspectos e cuidados gerais a serem tomados durante a execução. Mostra também a classificação da impermeabilização quanto ao tipo de pressão d'água. No capítulo 4 são mostrados os diferentes sistemas e materiais para a execução de impermeabilização com pressão positiva, assim como o preparo de superfície, proteção mecânica e sistema de drenagem.

No capítulo 5 são mostrados os diferentes sistemas e materiais para a execução de impermeabilização com pressão negativa, também é descrito as etapas complementares como o preparo de superfície e a proteção mecânica. O capítulo 6 é fruto da análise de casos reais. São mostrados os detalhes necessários e os procedimentos de execução das soluções propostas em cada obra estudada. Este capítulo é acompanhado de comentários gerais que facilitam o entendimento das técnicas utilizadas. O capítulo 7 engloba as considerações finais deste trabalho.

2 MÉTODO DE PESQUISA

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: quais os detalhes necessários para a execução de impermeabilizações em cortinas de concreto e paredes diafragma?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundário e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é o detalhamento da execução de impermeabilizações em cortinas de concreto e paredes diafragma pelas técnicas disponíveis.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é avaliação dos sistemas de impermeabilização mais indicados para as diferentes superfícies verticais em contato com o solo de edificações residenciais e comerciais.

2.3 DELIMITAÇÃO

Serão mostrados somente sistemas de impermeabilização de solos em obras executadas na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.4 LIMITAÇÃO

Serão abordadas soluções para paredes de contenção, com métodos construtivos do tipo paredes diafragma e cortinas de concreto, em edificações residenciais e comerciais.

2.5 DELINEAMENTO

As etapas do projeto de pesquisa foram definidas da seguinte forma, conforme diagrama apresentado na figura 1:

- a) pesquisa bibliográfica: teve o objetivo de aprofundar o conhecimento e obter dados sobre o assunto. Foram estudados os possíveis métodos para cada situação. Foram analisados livros, artigos técnicos e normas referentes ao assunto;
- b) acompanhamento de execução de impermeabilização com pressão negativa: especificação dos sistemas e dos materiais utilizados em situações onde foi impermeabilizado pelo lado negativo, ou seja, oposto ao aterro;
- c) acompanhamento de execução de impermeabilização com pressão positiva: especificação dos sistemas e dos materiais utilizados em situações onde foi impermeabilizado pelo lado positivo, ou seja, do lado do aterro;
- d) descrição dos processos executivos de impermeabilização: após acompanhamento de execução em obras, foi feita a descrição dos detalhes importantes para a execução de uma impermeabilização, mostrando as técnicas disponíveis para cada situação;
- e) análise final e conclusões: após o estudo bibliográfico e o acompanhamento da execução dos diferentes sistemas de impermeabilização, foi feita uma análise crítica dos diferentes resultados obtidos, levando em conta a situação de cada obra.

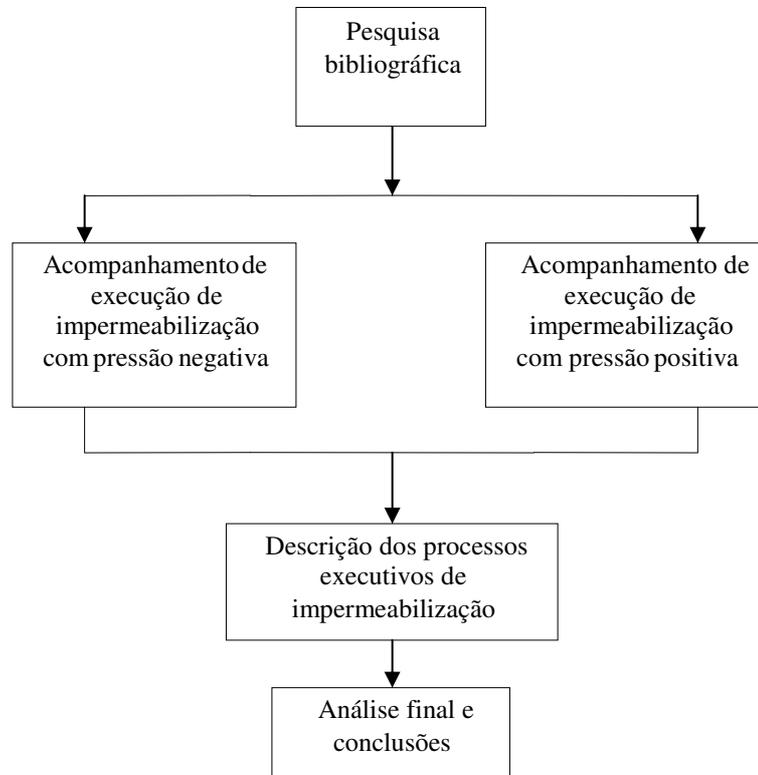


Figura 1: diagrama das etapas de pesquisa

3 IMPERMEABILIZAÇÕES DE SUBSOLOS

3.1 IMPORTÂNCIA

De acordo com Cruz (2003, p. 15):

A impermeabilização é considerada uma barreira física, cuja finalidade é a de evitar a água que penetra por capilaridade, a água da chuva que infiltra sob a pressão dos ventos, a percolação d'água indesejável, ou de dirigi-la para os pontos de escoamento fora da área que se deseja proteger. A impermeabilização, entretanto, tem também outra finalidade importante que é de dar proteção aos materiais construtivos da edificação contra sua possível degradação, resultante da presença de agentes agressivos como a água, umidade e vapores.

Com objetivo de proteger a edificação de inúmeros problemas patológicos que poderão surgir com infiltração de água, a impermeabilização é uma eficiente proteção que deve ser oferecida aos diversos elementos de uma obra sujeitas às ações das intempéries, visto que uma grande quantidade de materiais constituintes da construção civil sofre um processo de deterioração e degradação, quando em presença dos meios agressivos da atmosfera. Desta forma, “A impermeabilização tem fundamental importância no aumento da durabilidade das construções, principalmente no que se refere à passagem indesejável de águas, fluídos e vapores, podendo contê-los ou escoá-los para fora do local que necessita proteger.” (INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2009a).

Atualmente, o espaço destinado ao subsolo é de extrema importância para edifícios residenciais ou comerciais. Ele permite que um local, até então não utilizado, seja transformado em objeto de ganho de espaço, o que significa construção de vagas de garagens, viabilizando comercialmente o empreendimento (INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2009b).

Para subsolos a escolha do sistema de impermeabilização não deve ser definida levando em conta somente aspectos econômicos. É importante lembrar que quando concluída a obra, os elementos, na maioria das vezes, ficarão enterrados, e com sérios impeditivos técnicos e operacionais para correção de falhas. Dessa forma, a impermeabilização da estrutura deverá

ser projetada para perdurar durante o próprio período de vida útil previsto para a construção (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A PRESSÃO D'ÁGUA

A impermeabilização em paredes de contenção pode ser dividida em dois tipos de acordo com o lado em que será executada a impermeabilização:

- a) pelo lado externo: face em contato com o solo, pressão positiva;
- b) pelo lado interno: face oposta ao solo, pressão negativa.

A NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 2) define os tipos de pressão exercida pela água como:

3.7 água sobre pressão negativa: água confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa de forma inversa à impermeabilização;

3.8 água sobre pressão positiva: água confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa de forma direta na impermeabilização.

Para os casos citados anteriormente, o tipo de pressão que a água exerce na superfície de contenção é diferente. A face que estará em contato direto com o solo, receberá uma pressão positiva da água, enquanto a que estiver oposta ao solo receberá uma pressão negativa. O estudo em questão se baseará nesses diferentes tipos de pressão para guiar a escolha da melhor técnica a ser aplicada em cada superfície, detalhando seus procedimentos.

Sabe-se que escolher um sistema de impermeabilização adequado para diferentes superfícies depende de inúmeros fatores. A mão de obra capacitada é um deles. Sem uma equipe capaz de aplicar materiais de forma correta, de nada adianta os melhores e mais modernos produtos. A facilidade de acesso ao terreno a ser impermeabilizado e a geometria das peças também implica em uma escolha inteligente do tipo de material e da técnica a ser usada. Além disso, estudar a geografia do local mostra-se de extrema importância, visto que, a partir dela, pode-se obter dados como o nível do lençol freático do terreno (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

Cunha e Cunha (1997, p. 24) afirmam que “Para impermeabilizar um subsolo de forma segura, de modo que não venham a ocorrer problemas ao longo dos anos, devemos formar um

invólucro impermeável que envolva toda a estrutura submersa pelo lado de fora, isto é, pelo lado de onde vem a água [...]”. Da mesma forma, Gabrioli e Thomaz (2002) e Pirondi (1988) ressaltam a tese de que para ter uma melhor eficiência na impermeabilização deve-se fazer a aplicação do material impermeabilizante na face da parede de contenção em contato com o solo, conforme figura 2. Neste caso, a impermeabilização será com pressão positiva.



Figura 2: cortina com impermeabilização no lado do aterro (trabalho não publicado)¹

A impermeabilização pelo lado externo é mais indicada, pois pode ser executado um sistema flexível, que suporte as solicitações causadas pelas movimentações da estrutura sem danificar ou romper o material (CUNHA; CUNHA, 1997, p. 24). Segundo Gabrioli e Thomaz (2002), “Cortinas com possibilidade de acesso à face que resultará em contato com o solo são plenamente aptas ao tratamento com mantas asfálticas pré-fabricadas (impermeabilização positiva).”.

No caso de contenções com impossibilidade de acesso à face externa, atribuí-se às cortinas cravadas ou as paredes diafragma a função impermeabilizante, porém tais elementos só poderão acumular a função impermeabilizante caso sejam bem projetados e executados (concretos de baixa porosidade, ausência de ninhos ou falhas de concretagem e um adequado tratamento de juntas). As paredes diafragma devem receber impermeabilização negativa à base de cristalizantes ou cimentos poliméricos e deverá ser efetuado o rebaixamento do lençol freático durante a aplicação e cura do material, com a finalidade de impedir a atuação da pressão neutra. A solução mais eficiente é a construção de uma parede interna à cortina, onde

¹ Cedido por RBL Engenharia de Impermeabilização.

esta receberá uma camada com manta asfáltica ou membrana moldada *in loco*, entre as paredes é importante uma canaleta de drenagem (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

3.3 CUIDADOS GERAIS

Independente do sistema escolhido, alguns cuidados devem ser tomados para evitar problemas futuros. Segundo Cunha e Neumann (1979, p. 35) os cuidados a serem tomados são:

- a) fazer o possível para não interromper a continuidade da impermeabilização;
- b) evitar o mais possível que qualquer ferragem tenha que passar pelas mantas;
- c) as placas de piso e as paredes precisam ser calculadas e ancoradas para suportar a carga proveniente da supressão da água;
- d) para prevenir as conseqüências de uma eventual paralisação das bombas d'água, que mantêm o rebaixamento do lençol freático, é conveniente deixar aberturas por onde a água possa invadir o subsolo, evitando assim que a pressão possa levantar partes da obra.

Gabrioli e Thomaz (2002) ressaltam que a emenda entre as paredes com a laje de subpressão ou lajes intermediárias deve ser devidamente projetada e executada na obra, impedindo assim a entrada da água nos subsolos. Nesses casos, deverão ser utilizados materiais elastoméricos, flexíveis, evitando assim a percolação da umidade através das juntas frias criadas entre os diferentes elementos.

De acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 12) toda a tubulação que atravesse a impermeabilização deve ser rigidamente fixada na estrutura e possuir detalhes específicos de arremate e reforços da impermeabilização. “As arestas e os cantos vivos das áreas a serem impermeabilizadas devem ser arredondadas [...]”.

As juntas de construção, emenda entre a parede de contenção e a viga de fundação, assim como mudanças de planos e ângulos, devem receber cuidado especial com reforço na impermeabilização, por serem pontos críticos. Na figura 3 pode-se observar o reforço de impermeabilização na junta de construção com manta asfáltica, executado pelo lado em contato com o solo (PIRONDI, 1988, p. 200).



Figura 3: aplicação de reforço com manta asfáltica (trabalho não publicado)²

Cabe ressaltar que problemas relacionados à impermeabilização muitas vezes ocorrem nos detalhes e comprometem todo o sistema, portanto deve-se ter um cuidado especial nos pontos críticos conforme foi comentado no capítulo das obras analisadas. Dentre vários, alguns itens devem merecer atenção, tais como: base da cortina, junta de dilatação, pontos de retomadas, pontos de perfuração posterior, etc.

Os sistemas impermeabilizantes indicados para cada caso e detalhes de execução serão explicados nos capítulos a seguir.

² Cedido por RBL Engenharia de Impermeabilização.

4. IMPERMEABILIZAÇÃO COM PRESSÃO POSITIVA

No caso de impermeabilização com pressão positiva (lado do aterro), a impermeabilização tem como função evitar infiltrações nos subsolos e também a proteção da estrutura contra degradação pela ação da água. Em pressão positiva os materiais mais utilizados são os a base de asfaltos, pois possuem maior flexibilidade. Sistemas rígidos, como argamassas poliméricas, também podem ser utilizados. Neste capítulo serão analisados três métodos executivos de impermeabilização externa com materiais flexíveis, detalhando os tipos de materiais, formas de aplicação e as camadas constituintes dos sistemas. Os detalhamentos de preparo de superfície, proteção mecânica e de drenagem para todos os sistemas executivos de impermeabilização em contato com o solo, serão os mesmos, por este motivo só estão descritos no método 1.

4.1 MÉTODO 1: IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA

4.1.1 Definição

As mantas asfálticas são produtos impermeabilizantes do tipo flexível, composto por um estruturante interno, recoberto por um composto asfáltico em ambas as faces, com diversas opções de acabamento superficial (trabalho não publicado)³. A NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 4) acrescenta que manta é um produto “[...] pré-fabricado, obtido por calandragem, extensão ou outros processos, com características definidas.”.

Existem diversos tipos de classificação de manta asfáltica, porém este trabalho utilizou a classificação de acordo com o estruturante. Para Cruz (2003) e Picchi (1986), as mantas

³ Informação obtida na apostila do curso de impermeabilização, ministrado pela arqa. Leonilda Ferme, promovido pela Denver Impermeabilizantes na sede do Sindicato dos Engenheiros do Rio Grande do Sul, em 2005.

asfálticas são divididas em três grupos que são encontrados no Brasil: com armadura de poliéster não tecido, com alma de polietileno e composta com PVC.

O estruturante de mantas asfálticas com armadura de poliéster não tecido é impregnado com asfalto e revestido nas duas faces com asfalto, formando uma espessura total de 2,2 a 3 mm (CRUZ, 2003, p. 46). Picchi (1986, p. 130) acrescenta que “[...] a manta não tecida de poliéster impregnada por si só é impermeável, não sendo um simples reforço.”.

Mantas asfálticas com alma de polietileno têm seu estruturante de polietileno com espessura de em torno de 0,1 mm e revestida em ambas as faces com asfalto polimérico variando a espessura entre 1,5 e 2,0 mm em cada lado. Esse material não resiste a movimentações térmicas de estrutura e a movimentos de tração (CRUZ, 2003, p. 46).

Segundo Picchi (1986, p. 131), as mantas de asfalto compostas com PVC são constituídas de um filme impermeável de PVC, contendo uma camada berço de asfalto modificado com polímeros e a utilização de filmes antiaderentes de polietileno.

4.1.2 Espessura

A espessura da manta asfáltica determina a quantidade de massa asfáltica que contém no produto, estando diretamente ligada com a impermeabilidade do conjunto. Ressaltando que quanto maior a massa asfáltica maior será a vida útil do sistema. Para aplicação com maçarico é recomendado a utilização de mantas de no mínimo 4 mm de espessura, com a finalidade de garantir a quantidade de massa asfáltica necessária para uma aplicação segura (trabalho não publicado)⁴.

As mantas são vendidas no mercado em bobinas de 10 m de comprimento por 1 m de largura, podendo ter espessuras variando entre 2 a 5 mm. Também existe a possibilidade de fabricação de bobinas com diferentes dimensões, dependendo das exigências do local de aplicação (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

⁴ Informação obtida na apostila do curso de impermeabilização, ministrado pela arqa Leonilda Ferme, promovido pela Denver Impermeabilizantes na sede do Sindicato dos Engenheiros do Rio Grande do Sul, em 2005.

4.1.3 Preparo da superfície

A impermeabilização deve ser executada diretamente sobre a superfície de concreto. Neste caso, a finalidade do preparo de superfície é somente corrigir eventuais irregularidades que possam existir após a concretagem. Para Picchi (1986, p. 34), sempre que possível o uso da camada de regularização deve ser evitada. Sendo assim, a concretagem tem que ser executada para atender os requisitos.

O primeiro passo é a remoção das pontas das barras de aço salientes e de quaisquer incrustações. Fazer o preenchimento ninhos e falhas de concretagem. Em seguida deve ser feita a limpeza das superfícies a serem impermeabilizadas, retirando-se qualquer partícula solta com escova de aço. Tubulações emergentes devem ser adequadamente chumbadas (GABRIOLI; THOMAZ, 2002; PIRONDI, 1988).

Existindo o sistema de travamento de fôrmas, através de parafusos ou travas recuperadas, deverá ser retirado o tubo de PVC, utilizado para a fixação das mesmas (figura 4). Realizar seu fechamento com argamassa de cimento e areia, traço volumétrico 1:3, amassada com solução de água e emulsão adesiva acrílica, traço 2:1. A superfície deve estar totalmente isenta de poeiras, óleos e graxas ou impregnações de qualquer natureza, estando pronta para receber a impermeabilização (trabalho não publicado)⁵.



Figura 4: furos com tubo de PVC utilizados para travamento de formas

⁵ Informação obtida na apostila do curso de impermeabilização, ministrado pela arqa Leonilda Ferme, promovido pela Denver Impermeabilizantes na sede do Sindicato dos Engenheiros do Rio Grande do Sul, em 2005.

4.1.4 Aplicação

Toda a área onde será aderida a manta deve ser imprimada com solução asfáltica, de acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 4) a imprimação tem “[...] a função de favorecer a aderência da camada impermeável.” Gabrioli e Thomaz (2002) acrescentam que o substrato deve estar seco para receber a imprimação e deverá ser aguardado o período de secagem recomendado pelo fabricante antes do início da impermeabilização.

Nos planos verticais a manta deve ser aderida ao substrato. Neste caso, a aplicação de mantas asfálticas pode ser dividida em dois processos de colagem: com asfalto a quente ou com maçarico a gás (CRUZ, 2003).

De acordo com a NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), no processo com asfalto a quente, aplica-se uma camada de asfalto aquecido a uma temperatura entre 180°C e 220°C (dependendo das características do asfalto utilizado), com auxílio de um espalhador. Posteriormente, adere-se a manta sobre a camada de asfalto, sendo que a mesma deve ser pressionada sobre o asfalto quente para fundir as duas partes. A sobreposição entre as mantas deve ter no mínimo 10 cm e o selamento das emendas deve ser executado com banho de asfalto.

No processo de colagem com o uso do maçarico, segundo a NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), deve-se direcionar a chama para aquecer de forma simultânea a parte inferior da bobina (queima dos filmes antiaderentes de polietileno) e a superfície imprimada. Sempre garantir que a intensidade da chama não danifique a manta asfáltica. Durante a colagem, é importante pressionar a manta do centro para as bordas, evitando assim, eventuais bolhas de ar. As emendas entre as mantas devem ter no mínimo 10 cm de sobreposição. Para garantir o selamento entre as mesmas, derrete-se a extremidade da manta superior com uma colher de pedreiro de pontas arredondadas aquecida, formando um chanfro junto à manta inferior.

4.1.5 Proteção mecânica

A camada de proteção mecânica serve para absorver e dissipar os esforços estáticos ou dinâmicos que atuam por sobre a camada impermeável. Tem como objetivo protegê-la contra a ação deletéria destes esforços, conforme consta na NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 3).

Sobre a manta aplica-se um chapisco de cimento e areia com traço volumétrico 1:3, para aderência da camada de argamassa de cimento e areia com traço volumétrico 1:4, em áreas verticais armadas com tela metálica galvanizada (tela de viveiro). Após a cura da camada de proteção, as valas que abrigam os elementos de fundação são cuidadosamente reaterradas, a fim de evitar danos à impermeabilização (GABRIOLI; THOMAZ, 2002). Na figura 5 pode-se verificar o chapisco de cimento e areia aplicado como proteção mecânica em uma cortina, não sujeita a pressão freática.



Figura 5: proteção mecânica com chapisco de cimento e areia (trabalho não publicado)⁶

Em subsolos imersos sob pressão freática, Pirondi (1988) aconselha fazer a construção de uma parede de alvenaria em tijolo cerâmico. Para que a impermeabilização não venha a ser danificada durante o assentamento da parede, é importante realizar a aplicação de um chapisco (cimento e areia traço volumétrico 1:2). Fazer o reaterro em etapas, à medida que se constrói a parede, faz-se o reaterro até uma altura de 10 cm abaixo da parede de proteção.

⁶ Cedido por RBL Engenharia de Impermeabilização.

4.1.6 Drenagem

Para a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 3) a camada drenante facilita “[...] o escoamento de fluidos que atuam junto à camada impermeável.” e podem ser utilizados materiais como geotêxtil e polipropileno. A figura 6 apresenta uma membrana de geocomposto para drenagem vertical que alivia o empuxo hidrostático.



Figura 6: geocomposto de drenagem vertical (trabalho não publicado)⁷

O projeto da impermeabilização deverá ser complementado por um projeto de drenagem, providência extremamente necessária para subsolos. A cota do último subsolo deverá estar acima do nível do lençol freático, caso não ocorra, prever uma laje de subpressão. Executar uma camada de lastro de concreto e aplicar impermeabilização sobre ela. Para a execução dessa laje deverá ser executado o rebaixamento do lençol, por meio de ponteiros filtrantes, poços de drenagem, drenos horizontais profundos e outros recursos. A laje de subpressão será sobre a impermeabilização. Em qualquer situação, o projeto deverá prever com exatidão todas as cotas da estrutura e todas as cotas da impermeabilização acabada (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

Pirondi (1988) aconselha fazer a construção de um poço de rebaixamento no final do sistema drenante, mesmo que o rebaixamento do lençol freático seja pelo sistema de ponteiros. Assim, facilitando possíveis reparos na camada de impermeabilização.

⁷ Cedido por RBL Engenharia de Impermeabilização.

4.2 MÉTODO 2: IMPERMEABILIZAÇÃO COM MEMBRANA DE ASFALTO MODIFICADO

4.2.1 Definição

As membranas asfálticas são sistemas moldados no local que consistem da sobreposição de diversas camadas de asfalto, intercaladas por um estruturante. Os asfaltos mais utilizados são: oxidados, policondensados ou modificados. O estruturante cumpre a função de absorver os esforços de tração e cisalhamento, não sendo responsável pela função de impermeabilização, podem ser utilizados véus de polietileno e feltro asfáltico. Durante a aplicação é importante garantir que o asfalto quente atravesse o feltro asfáltico em alguns pontos, fazendo a ligação entre as camadas de asfalto. Este sistema é indicado para superfícies muito recortadas, pela facilidade de moldar o material (GABRIOLI; THOMAZ, 2002; PICCHI, 1986).

Na aplicação de membranas asfálticas aplicadas a quente, recomenda-se a utilização de véu de poliéster como reforço, em substituição ao feltro asfáltico. O véu de poliéster é um filamento contínuo de poliéster, não tecido, conhecido comercialmente como Bidim® (PICCHI, 1986). Para Verçoza (1987, p. 27) muitos fatores influenciam na escolha do estruturante, como por exemplo, o impermeabilizante usado, a resistência mecânica aplicada e durabilidade do material. Quando se trata de impermeabilização com asfalto a quente, o autor refere-se ao feltro asfáltico como a opção mais utilizada.

4.2.2 Espessura

A espessura é controlada através do consumo por metro quadrado, exigindo assim, uma mão de obra especializada para garantir o consumo especificado e assim, garantir a qualidade da impermeabilização. O projetista também tem que analisar o local e o material para poder indicar o consumo correto. Este sistema deve ter uma fiscalização rigorosa, para se ter a espessura desejada, ao contrário dos produtos pré-fabricados que já saem da fábrica com espessura definida. (IMPERMEABILIZAÇÃO..., 2005). Gabrioli e Thomaz (2002, p. 79) também concordam “[...] há uma maior dificuldade de fiscalização e controle da espessura e

quantidade de asfalto.”. Nesse tipo de sistema estima-se um consumo médio de material de 5 a 7 kg/m².

4.2.3 Aplicação

O processo inicia no aquecimento do asfalto em caldeiras elétricas ou a gás, onde o controle da temperatura vai depender do tipo de asfalto, normalmente variando entre 180 a 220°C. Esse controle é extremamente importante, pois influencia no desempenho final da impermeabilização (GABRIOLI; THOMAZ, 2002). No momento da aplicação deve-se garantir a fluidez e conseqüentemente a espessura da camada e penetração no feltro, com temperatura mínima do asfalto de 180°C, considerando que no transporte ocorra o resfriamento (PICCHI, 1986).

Os asfaltos são bastante espessos, não tendo assim, facilidade de penetrar nos poros da superfície, portanto, para que ocorra a aderência do asfalto, a superfície deve ser imprimada (VERÇOZA, 1987, p.69). Este material não pode ser aplicado sobre superfícies úmidas, devendo ser aplicado após a imprimação e superfícies perfeitamente secas. Ou seja, devem-se evitar dias com muita umidade ou chuvosos. O ideal seria fazer a aplicação de todas as camadas num único dia, o que nem sempre é possível. A aplicação do asfalto se dá com o auxílio de um esfregalho ou broxas de fibra vegetais (vassourão), excedendo 10 cm a largura do estruturante, vai sendo desenrolado sobre a primeira camada de asfalto. O esfregalho com asfalto quente deve ir pressionando o véu de poliéster para ajudar na impregnação. Deve-se cuidar a formação de vazios entre o asfalto e o véu, criando bolhas de ar. As emendas, entre os estruturantes, devem sobrepor-se em 10 cm e friccionadas energicamente, completando a perfeita colagem (PICCHI, 1986, p. 105).

4.3 MÉTODO 3: IMPERMEABILIZAÇÃO COM MEMBRANA DE EMULSÃO ASFÁLTICA

4.3.1 Definição

A emulsão asfáltica é obtida misturando o cimento asfáltico em água, normalmente numa proporção que considera 50 a 65% do cimento citado, 1 a 2% de emulsionante (geralmente sabão) e o restante de água. É vendido em galões, baldes ou tambores (PICCHI, 1986).

Trata-se de um sistema impermeabilizante que é moldado no local, aplicado a frio, de consistência flexível e monocomponente. O que garante a função impermeabilizadora do processo é a película de asfalto depositada. No entanto, vale ressaltar que somente após sua secagem é que ela adquire tal característica. Já o véu de fibra de vidro e a tela de poliéster recebem a função de estruturantes, resistindo aos movimentos de tração exigidos pela estrutura. As vantagens deste sistema em relação ao de asfalto oxidado a quente é o fato de que dispensa equipamentos de aquecimento na obra, além de ser de fácil aplicação (PICCHI, 1986).

Para Verçoza (1987, p. 72), a impermeabilização com emulsão asfáltica mantém a elasticidade por muito mais tempo, podendo ser um sistema mais duradouro que o sistema de asfalto a quente.

4.3.2 Espessura

Deve-se ter um cuidado com a espessura das camadas, não devendo assim utilizar demãos espessas para economizar tempo ou mão de obra, por que em dias secos e quentes, ocorre a rápida secagem da superfície, impedindo a evaporação da água do interior, podendo resultar na regressão da emulsão, não ocorrendo a cura completa da camada (PICCHI, 1986, p. 111).

Verçoza (1987) especifica um consumo de 0,75 kg/m² na primeira e segunda camada de emulsão, depois intercalar as próximas camadas com a aplicação do véu de vidro, obtendo um

consumo de 0,5 kg/m². O processo deve ter no mínimo 4 kg/m² de emulsão asfáltica com carga, atingindo uma espessura de aproximadamente 3 mm.

4.3.3 Aplicação

A imprimação deve ser feita com a própria emulsão diluída na proporção 1:1 em volume (emulsão/água), com a finalidade de obter maior penetração. Após a secagem, começar a aplicação das camadas de emulsão em sentido cruzado. A partir da aplicação da segunda camada de emulsão asfáltica, fazer a colocação da tela de poliéster, havendo mais de um estruturante, deve ser intercalado entre as camadas de emulsão, o número de camadas será de acordo com cada projeto. Sempre para a aplicação da próxima camada, deve-se aguardar a cura completa da camada anterior, que pode variar dependendo das condições climáticas (ventilação e umidade) de 6 a 12 horas. A aplicação é feita com escova apropriada de pêlos (PICCHI, 1986). Segundo a NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) deve-se garantir o total recobrimento do estruturante.

5. IMPERMEABILIZAÇÃO COM PRESSÃO NEGATIVA

A impermeabilização com pressão negativa é executado pelo lado oposto ao aterro. São utilizados materiais rígidos, a base de cimento, pois não se pode aplicar materiais a base de asfalto, que não aderem em superfícies úmidas. Segundo Cunha e Cunha (1997, p. 24) este processo é utilizado apenas quando “Não tenha sido feita a previsão para se executar a impermeabilização pelo sistema de invólucro externo [...]”, por motivo de não ter um projeto de impermeabilização ou pela impossibilidade de acesso devido ao método construtivo. Outro caso que se utiliza impermeabilização pelo lado interno é quando a edificação começa a apresentar manifestações patológicas após o uso. Em função do método construtivo, em parede diafragma só se executa impermeabilização no lado oposto ao solo.

O preparo de superfície e a proteção mecânica para o caso de impermeabilização com cimento polimérico e com cristalizantes têm os mesmos detalhamentos. Já em impermeabilização com injeção no concreto dispensa estes métodos. Devido à impossibilidade de acesso ao lado do aterro não se executa sistema de drenagem nestes casos.

5.1 MÉTODO 4: IMPERMEABILIZAÇÃO COM CIMENTO POLIMÉRICO

5.1.1 Definição

De acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003), o cimento polimérico é um revestimento impermeável rígido, um material bi-componente à base de cimentos especiais, agregados minerais inertes e polímeros; que forma uma película impermeável. Para Silveira (2001), é um sistema com excelente aderência a estruturas de concreto, alvenaria e argamassas. O material suporta movimentações normais da estrutura, mas não pode ser aplicada em estruturas sujeita a fissuração, e nem sobre argamassas, em idades recentes, que contenham cal. Pode receber reforço com tela de

poliéster. Além da granulometria fechada dos agregados contidos na porção cimentícia ocorre a formação de um filme de polímero que impede a passagem de água.

O produto é fornecido em dois componentes: o componente A é a resina e o componente B contém o pó. Conforme a NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), para facilitar a homogeneização do material, o pó deve ser adicionado aos poucos na resina, misturando-o mecanicamente ou manualmente para dissolver possíveis grumos que possam se formar. Gabrioli e Thomaz (2002) acrescentam que, uma vez misturados os dois componentes, não se deve demorar mais de 40 minutos para a aplicação em dias com temperaturas de 25°C. Misturar constantemente o produto durante a aplicação (GABRIOLI; THOMAZ, 2002).

5.1.2 Preparo de superfície

De acordo com Silveira (2001), quando o sistema de impermeabilização é com cimento polimérico, o preparo de superfície é de extrema importância e deve ser cuidadosamente executado. Paredes diafragma têm um tratamento especial, em função de seu método construtivo, que impregna argila na superfície do concreto e causa o preenchimento de possíveis falhas na concretagem com argila. Para este caso, recomenda-se fazer um jateamento de água e escovação com escova de aço, com a finalidade de retirar toda a argila existente. Em seguida verificar as falhas existentes e corrigi-las, conforme método descrito a seguir.

No caso de contenção de concreto, corrigir saliências, depressões e retirar as partes desagregadas. A superfície deve estar limpa e seca, sem nata de cimento, óleos e desmoldantes. As falhas de concretagem e ninhos devem ser recompostos com argamassa de cimento e areia no traço volumétrico de 1:3, amassada com solução de água e emulsão adesiva, à base de resina acrílica (GABRIOLI; THOMAZ, 2002). No entanto, Pirondi (1988, p. 163) aconselha executar, nas falhas de concretagem, sucessivos chapiscos de cimento e areia traço volumétrico de 1:2, quando não necessitar soluções de epóxi. Executar também o chapisco em toda a área a ser impermeabilizada. Depois de concluído o chapisco, aplicar uma camada de argamassa de cimento, areia e hidrófugo, traço 1:3:0,01. Repetir a aplicação da

argamassa e do chapisco por mais uma vez. Proceder à cura úmida por três dias e aguardar a secagem da argamassa, aproximadamente 10 dias, para o início da aplicação.

Reparos profundos em concreto devem ser feitos utilizando um disco de corte para escarear a superfície a ser recuperada, limpar a área e remover todo o concreto deteriorado. Executar o fechamento do furo com micro-concreto fluido de alto desempenho (SILVEIRA, 2001).

5.1.3 Aplicação

A superfície a ser impermeabilizada deve estar umedecida, mas não saturada, o sistema dispensa a necessidade de imprimação. Fazer a aplicação com auxílio de uma trincha, vassoura de pêlo ou desempenadeira metálica, conforme a consistência escolhida (pintura ou revestimento). Aplicar sobre a superfície de concreto, duas a quatro camadas de argamassa polimérica em sentido cruzado ou nas condições definidas no projeto, com intervalo de 2 a 6 horas entre as camadas, dependendo da temperatura do ambiente, para aguardar a secagem de cada camada. Recomenda-se em juntas de concretagem e em pontos críticos utilizar reforço com tela de poliéster ou náilon, após a primeira camada. O consumo médio de aplicação entre 2 a 4 kg/m², sendo aproximadamente 1 kg/m² por camada (GABRIOLI; THOMAZ, 2002; SILVEIRA, 2001). A NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008, p. 3) recomenda que, em áreas sob incidência solar, deve-se “[...] promover a hidratação da argamassa polimérica por no mínimo 72 horas.”.

Para Nakamura (2006, p. 30), as principais causas de falhas durante a aplicação são:

- a) falta de cobrimento da superfície por defeito ou erro de aplicação do material;
- b) camadas com espessuras maiores que as recomendadas, favorecendo o surgimento de fissuras de retração ou deslocamento;
- c) falta de aderência ao substrato, geralmente por defeito de saturação do substrato antes da aplicação da primeira camada;
- d) descolamento entre camadas ou entre as camadas e a tela de reforço, geralmente por perda do tempo em aberto para a aplicação do material;
- e) defeitos nos detalhes de [...], juntas e similares, executados em não-conformidade com as boas práticas.

5.1.4 Proteção mecânica

Aplicar sobre a impermeabilização um chapisco fechado em cimento e areia, com traço volumétrico de 1:2. Executar uma parede de alvenaria de tijolo cerâmico, com argamassa de cimento e areia, fazer cunhamento das camadas finais na laje. Preencher os vazios entre a parede de alvenaria e a de contenção com argamassa de assentamento. Cuidar na construção da parede para não danificar a impermeabilização. Depois de a parede estar concluída e seca, suspender o processo de rebaixamento do lençol freático, no caso de ter havido a necessidade do rebaixo para a execução.

5.2 MÉTODO 5: IMPERMEABILIZAÇÃO COM CIMENTOS CRISTALIZANTES

5.2.1 Definição

Os cimentos cristalizantes são impermeabilizantes rígidos, utilizados contra umidade do solo, pressão hidrostática positiva e negativa. Sua maior aplicação é em subsolos, cortinas, reservatórios enterrados. Este material é desenvolvido “[...] a partir de cimentos e aditivos químicos minerais, que possuem características de pequena penetração osmótica nos capilares do concreto (ou outro material poroso), previamente saturado com água, cristalizando e obturando os poros do substrato.” (INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2009b).

Aplicados sobre forma de pintura, os cimentos cristalizantes são materiais que, para desempenhar sua função, necessitam ser utilizados em superfícies previamente saturadas com água (alvenaria, concreto ou argamassa). Isso se deve ao fato de que tal produto, quando em contato com a água, forma um gel que penetra na porosidade do substrato usado, transformando-se a seguir em cristais insolúveis que dão estabilidade e durabilidade para a estrutura. Além de ser de fácil aplicação, tem ótima incorporação ao substrato. Os cristalizantes não são indicados para casos onde a estrutura seja passível de fissuração ou sobre argamassas que tenham sido executadas com incorporação de cal (SILVEIRA, 2001).

5.2.2 Aplicação

Quando houver forte pressão do lençol freático, causando jorros de água, deve ser utilizado cimento de pega rápida e ultra-rápida para fazer um tamponamento nos locais do jorro, não precisando fazer o rebaixamento do lençol freático (SILVEIRA, 2001). Para Cunha e Neumann (1979) este tipo de tamponamento é superficial e permanecendo a água nos interstícios do concreto, podem ocorrer novos vazamentos em outros pontos, como em fissuras e falhas no concreto, pontos estes, que facilitam a saída da água. Sendo mais recomendado para casos com pouca pressão de água.

Outro processo de aplicação é a base de pintura, com trincha, vassoura de pêlos ou escova. Iniciar o processo umedecendo a superfície, caso a mesma esteja seca, depois aplicar as camadas de cristalizantes em sentido cruzado (SILVEIRA, 2001).

5.3 MÉTODO 6: IMPERMEABILIZAÇÃO COM INJEÇÃO NO CONCRETO

5.3.1 Definição

Processo recomendado para vedar e tamponar infiltrações com pressão de água. Conforme Cunha e Neumann (1979, p. 199) o sistema de injeção no concreto pode ser dividido em dois tipos:

Sistema rígido: consistem em injeções de resinas sintéticas reativas, do tipo Epóxi, aplicadas no local da infiltração, não sendo, entretanto, recomendado nos casos de infiltrações impetuosas de água [...], ou quando o elemento construtivo apresentar-se decomposto ou em degradação, pois não oferecerá condições de aderência e da reação adequada da resina.

Sistema elástico: baseia-se na técnica de injeção, no lençol freático, de produtos que se transformarão numa pasta elástica e pegajosa, promovendo o tamponamento da infiltração de fora pra dentro, garantindo a estanqueidade em paredes de concreto, na rocha ou na terra. [...].

Apesar de citado por outros autores, este método não consta na NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

5.3.2 Aplicação

O processo de aplicação consiste em definir os pontos dentro do concreto que contenham veios de água e perfurá-los. As agulhas especiais são fixadas nos furos e, mediante bombeamento, injeta-se um líquido colorido. Analisar se a cor da água que está saindo pelos pontos de infiltração é a mesma que a injetada, sendo assim, estará determinada com precisão a direção do fluxo da água. Depois de escolhidos os pontos fazer dois furos convergentes, fixando as agulhas para a injeção dos dois componentes do produto. Começar a injetar os produtos, podendo ser um de cada vez ou aplicação simultânea. Continuar o procedimento até que seja eliminada toda a infiltração. Quando se dá a solidificação do produto, fecha-se a passagem da água, com segurança. As partículas coloidais da massa em formação ancoram e penetram nos veios de infiltração, entupindo-os ou tamponando-os, com absoluta segurança (CUNHA; NEUMANN, 1979).

6 OBRAS ANALISADAS

Neste capítulo serão mostradas as diferentes situações que foram acompanhadas durante a fase de execução em quatro diferentes obras na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. No período de janeiro a maio de 2010. Foram escolhidas distintas situações para impermeabilização das paredes de contenção de edificações residenciais e comerciais, visando a mostrar os detalhamentos e os cuidados necessários para a execução das técnicas escolhidas.

6.1 OBRA UM

6.1.1 Descrição do local

A obra aqui descrita é um edifício residencial com 64 apartamentos e a impermeabilização estudada é da cortina que faz a contenção do subsolo da garagem, construída em concreto armado e com condição de acesso pelo lado externo da mesma. A área total impermeabilizada foi de 1.137,74 m². A obra foi executada em partes, sendo que a construtora requisitava os serviços da empresa impermeabilizadora para a execução conforme a liberação de etapas da cortina.

6.1.2 Condição da superfície

A cortina apresentava protuberâncias e falhas de concretagem, sendo necessário o preparo da superfície, mas dispensava qualquer tipo de regularização, como revestir com argamassa ou natear (aplicação de camada fina de argamassa de cimento e areia) toda a superfície. Foram corrigidas as falhas para aplicação da impermeabilização diretamente na superfície de concreto. Na figura 7 pode ser observada a situação da superfície.



Figura 7: cortina com falhas de concretagem e com tubos de PVC embutidos na mesma

No preparo da superfície foram removidas, com ferramentas manuais, todas as protuberâncias, bem como as pontas salientes de aço e restos de forma, a fim de obter uma superfície lisa e homogênea. Também foram corrigidas as falhas de concretagem preenchendo-as com argamassa de cimento e areia traço volumétrico 1:3, com a utilização de emulsão adesiva acrílica diluída em água com traço 1:2 para dar aderência da argamassa na superfície de concreto.

O processo de fechamento das formas da cortina foi realizado através do sistema de travamento por parafusos, colocados internamente a tubos de PVC que ficam embutidos no concreto. Foi necessário remover todos os tubos e fazer seu preenchimento até o outro lado da cortina com argamassa e adesivo acrílico, conforme citado anteriormente. Foi necessário escavar o aterro para ser possível o acesso da execução da impermeabilização até a base da cortina. Teve-se também o cuidado de estabilizar o talude, com estacas e lona plástica para garantir a segurança dos trabalhadores. Concluído o preparo da superfície, conforme figura 8, a próxima etapa realizada foi a aplicação das camadas impermeabilizantes.



Figura 8: cortina após o preparo da superfície

6.1.3 Solução adotada

A empresa impermeabilizadora responsável pelo serviço optou por um sistema impermeabilizante flexível, com a execução da técnica pelo lado do aterro. Pode-se neste caso utilizar material a base de asfalto, como, por exemplo, a emulsão asfáltica elastomérica, que, no caso, foi a escolhida para a execução.

A impermeabilização foi executada diretamente na superfície de concreto, sendo o consumo total especificado em aproximadamente $2,5 \text{ kg/m}^2$, aplicados em cinco camadas. Primeiro foi realizada a imprimação da superfície, com a emulsão asfáltica diluída em 30% de água, sendo então executada a primeira camada de emulsão asfáltica, com a utilização de rolo de lã. Na segunda camada foi colocada a tela de poliéster de malha 2x2 e gramatura de 40 g/m^2 como estruturante do sistema e, em seguida foram aplicadas as demais camadas em sentido cruzado. O processo de impermeabilização de um dos trechos foi afetado por condições climáticas, tendo a duração de cinco dias para a conclusão de parte da cortina, cerca de 200 m^2 .

Este prazo, considerado excessivo, foi devido às condições climáticas, excesso de umidade, que ocasionaram um aumento no tempo de secagem entre as camadas, decorrendo cerca de 8 horas para obter a cura. Em situações normais, a mesma área é realizada em aproximadamente três dias. Sendo assim, foi aplicada somente uma demão por dia, pois só é possível a aplicação da camada seguinte após a anterior estar completamente seca. Outro problema foi a ocorrência de chuva em um dos dias o que ocasionou a remoção da quarta camada, que teve que ser reaplicada.

A cortina foi concretada em diversas etapas, o que obrigou a programação de retomadas na impermeabilização, para continuação futura. Como a cortina era de grandes dimensões verticais e horizontais e à medida que construía e impermeabilizava uma etapa, esta parte era aterrada para dar sequência nas outras etapas de construção. Retomada é a preparação da região onde ocorrerá uma emenda entre a impermeabilização concluída e sua continuidade. A retomada deve ser executada antes da proteção mecânica e na última demão da emulsão asfáltica, sendo colada uma lona plástica de aproximadamente 20 cm de largura nas extremidades onde haverá a continuidade da impermeabilização tanto no sentido horizontal, quanto no vertical. Esta lona tem a finalidade de proteger a impermeabilização e facilitar a continuação após a concretagem das próximas etapas (figura 9). Este é um cuidado a ser seguido, pois a continuação da impermeabilização sem uma emenda correta pode causar problemas futuros de falta de estanqueidade.



Figura 9: colocação de lona plástica para retomada

Durante a execução foi observado um importante detalhe junto à base da cortina. A impermeabilização sempre deve estar abaixo do nível do piso interno acabado, evitando assim, infiltrações junto à base da mesma. No caso de haver sapata para o lado externo da cortina, esta deve receber tratamento com manta asfáltica aderida nela e na cortina, devido ao fato de suportar maiores movimentações da estrutura. Um exemplo de situação presenciada durante a execução do processo e que poderia ser evitada, é o fato de ter-se executado toda a impermeabilização de uma etapa da cortina sem impermeabilizar a base da mesma, visto que sobre ela estava contido o aterro. Somente depois do término da proteção mecânica é que se escavou a área para concluir a aplicação, conforme figura 10. Esta situação ocorreu devido ao fato que a construtora não tinha funcionários para executarem a escavação, mas pressionaram

para começar a impermeabilização. Este constitui um exemplo de caso que pode comprometer consideravelmente a continuidade do processo e atrasar a conclusão do serviço.



Figura 10: aplicação de impermeabilização na base da cortina, após a proteção mecânica

Apoiada na cortina foi construída uma laje e durante a etapa de colocação das fôrmas foi necessária a utilização de linha de vida (equipamento de proteção coletiva destinado a proteger o trabalhador de quedas de altura), sendo esta presa em uma haste metálica. Para a fixação desta haste foi necessário perfurar a cortina, danificando a impermeabilização. Somente após a concretagem da laje é que foi retirada a haste metálica. Para dar continuidade à impermeabilização, preencheram-se os furos com argamassa de cimento e areia, conforme descrito anteriormente. Somente após a cura da argamassa executou-se os reparos na impermeabilização, com a aplicação das cinco camadas de emulsão asfáltica estruturadas com tela de poliéster. A figura 11 mostra os furos feitos na cortina para prender a haste metálica.



Figura 11: cortina perfurada após impermeabilização

A junta de dilatação recebeu um reforço com duas mantas asfálticas de 4 mm, conforme figura 12. Foi aplicada uma camada de asfalto elastomérico a quente, depois aplicada a manta aderida com maçarico sobre a camada de asfalto, a primeira manta de largura aproximada de 20 cm e a segunda de 40 cm. Ambas sanfonadas para fora da junta e somente aderidas nas bordas, para permitir a movimentação. Não foi aplicada a tela de poliéster na junta dilatação, interrompendo aproximadamente 25 cm (de cada lado) antes da junta, para evitar queimar a tela. Nas juntas secas (emenda de concreto) foi aplicada mais uma tela de poliéster de largura aproximada de 20 cm, formando uma camada com dupla tela.



Figura 12: tratamento da junta de dilatação com dupla manta asfáltica

O sistema de drenagem foi colocado somente após o término da impermeabilização e se deu na horizontal com lastro de brita colocado na base da cortina. Por ser uma cortina onde não sofria pressão do lençol freático dispensou-se o uso de drenagem na vertical.

A proteção mecânica foi executada com argamassa de chapisco industrializada, acabamento rolado, com consumo aproximado de 2,0 kg/m². Por ser uma camada de proteção fina, teve-se cuidado com a execução do reaterro observando sua composição, já que não devem conter matacões e pedregulhos, que podem causar ruptura da impermeabilização.

6.2 OBRA DOIS

6.2.1 Descrição do local

Esta obra é um complexo construído para ser utilizado como estacionamento de três pavimentos, sendo um subsolo. A cortina analisada neste caso foi construída em concreto armado, mas o detalhe importante para a especificação da impermeabilização foi que uma das paredes do subsolo do edifício foi construída na divisa do terreno, onde já havia outra construção, o que impossibilitou o acesso ao lado externo da cortina. Cabe ressaltar que não foi tomado nenhum cuidado especial no concreto da cortina que foi impermeabilizada pelo lado interno, sendo executado com as mesmas características das outras. As outras cortinas receberam tratamento com emulsão asfáltica elastomérica, pois tinham acesso pelo lado externo e foram executadas conforme os procedimentos do caso um. Neste caso somente será analisada a cortina que foi impermeabilizada pelo lado interno, sofrendo pressão negativa com área total de 132,16 m². O subsolo somente sofria influencia da água acumulada pela chuva, não tendo pressão do lençol freático, o que possibilitou a impermeabilização sem maiores problemas.

6.2.2 Condição da superfície

A superfície do concreto estava em bom estado, apresentava-se firme, homogêneo e sem protuberâncias, não sendo necessária a regularização da superfície (figura 13). O sistema de cimento polimérico para ter uma maior eficiência deve ser aplicado diretamente no concreto, dispensando até mesmo o revestimento de argamassa com aditivo hidrófugo.



Figura 13: cortina sem impermeabilização

6.2.3 Solução adotada

A única solução que poderia ser adotada para este caso era a impermeabilização com sistema rígido. O material adotado foi o cimento polimérico, material de fácil aplicação em forma de pintura. O cuidado maior neste tipo sistema é com o produto que é bicomponente, devendo ser feita a dosagem correta nos casos de fracionamento, além do tempo de aplicação que segundo o fabricante, deve ser limitado em 40 minutos após a mistura.

O produto é aplicado em quatro camadas em sentido cruzado, com consumo final de 4,0 kg/m². A impermeabilização foi executada sobrepondo em 50 cm nas emendas com as cortinas laterais e 10 cm na emenda com a laje da garagem. A figura 14 mostra a cortina impermeabilizada. Cabe observar que a umidade contida no piso não é proveniente de infiltração na cortina.



Figura 14: impermeabilização da cortina com cimento polimérico

Não há a necessidade de um sistema de drenagem pelo lado interno. Após a impermeabilização executou-se um chapisco de argamassa de cimento e areia traço volumétrico 1:3, como proteção mecânica e depois foi executado o revestimento argamassado sobre a mesma. Durante a execução do revestimento deve ser observado cuidado com o manuseio das ferramentas para não danificar a impermeabilização.

6.3 OBRA TRÊS

6.3.1 Descrição do local

Obra de um condomínio residencial de casas, situado em região alta, sem a presença do lençol freático. A cortina estudada englobava somente três casas, com área total de 68 m². Tratava-se de uma cortina de concreto armado com 3,10 m de altura com possibilidade de acesso pelo lado externo da mesma.

6.3.2 Condição da superfície

A cortina apresentava poucas falhas de concretagem, que foram corrigidas com argamassa de cimento e areia traço volumétrico 1:3, com a utilização de emulsão adesiva acrílica diluída em água com traço 1:2. Foi necessário também remover os tubos de PVC e fazer seu

preenchimento. Não foi necessário escavar o aterro, pois o mesmo já se encontrava abaixo do nível interno. A situação da cortina após o preparo da superfície pode ser observada na figura 15.



Figura 15: cortina com o preenchimento dos furos dos tubos de PVC

6.3.3 Solução adotada

A solução adotada para este caso foi manta asfáltica policondensada de 4 mm de espessura com armadura de poliéster não tecido. A primeira etapa do processo após a limpeza da superfície da cortina foi a imprimação com emulsão asfáltica para posterior aplicação da manta aderida diretamente sobre o primer, com o uso de maçarico. As mantas utilizadas têm comprimento de 10m por 1m de largura e para a aplicação é feita a medida da altura da cortina, sendo realizado o corte da manta neste comprimento.

Devido a dificuldade de manuseio da manta em uma superfície vertical de altura elevada, é feita uma dobra, aproximadamente na região central da manta (sentido longitudinal) e assim posicionada na cortina no sentido vertical (figura 16). Nesta região dobrada é aplicado o maçarico com o objetivo de fixação parcial da manta, visando facilitar o restante do trabalho (figura 17).



Figura 16: posicionamento da manta asfáltica



Figura 17: fixação parcial da manta asfáltica

A colagem da manta foi executada em etapas, iniciando pela parte mais alta da cortina, visando impedir seu deslocamento. A seguir foi aderido todo um lado dela (figura 18), para depois desdobrá-la e aderir o outro lado, conforme figura 19 e figura 20. Seguiu-se este padrão até o fim, sempre respeitando o trespasse entre as mantas de 10 cm e o biselamento das emendas. Na figura 21 pode-se verificar toda a manta aderida na superfície e na figura 22 o biselamento da manta asfáltica.



Figura 18: aplicação de manta asfáltica lado direito



Figura 19: aplicação de manta asfáltica lado esquerdo



Figura 20: aplicação de manta asfáltica



Figura 21: manta asfáltica aderida na superfície



Figura 22: biselamento da manta asfáltica

Antes da execução da proteção mecânica foi extinta a película de polietileno (destinada à proteção da manta durante o uso) da manta asfáltica com o uso de maçarico visando aflorar o asfalto da manta e realizada a aspersão de areia média peneirada na mesma para garantir a aderência do chapisco de argamassa de cimento e areia, que serviu de proteção. Na figura 23 pode-se analisar as etapas finais do processo, a aspersão da areia na manta asfáltica, o chapisco de cimento e areia e a membrana geocomposta para drenagem.



Figura 23: cortina com proteção mecânica e geocomposto para drenagem

A drenagem vertical foi composta por uma membrana geocomposta para esta finalidade, colocada sobre a proteção mecânica. A drenagem horizontal na base da cortina foi constituída por um tubo plástico de dreno e coberto por Bidim® canalizando a água para os coletores.

6.4 OBRA QUATRO

6.4.1 Descrição do local

A outra obra estudada é um edifício residencial com 13 apartamentos, com dois anos de idade, onde a contenção do subsolo foi construída em paredes diafragma. A área total que recebeu tratamento foi de aproximadamente 400 m². A região está sujeita à influência do lençol freático. Neste caso, o edifício já está habitado e havia a ocorrência de diversos pontos de umidade nas paredes de subsolo (figura 24).



Figura 24: infiltração de água com areia

6.4.2 Condição da superfície

A parede diafragma estava totalmente revestida com argamassa, inclusive com pintura. Durante o período de construção não foi aplicado nenhum tipo de impermeabilização pelo lado externo (aterro) ou pelo lado interno.

6.4.3 Solução adotada

A primeira tentativa para solucionar o problema foi o tamponamento dos pontos de umidade. Para isso foi necessário a retirada do revestimento de argamassa próximo aos pontos de umidade e a escarificação do concreto (figura 25). Nesta operação foi removido o concreto afetado pela presença de umidade e todo o material solto. Após a abertura das cavidades, foi realizado o preenchimento das mesmas com o produto Xypex® Patch'n plug, que segundo o fabricante é uma argamassa a base de aglomerantes hidráulicos de pega rápida, pressionando-o contra a superfície, conforme figura 26, sendo observado que logo após a secagem do

produto cessava a umidade. Em pontos com constante jorro d'água a técnica utilizada foi o preenchimento parcial da cavidade, deixando somente um pequeno espaço para a saída d'água. A partir da secagem do material aplicado, foi realizado o fechamento do orifício, conforme procedimento descrito anteriormente. O processo de cura do material dura cerca de 5 minutos e o consumo aproximado é de 1,0 kg/ponto. Todos os pontos com umidade foram tratados com o mesmo procedimento e aparentemente resolvidos. Como esse processo é pontual, em cerca de quinze dias outros pontos de umidade surgiram em outros locais da parede de diafragma. Após mais duas tentativas mal sucedidas de eliminar a umidade pelo processo de tamponamento, foi adotada outra solução. Neste caso, não foi possível a impermeabilização com cimento polimérico devido ao excesso de umidade na cortina.



Figura 25: escarificação do concreto



Figura 26: aplicação do Xypex® Patch'n plug

A nova solução adotada foi paliativa e consistiu na construção de uma parede em frente à parede diafragma com umidade, distanciadas em 15 cm. A idéia inicial era a execução de uma parede de alvenaria construída sobre uma viga invertida, entretanto, por não haver espaço suficiente, devido às dimensões dos boxes de estacionamento, adotou-se para execução da parede o uso de placas cimentícias. Estas placas, além de possuírem menor espessura são de rápida montagem. Entre as duas paredes foi criada uma canaleta para escoamento da água até o ralo. A figura 27 apresenta o croqui da situação proposta para solucionar o problema.

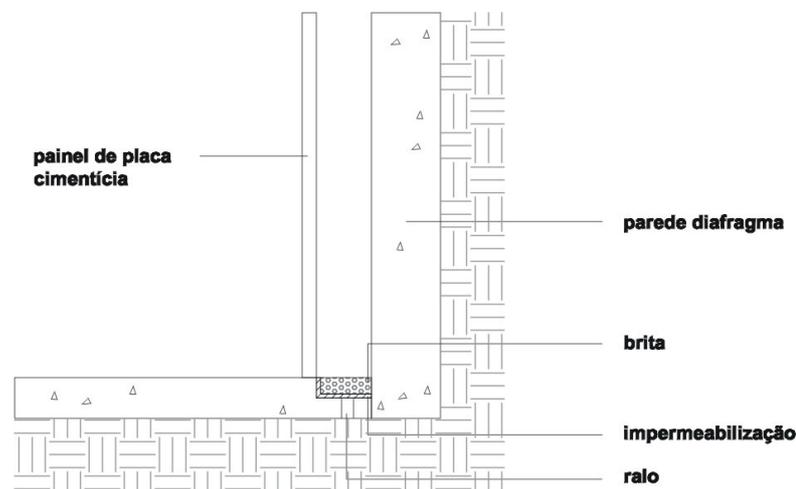


Figura 27: croqui da solução proposta

A canaleta recebeu impermeabilização somente na lateral da parede interna e no piso, para não impedir o fluxo de água da parede diafragma para a canaleta. O sistema foi executado com cimento polimérico aplicado em 4 camadas, com consumo aproximado de 4,0 kg/m². A impermeabilização não recebeu proteção mecânica e sobre a mesma foi colocado um lastro de

brita. A execução da parede de placa cimentícia não foi em todo o contorno do subsolo, mas abrangeu toda a área onde apresentava umidade. A figura 28 mostra a saliência gerada pela construção da nova parede em frente da parede diafragma e também a calha com lastro de brita executada em toda a periferia do subsolo.



Figura 28: parede diafragma e parede de placa cimentícia

6.5 ANÁLISE DOS CASOS

O primeiro passo para a especificação do sistema impermeabilizante a ser executado é analisar as condições da obra, fazendo uma visita técnica ao local, onde importantes detalhes devem ser observados, tais como: a possibilidade de acesso ao lado externo, riscos de desmoronamento do talude, condições da superfície a ser trabalhada e nível do lençol freático. O prazo de término do serviço também é um fator a ser considerado, visto que diferentes produtos demandam maior ou menor tempo de aplicação. Em muitos casos a empresa contratante, no caso a construtora, necessita de um orçamento antes mesmo de começar a executar as paredes de contenção. Neste caso, deve-se tentar obter o maior número de

informações possíveis referentes ao local a ser impermeabilizado. Ressalta-se que, em caso de necessidade, após análise no local, o sistema proposto pode ser trocado por motivos técnicos ou econômicos.

É importante salientar que para uma boa impermeabilização é fundamental que o preparo da superfície seja executado com cuidado. A superfície deve estar homogênea, coesa e isenta de materiais soltos. Sempre que possível a impermeabilização deve ser executada diretamente na superfície de concreto. As argamassas utilizadas para regularização não devem conter cal, pois prejudica a aderência dos materiais a base de asfalto na superfície.

No caso da obra um e da obra três, onde a impermeabilização foi aplicada no lado do aterro, poderia ser adotado qualquer sistema, de preferência flexível, por suportar movimentações térmicas e estruturais. Pode-se, nestes casos, utilizar materiais a base de asfalto, como por exemplo, a emulsão asfáltica elastomérica, que, no caso, foi escolhida para a execução da obra um. Para a obra três, utilizou-se a manta asfáltica. A impermeabilização com pressão positiva é tida pelos autores como mais eficaz, visto que protege a estrutura, garantindo assim uma vida útil maior. Sempre que a impermeabilização for executada no lado do aterro é importante analisar a qualidade do reaterro para evitar que contenha pedregulhos e resto de materiais (caliça) que possam danificar a impermeabilização.

Os dois materiais citados acima são eficientes, mas diferem em alguns aspectos. O sistema de manta asfáltica tem como vantagem o fato de poder ser aplicado em dias úmidos, com possibilidade de chuva e rapidez na aplicação do processo. O fato de necessitar mão de obra especializada e ser de difícil aplicação em grandes alturas (mais de 4 metros) são desvantagens desse processo. A vantagem do sistema de emulsão asfáltica é que é de fácil aplicação e como desvantagem é o tempo de cura entre as camadas, que varia em relação às condições climáticas.

Cabe comentar, que os fabricantes de produtos de impermeabilização também estão aderindo à causa da sustentabilidade, diminuindo a produção de materiais à base de solvente, como a solução asfáltica, citada na revisão bibliográfica deste trabalho, preferindo os produtos à base de água, como a emulsão asfáltica utilizada nos casos das obras analisadas. Os materiais a base de solvente eram muito utilizados, mas atualmente estão sendo substituídos por materiais a base de água.

Conforme Pironi (1988, p. 210), após a execução da impermeabilização em cortinas com pressão positiva deve-se fazer a construção de uma parede de alvenaria pelo lado externo da mesma para sua proteção contra o reaterro. Na revisão bibliográfica, Pironi foi o único autor pesquisado que recomenda este tipo de proteção. Este método não é comum em obras atuais devido ao elevado custo e o tempo de execução, sendo substituído por um chapisco de cimento e areia, apesar de aumentar os riscos de perfuração da impermeabilização, pois forma uma camada fina de proteção.

A impermeabilização pelo lado oposto ao aterro não é a mais indicada devido ao fato de não proteger a estrutura, pois a armadura continua sendo atacada pela umidade, o que leva a mesma a ter uma vida útil menor pela possível ocorrência de corrosão. Esta solução foi adotada na obra dois, devido à impossibilidade de acesso ao lado externo. Contudo, a impermeabilização neste caso, foi necessária para impedir que a umidade atinja o lado interno da parede, causando a deterioração da pintura e desagregação do revestimento, prejudicando a estética e quando há a presença de muita umidade, gerar um ambiente insalubre.

A solução proposta e executada na obra quatro foi paliativa, visto que não resolveu o problema de infiltração na parede diafragma. A alternativa dada visou simplesmente à canalização da água proveniente da infiltração da parede para fora do subsolo. A construção da parede falsa teve objetivo estético, impossibilitando o contato do usuário com a umidade. Ao mesmo tempo, esta solução impede a inspeção da parede de diafragma, não podendo verificar a ocorrência de possíveis problemas em relação à estrutura.

Devido ao curto tempo após o término da execução dos serviços de impermeabilização, não se pôde avaliar os resultados dos processos. No caso da obra um, que foi executada em etapas sendo algumas concluídas há dois meses, o estado atual da cortina encontra-se isento de manifestações patológicas como a infiltração. As obras dois, três e quatro também não apresentaram problemas após sua conclusão.

Na maioria dos casos, observa-se que os problemas encontrados em relação à umidade em cortinas de concreto armado estão na base da mesma e também na má execução do preparo da superfície. O problema na base da cortina torna-se iminente quando a mesma não é impermeabilizada até abaixo do nível do piso interno, ou quando a sapata não recebe o devido reforço com manta asfáltica. Já no caso do preparo da superfície, podem ocorrer problemas se não forem retirados os tubos de PVC que passam pela cortina, e se os furos gerados nesse

processo não forem corretamente preenchidos até o outro lado da cortina. Nesse caso, a pressão d'água exercida em tais pontos pode soltar a argamassa, causando a infiltração. Em geral, tamponamentos com cimentos cristalizantes são eficientes em cortinas que não apresentam falhas de concretagem.

7 CONCLUSÕES

Conclui-se com o trabalho prático realizado e com pesquisas teóricas feitas, que a impermeabilização é uma etapa fundamental para a construção civil e deve ser prevista já na fase de projeto da edificação. Representando uma porcentagem mínima dos gastos totais de uma obra, uma boa impermeabilização tem se mostrado grande aliada quando o assunto é durabilidade e qualidade de construção. Ao se tratar de subsolos, é importante ressaltar que, ocorrendo problemas futuros, é difícil obter-se acesso para tratá-los adequadamente. O que poderia ter sido evitado com seguras e já consagradas técnicas impermeabilizantes, torna-se um grande transtorno, visto que somente poderá se tentar soluções pelo lado oposto ao aterro. Não restam dúvidas de que a ausência de uma impermeabilização bem aplicada acaba por aumentar os gastos, os transtornos e as dificuldades uma vez que os problemas começam a aparecer.

Quanto aos materiais, a escolha ficará entre os flexíveis ou rígidos, sendo os flexíveis os mais aconselháveis, de preferência a base de asfalto. Porém cabe lembrar que esse tipo de material só pode ser utilizado pelo lado do aterro, sofrendo pressão positiva, pois quando executado pelo lado oposto ao aterro, sofrendo assim pressão negativa, eles tendem a desprender-se da cortina e não aderir a superfícies úmidas. Os sistemas rígidos são os únicos que resistem a pressões hidrostáticas negativas, portanto são utilizados para a solução de problemas quando não se tem acesso pelo lado do aterro.

Deve-se fazer ainda a consideração que o ideal é executar a impermeabilização pelo lado do aterro, porém, quando não for prevista ou não for permitido o acesso por este lado, executar pelo lado oposto. A principal diferença entre os dois processos é dada pelo fato de que a impermeabilização que é feita no lado da pressão d'água, tem como objetivo a proteção estrutural, garantindo a preservação da armadura da cortina. Já a executada pelo lado oposto à pressão, apenas impede que ocorra infiltração na cortina, sem proteger a estrutura. Neste caso, deve-se ter uma preocupação maior com a qualidade do concreto e com o cobrimento da armadura, visto que não terá impermeabilização para sua proteção.

Vale ressaltar que o Rio Grande do Sul tem se mostrado um estado altamente capacitado para a implementação de diferentes técnicas impermeabilizantes. Empresas aqui localizadas vêm baseando-se em estudos e pesquisas na hora da escolha do melhor método a ser aplicado, tendo técnicas específicas. É extremamente válida a difusão acentuada desses conhecimentos, para que cada vez mais empresas interessadas em realizar serviços de qualidade tenham em que se basear, proporcionando um resultado satisfatório e duradouro.

Como pôde ser analisado no trabalho, existem diversos sistemas possíveis para os diferentes tipos de contatos com o aterro. Na verdade, não existe o melhor processo ou a melhor técnica, mas sim, determinados cenários que levam profissionais a optar por um ou outro método. Avaliar a situação da obra, analisar prazos de entrega do serviço, época do ano (possibilidade de chuvas), altura da cortina e condições do talude são alguns dos fatores que devem ser levados em conta no momento da decisão da técnica a ser aplicada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2003.

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

CRUZ, J. H. P. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com o uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia.** 2003. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CUNHA, A. G.; CUNHA, R. R. **Impermeabilização e isolamento térmico: materiais e especificações.** 1. ed. [S. l.: s. n.], 1997.

CUNHA, A. G. da; NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico: como projetar e executar.** 5. ed. ampl. e atual. Rio de Janeiro: Argus, 1979.

FEIOS, sujos e malvados. Informe impermeabilização 2. Rio de Janeiro: **Petrobras**, [2004].

GABRIOLLI, J.; THOMAZ, E. Impermeabilização de fundações e subsolos. **Revista Técnica: revista de tecnologia e negócios da construção.** São Paulo, ano 10, n. 67, p. 77-80, out. 2002.

IMPERMEABILIZAÇÃO. **Construção e mercado.** São Paulo, n. 53, dez. 2005. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/53/artigo121607-1.asp>>. Acesso em: 27 nov. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. Recomendações x impermeabilização. Disponível em: <http://www.ibisp.org.br/?pagid=vrevista_techne&id=23>. Acesso em: 10 set. 2009a.

_____. Sistemas impermeabilizantes x subsolos. Disponível em: <http://www.ibisp.org.br/?pagid=vrevista_techne&id=19>. Acesso em: 10 set. 2009b.

NAKAMURA, J. Rígida e estanque. **Revista Técnica: revista de tecnologia e negócios da construção.** São Paulo, ano 14, n. 115, p. 28-33, out. 2006.

PICCHI, F. A. **Impermeabilização de Coberturas.** São Paulo: Pini, 1986.

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

SILVEIRA, M. A. Impermeabilizações com cimentos poliméricos. **Revista Técnica: revista de tecnologia e negócios da construção.** São Paulo, ano 10, n. 54, p. 108-110, set. 2001.

VERÇOZA, E. J. **Impermeabilização na construção.** 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Sagra, 1987.