

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

**Patrick Ruppenthal de Lima**

**IMPERMEABILIZAÇÃO COM COMPÓSITO DE FASE  
MATRIZ DE POLIÉSTER E FASE DISPERSA DE FIBRA DE  
VIDRO: ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS**

Porto Alegre  
julho 2013

**PATRICK RUPPENTHAL DE LIMA**

**IMPERMEABILIZAÇÃO COM COMPÓSITO DE  
POLIÉSTER: ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS**

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

**Orientadora: Angela Borges Masuero**

Porto Alegre  
julho 2013

**PATRICK RUPPENTHAL DE LIMA**

**IMPERMEABILIZAÇÃO COM COMPÓSITO DE  
POLIÉSTER: ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS**

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

Porto Alegre, julho de 2013

Profa. Angela Borges Masuero  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Angela Borges Masuero (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Enga. Lucília Maria Silveira Bernardino da Silva (UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Arq. Laís Zucchetti**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, meu irmão e minha namorada, que tornaram possível essa conquista com seu apoio incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Profa. Angela, minha orientadora, por compartilhar seu conhecimento e não medir esforços para garantir o sucesso deste trabalho.

À Profa. Carin, pelo exemplo de dedicação e altruísmo no exercício de sua profissão.

À empresa Fibersals, por facilitar a realização dessa pesquisa com informações importantes.

Ao Sr. Osmar, por ter sido tão solícito em minhas visitas às obras de sua responsabilidade.

À Camila, minha namorada, por entender minha ausência durante todo o curso.

À minha família, por estar comigo nos momentos em que eu mais precisei.

Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e, então,  
com todo o coração, dedicar-se a ele.

*Buda*

## RESUMO

É comum encontrar, em diversos livros especializados e trabalhos acadêmicos, a constatação de que a umidade é uma das principais causadoras de manifestações patológicas, que reduzem a durabilidade das edificações e causam desconforto para seus usuários. Mesmo assim, por muito tempo, esse foi um assunto menosprezado entre os profissionais da construção e, somente nos últimos anos, essa realidade começou a mudar. Mudança, essa, que se deve, principalmente, ao atual desenvolvimento econômico, que traz consigo um crescimento considerável do poder aquisitivo dos consumidores e, com isso, um aumento proporcional das exigências sobre os produtos e serviços. Para atender a essas expectativas do mercado, novas técnicas construtivas surgem a todo instante e, assim, torna-se importante verificar que tipo de vantagens as mesmas podem agregar às edificações, quais as desvantagens de sua utilização e, principalmente, qual a melhor técnica de execução para maximizar seus resultados. Entre os novos sistemas impermeabilizantes, o que utiliza compósito de poliéster com reforço de fibra de vidro é um dos mais diferenciados e, também, um dos menos estudados. Esse trabalho versa, basicamente, sobre a execução desse sistema, com ênfase em seus detalhes construtivos. Inicialmente, através de revisão bibliográfica, foi possível desenvolver a busca de técnicas já consagradas no setor de construção. Por se tratar de um método com grande influência dos materiais envolvidos, os mesmos foram caracterizados, também através da literatura existente. Em seguida, foram realizados acompanhamentos de execuções *in loco*, nos quais foram verificados alguns padrões construtivos empregados pela empresa que desenvolveu o método. Assim, uma análise final foi realizada através da compatibilização das informações encontradas na bibliografia e nos canteiros das obras, possibilitando a determinação das práticas mais eficazes a serem empregadas durante a execução.

Palavras-chave: Umidade nas Edificações. Impermeabilização com Compósito de Poliéster.  
Impermeabilização Reforçada com Fibra de Vidro. Detalhes Construtivos de  
Impermeabilização com Compósito de Poliéster.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma representativo das etapas da pesquisa .....	16
Figura 2 – Detalhe da impermeabilização de rodapé .....	37
Figura 3 – Detalhe de impermeabilização sobre soleira e rodapé .....	40
Figura 4 – Vista aérea da Edificação A .....	42
Figura 5 – Crescimento de vegetação decorrente da presença de umidade .....	43
Figura 6 – Reboco descolado causando o aparecimento da impermeabilização .....	43
Figura 7 – Terraço da Edificação B .....	44
Figura 8 – Terraço da Edificação C .....	45
Figura 9 – Manifestação patológica ocasionada por infiltração .....	46
Figura 10 – Falha a ser regularizada na laje de cobertura da Edificação A .....	48
Figura 11 – Vazio a ser regularizado na superfície da Edificação C .....	48
Figura 12 – Detalhe de impermeabilização no entorno de antena ainda não selada .....	50
Figura 13 – Lixamento de canto vivo antes de aplicar o sistema .....	50
Figura 14 – Regularização com pasta de cimento no entorno da platibanda .....	51
Figura 15 – Pasta de resina aplicada no topo do rodapé para regularização .....	52
Figura 16 – Diagrama das atividades de preparação da superfície .....	53
Figura 17 – Aplicação de <i>primer</i> na Edificação C .....	54
Figura 18 – Véu de fibra de vidro recortado para uso em rodapé .....	55
Figura 19 – Detalhe de ralo impermeabilizado .....	56
Figura 20 – Rebaixo do entorno de ralo .....	57
Figura 21 – Diagrama de execução de ralo após aplicação de <i>primer</i> na superfície .....	58
Figura 22 – Aplicação de resina como selante impermeável .....	59
Figura 23 – Detalhe de estrutura metálica impermeabilizada .....	59
Figura 24 – Detalhes de corte no rejunte e fita de nivelamento .....	60
Figura 25 – Portas sem soleira interrompendo a continuidade do rodapé .....	61
Figura 26 – Interior de balcão de pia com rodapé a ser impermeabilizado .....	62
Figura 27 – Aplicação do sistema em rodapé de canto .....	63
Figura 28 – Aplicação do sistema em rodapé de quina de parede .....	63
Figura 29 – Platibanda impermeabilizada .....	64
Figura 30 – Falha na impermeabilização em mudança de plano .....	64
Figura 31 – Descontinuidade do sistema em face inferior de estrutura .....	65
Figura 32 – Diagrama de execução do sistema em mudanças de plano após aplicação de <i>primer</i> na superfície .....	66



Figura 33 – Representação gráfica da ancoragem abaixo da soleira .....	68
Figura 34 – Representação gráfica de ancoragem com a retirada da soleira .....	68
Figura 35 – Desnível pequeno de soleira para embutimento sob a mesma .....	69
Figura 36 – Representação gráfica do encobrimento da soleira pelo sistema .....	70
Figura 37 – Corte abaixo de soleira para ancoragem do véu de fibra .....	71
Figura 38 – Selante utilizado para vedar corte .....	71
Figura 39 – Diagrama de atividades para aplicação do sistema em soleira após a aplicação de primer sobre a superfície.....	72
Figura 40 – Junta de dilatação em estado avançado de desgaste .....	73
Figura 41 – Junta de dilatação a ser impermeabilizada .....	74
Figura 42 – Detalhe do posicionamento de mata-junta .....	74
Figura 43 – Diagrama de atividades para impermeabilização de juntas .....	75

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Tipos de resinas poliéster .....	25
Quadro 2 – Comparação qualitativa entre fibras de aramida, carbono e vidro .....	29

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	14
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	14
<b>2.2.2 Objetivos secundários</b> .....	14
2.3 PRESSUPOSTO .....	15
2.4 PREMISSE .....	15
2.5 DELIMITAÇÕES .....	15
2.6 LIMITAÇÕES .....	15
2.7 DELINEAMENTO .....	15
<b>3 CLASSIFICAÇÕES DAS IMPERMEABILIZAÇÕES</b> .....	18
3.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FORMA DE APRESENTAÇÃO DO SISTEMA	19
3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À ADERÊNCIA AO SUBSTRATO .....	20
3.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À SOLICITAÇÃO IMPOSTA PELA ÁGUA .....	21
3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FLEXIBILIDADE DO SISTEMA .....	22
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS</b> .....	24
4.1 RESINA POLIÉSTER .....	24
4.2 FIBRA DE VIDRO .....	27
4.3 GEL-COAT .....	30
4.4 COMPÓSITO DE POLIÉSTER REFORÇADO COM FIO <i>ROVING</i> COM ACABAMENTO EM GEL-COAT .....	31
<b>5 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DO SISTEMA</b> .....	33
5.1 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE .....	33
5.2 APLICAÇÃO DO SISTEMA IMPERMEABILIZANTE .....	34
5.3 DETALHES CONSTRUTIVOS .....	35
<b>5.3.1 Mudanças de plano</b> .....	36
<b>5.3.2 Ralos</b> .....	37
<b>5.3.3 Juntas de dilatação</b> .....	38
<b>5.3.4 Soleiras</b> .....	39
<b>6 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	41
6.1 EDIFICAÇÃO A .....	41
6.2 EDIFICAÇÃO B .....	44

6.3 EDIFICAÇÃO C .....	45
<b>7 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO SISTEMA BASEADA NO ACOMPANHAMENTO DE OBRAS .....</b>	<b>47</b>
7.1 ADEQUAÇÃO DA SUPERFÍCIE E SEU ENTORNO .....	47
7.2 DETALHES DA APLICAÇÃO DO SISTEMA .....	53
<b>7.2.1 Ralos .....</b>	<b>55</b>
<b>7.2.2 Mudanças de plano .....</b>	<b>58</b>
<b>7.2.3 Soleiras .....</b>	<b>67</b>
<b>7.2.4 Juntas de dilatação .....</b>	<b>72</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento do setor de construção civil, torna-se cada vez mais inaceitável a ocorrência de manifestações patológicas associadas a processos que ocasionam a degradação de elementos construtivos. A água, como um dos principais agentes agressores das edificações, faz com que a impermeabilização ganhe lugar destacado nesse cenário, a fim de evitar os recorrentes problemas de infiltração, que diminuem a durabilidade das edificações. Com isso, novas soluções de impermeabilizações surgem a todo instante e, rapidamente, são difundidas no mercado, sem qualquer estudo sistemático de suas propriedades.

Entre elas, destaca-se a impermeabilização com compósito de fase matriz de poliéster, uma técnica desenvolvida pela empresa Fibersals Impermeabilizações em Edificações, utilizada para garantir a estanqueidade em áreas potencialmente afetadas por água e umidade. Esta solução reúne materiais com características distintas, como o fio *roving*, que é composto por fibras de vidro, e *gel-coat*, que atua como um acabamento da superfície impermeabilizada. Quando combinados com a flexibilidade do poliéster, esses materiais formam um sistema de impermeabilização capaz de resistir às várias intempéries a que é submetida.

Ainda que tenha se mostrado bastante eficiente no combate a infiltrações pela sua capacidade de formar uma película uniforme e impenetrável, não está livre das falhas que podem ser ocasionadas por deficiências de projeto ou execução. O detalhamento de projeto, nesse caso, mostra-se essencial para garantir o correto funcionamento do sistema, pois qualquer umidade, que se coloque entre a película e a superfície, pode causar o desprendimento da camada impermeabilizante e, por consequência, a inutilização do sistema.

A principal razão, porém, para que se estudem esses problemas de infiltração está no prejuízo financeiro e emocional que podem causar aos proprietários. De acordo com o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (200-?), a impermeabilização, quando projetada e executada corretamente, representa um custo estimado em 2% do investimento total da edificação. Por outro lado, quando a impermeabilização só é feita depois da ocorrência de infiltrações, os custos se tornam muito maiores, chegando aos 10% do valor total da edificação.

Com esta pesquisa, objetiva-se detalhar a execução da impermeabilização com compósito de poliéster reforçado com fio *roving* e acabado com *gel-coat*, identificando possíveis focos de falhas no sistema através de análise da bibliografia especializada e acompanhamento da aplicação do método em obras, possibilitando a determinação de boas práticas a serem seguidas para garantir a qualidade do processo sem a necessidade de intervenções reparatórias.

O capítulo 1 consiste em uma introdução ao assunto da pesquisa, bem como sua importância no contexto atual. Já as diretrizes, que são definições importantes para a elaboração do trabalho, são tratadas no capítulo 2.

No capítulo 3, são apresentadas as principais classificações possíveis dos sistemas impermeabilizantes, que auxiliam no entendimento do funcionamento do sistema em análise. Em seguida, no capítulo 4, são caracterizados os três materiais principais que são utilizados na execução da impermeabilização estudada e, ainda no mesmo capítulo, definem-se as propriedades do compósito formado pela união desses materiais.

O capítulo 5 trata, inicialmente, de aspectos referentes à preparação da superfície que receberá a impermeabilização e, em seguida, são apresentadas técnicas utilizadas na execução da mesma em superfícies em geral e nos pontos críticos. No capítulo 6, são apresentadas as ferramentas utilizadas para realização da pesquisa e as obras acompanhadas, descrevendo suas características mais relevantes.

No capítulo 7, são apresentados os resultados do acompanhamento de obras, com o detalhamento das execuções observadas, com ênfase nos pontos críticos do sistema. São mostradas, também, figuras que ilustram a descrição da aplicação do método. Para encerrar, no capítulo 8, são apresentadas algumas considerações finais a respeito do trabalho.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: como evitar infiltrações em pontos críticos do sistema de impermeabilização com compósito de poliéster?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é a descrição de práticas construtivas que proporcionam estanqueidade nos pontos críticos do sistema de impermeabilização com compósito de poliéster.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) detalhamento da execução de impermeabilização com compósito de poliéster;
- b) identificação de pontos críticos e descrição dos principais problemas relacionados;
- c) elaboração de *checklist*, para verificação de requisitos básicos durante as execuções, e de diagramas para a sistematização da execução do sistema em pontos críticos.

## 2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a empresa que desenvolveu o método utiliza boas práticas em suas obras e, por isso, serve de referência para o trabalho.

## 2.4 PREMISA

O trabalho tem por premissa que a falta de projeto e estudo específico de pontos críticos do sistema geram a necessidade de substituição total ou parcial da impermeabilização e dos materiais afetados por infiltrações, causando não só grandes despesas, mas enormes transtornos aos proprietários.

## 2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à análise da execução de impermeabilização com compósito de poliéster em obras localizadas em Porto Alegre.

## 2.6 LIMITAÇÕES

É limitação do trabalho o acompanhamento de obras executadas por uma única empresa, ainda que executadas por diferentes equipes de mão de obra.

## 2.7 DELINEAMENTO

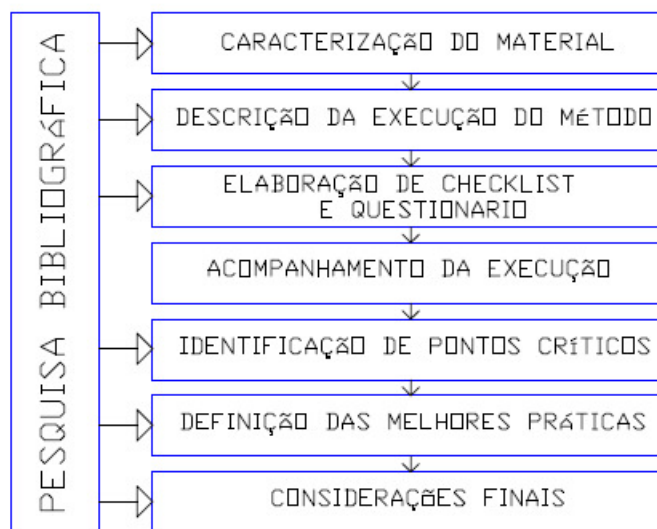
O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) caracterização do material de impermeabilização;
- c) descrição da execução do método;
- d) elaboração de *checklist* e questionário;
- e) acompanhamento da execução;



- f) identificação de pontos críticos;
- g) definição das melhores práticas;
- h) considerações finais.

Figura 1 – Fluxograma representativo das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Na etapa da **pesquisa bibliográfica**, foi desenvolvida uma revisão de informações e conceitos contidos na literatura técnica com a intenção de gerar embasamento teórico para realização da pesquisa. Por esse motivo, essa etapa foi realizada durante todo o trabalho, alimentando as outras etapas, como se percebe na figura 1.

A seguir, desenvolveu-se uma **caracterização do material** utilizado na execução do método em questão, caracterizando todas as matérias-primas utilizadas na confecção do produto final. Também foi realizada uma **descrição da execução do método**, seguindo instruções transmitidas por catálogos e treinamentos realizados pela empresa desenvolvedora do sistema pesquisado.

Através da **elaboração de checklist e questionário**, foi possível realizar um melhor **acompanhamento da execução**, no qual se observou o funcionamento do sistema na prática em diferentes obras, para registro de aspectos importantes presenciados *in loco*, através da aplicação das ferramentas criadas na etapa anterior. Durante a execução e com auxílio da bibliografia, foi realizada a **identificação de pontos críticos**, levando em conta os já

tradicionais detalhes, comuns à maioria dos sistemas impermeabilizantes, e observando preocupações e gargalos durante a execução.

A **definição das melhores práticas** é a etapa na qual foram reunidos e explicados os itens mais importantes para garantir a estanqueidade em impermeabilizações com compósito de poliéster, com uma seleção entre a experiência prática e as descrições teóricas. Por fim, nas **considerações finais**, foram abordados tópicos considerados importantes durante a realização da pesquisa e que poderão tanto esclarecer dúvidas pendentes do leitor, como servir de ponto inicial para novas pesquisas.

### 3 CLASSIFICAÇÕES DAS IMPERMEABILIZAÇÕES

As agressões às edificações, ocasionadas pela ação da água, tornam-se, cada vez mais, motivo de preocupação entre engenheiros e arquitetos. Segundo Perez<sup>1</sup> (1989 apud POYASTRO, 2011, p. 26-27), essa realidade se deve, basicamente, às novas demandas da construção civil, que muitas vezes não são sinônimos de melhores desempenhos. Um bom exemplo é a expansão, no mundo todo, do uso de concreto armado, que reduziu as funções da alvenaria, definindo a vedação como sua atividade principal, salvo o caso da alvenaria estrutural. Assim, o conceito de economia nos canteiros fez com que se adotassem espessuras menores para as paredes, tornando-as menos resistentes aos esforços a que se sujeitam e facilitando a penetração de água através das fissuras, agora mais presentes nesse tipo de estrutura. Esse também é o caso das juntas, que são consideradas pontos críticos dos sistemas impermeabilizantes e que tiveram sua utilização aumentada pelo surgimento das estruturas pré-moldadas.

Atualmente, já se sabe que a forma mais eficiente de evitar essas manifestações patológicas é com a correta seleção e execução de impermeabilização. De acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 3), a impermeabilização é resultado da união de materiais e serviços que tem como principal função a proteção de áreas de edificações que, potencialmente, serão afetadas pela presença de água ou outro fluido, sob qualquer condição física, que inclui, principalmente, a umidade, o vapor e a água na forma líquida.

A melhor forma de adequar as peculiaridades das edificações modernas à correta execução de um sistema impermeabilizante é a elaboração de um projeto de impermeabilização, que é uma realidade nas construções em que existe preocupação com desempenho e qualidade. Picchi (1986, p. 49) reforça a necessidade de um projeto de impermeabilização citando o alto custo de reparações nas estruturas afetadas por infiltrações e nos sistemas impermeabilizantes mal executados, quando comparado ao custo do projeto. Além disso, a definição do sistema a ser empregado, dos detalhes a serem observados e da mão de obra a ser contratada, diminuem as

---

<sup>1</sup> PEREZ, A. R. Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (Org.). **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 571-578.

dúvidas no momento da execução, resultando em uma proteção mais eficiente que atende aos requisitos específicos de cada edificação.

Para facilitar a seleção do sistema impermeabilizante a ser utilizado em cada situação, foram definidas, através de diversos estudos, algumas classificações referentes às características dos materiais empregados e às formas de aplicação. Essas classes são amplamente utilizadas pelos especialistas no assunto, já que possuem características inerentes a cada uma delas e, por isso, ajudam a definir o comportamento de cada sistema mais claramente. A seguir, são detalhadas as principais classificações.

### 3.1 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FORMA DE APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

Existem duas classificações possíveis quanto à forma de apresentação do método na execução. São elas (PICCHI, 1986, p. 77):

- a) pré-fabricados;
- b) moldados no local.

Cruz (2003, p. 44) define o sistema pré-fabricado como:

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

No momento da execução, essas mantas são desenroladas e posicionadas nos locais em que serão aplicadas. Assim, a principal preocupação é com as juntas das mantas, que podem ser realizadas de três maneiras diferentes. Segundo Picchi (1986, p. 77-78), estas são feitas por:

- a) colagem;
- b) soldagem com uso de solventes;
- c) soldagem a quente.

A outra classificação possível quanto ao método de execução é, também, descrita por Picchi (1986, p. 77-78). Segundo o autor, “Os sistemas moldados no local, também conhecidos como executados no local, utilizam materiais que, uma vez aplicados, em consistência adequada, formam uma membrana contínua, que constitui a impermeabilização; estes materiais são líquidos, pastosos ou sólidos [...]”. São aplicados, na maioria dos casos, de forma semelhante à pintura. É o caso da maioria dos métodos conhecidos, com exceção, principalmente, das mantas, que se enquadram nos sistemas pré-fabricados.

Percebe-se, historicamente, uma inversão de tendências entre sistemas pré-fabricados e moldados no local. Enquanto os primeiros se apresentaram, inicialmente, na forma de mantas poliméricas, para depois se desenvolverem as mantas asfálticas, os sistemas executados *in loco* foram da extensa utilização dos materiais asfálticos, representados pelas emulsões asfálticas, à busca atual por novos empregos dos polímeros sintéticos (CRUZ, 2003, p. 44).

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À ADERÊNCIA AO SUBSTRATO

Existem duas classificações possíveis para a característica de aderência ao substrato, ou seja, sistema:

- a) aderido;
- b) não aderido (flutuante).

Os sistemas aderidos, como o próprio nome diz, devem ser completamente aderidos à superfície. Podem ser aplicados tanto a quente, com utilização de maçarico, por exemplo, quanto a frio, por colagem. Apresentam-se na forma de membranas e mantas, sendo que as segundas podem, também, serem não aderidas (MORAES, 2002, p. 21).

De acordo com Picchi (1986, p. 32), existem alguns casos em que esse tipo de sistema não é aconselhável, em função do tipo de substrato. Quando a camada de suporte sofre muitas deformações, devem ser evitados sistemas aderidos com baixa flexibilidade, já que as movimentações podem gerar esforços suficientes para aparecimento de fissuras na estrutura e, com isso, na impermeabilização.

Já os sistemas não aderidos utilizam materiais que são posicionados sobre a camada de suporte, sem que haja qualquer fixação ao substrato. Segundo Cunha e Neumann (1979, p.

20), esses métodos são ideais para situações de grandes movimentações do substrato, já que as mantas são dúcteis e tem os esforços distribuídos sob todo o envelope, evitando aberturas ocasionadas por esforços pontuais.

Picchi (1986, p. 36) afirma que, apesar de possuírem essa vantagem quanto à absorção de tensões, os sistemas não aderidos possuem a dificuldade de localização das falhas, visto que a água pode se deslocar no espaço deixado entre a impermeabilização e o substrato. A impossibilidade de localização da falha pode causar a necessidade de substituição integral do sistema e de elementos danificados por umidade, gerando resíduos e custos inesperados.

Já nos sistemas aderidos, ainda de acordo com Picchi (1986, p. 36), apesar de serem transmitidos esforços concentrados pelas movimentações do substrato, as falhas são facilmente localizadas, já que não há espaço suficiente na interface entre impermeabilização e camada de suporte para que a água se afaste consideravelmente do ponto de infiltração. Assim, a reparação do problema envolve custos mais baixos e menor quantidade de entulhos, com substituição do sistema apenas na região danificada.

### 3.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À SOLICITAÇÃO IMPOSTA PELA ÁGUA

A água pode se manifestar de diferentes formas sobre as estruturas e, com isso, gerar diferentes solicitações. De acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 7), a classificação quanto à solicitação imposta pela água é essencial para a seleção da melhor impermeabilização para cada caso, pois a estanqueidade dependerá da capacidade do método de resistir à solicitação específica.

São três classificações possíveis, com a impermeabilização atuando contra (CUNHA; NEUMANN, 1979, p. 14):

- a) água de percolação, [...] que atua em terraços e coberturas onde existe livre escoamento, sem exercer pressão hidrostática sobre a impermeabilização;
- b) água com pressão, [...] que atua em subsolos, caixas d'água, piscinas, exercendo força hidrostática sobre a impermeabilização;
- c) umidade por capilaridade, [que] é a ação da água sobre os elementos das construções que estão em contato com bases alagadas ou solo úmido. A água é absorvida e transportada, pela ação da capilaridade de materiais porosos, até acima do nível estático.

Picchi (1986, p. 77) ressalta, ainda, as condições limites de pressão hidrostática para os dois primeiros casos. Considera-se que as águas de percolação não exercem pressão maior que um quilopascal, ao passo que as águas sob pressão apresentam valores superiores a esse valor. Essa também é uma característica que facilita a diferenciação entre as solicitações impostas à impermeabilização. Diz-se impostas à impermeabilização e não aos sistemas pois, ainda de acordo com o mesmo autor, um sistema pode atender a mais de um tipo de solicitação, inclusive contemplando as três, caso em que a classificação deixaria de ter serventia se fosse referida aos sistemas.

Ainda, de acordo com o mesmo autor, a umidade por capilaridade inclui todas as situações em que o contato da estrutura com o solo úmido pode ocasionar infiltrações. Por esse motivo, é facilmente distinguido dos demais (PICCHI, 1986, p. 77). O sistema em questão não é recomendado para esse tipo de solicitação, já que a água, vinda do solo, exerceria uma pressão negativa sobre a camada capaz de causar seu desprendimento do substrato.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO À FLEXIBILIDADE DO SISTEMA

A flexibilidade é um aspecto extremamente importante a ser avaliado quanto se busca um melhor desempenho da impermeabilização. Na NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 5), são encontradas duas classificações possíveis quanto à flexibilidade do sistema. Assim, os sistemas podem ser:

- a) rígidos, que é o caso das argamassas impermeáveis, cimentos cristalizantes e membrana epoxídica;
- b) flexíveis, que reúne membranas poliméricas e asfálticas, além dos diversos tipos de mantas.

Os sistemas flexíveis são ideais para suportes com chance de fissuração, ocasionada por deformações excessivas provindas, na maioria das vezes, dos efeitos climáticos. Assim sendo, em áreas externas, é imprescindível que se execute um sistema impermeabilizante com boa flexibilidade. Caso se opte por um sistema rígido, a probabilidade de aparecimento de falhas, em áreas expostas ao clima, é bastante grande, já que as movimentações do suporte são transmitidas ao material dúctil. Esse tipo de solução é mais recomendado para áreas internas ou cobertas, em que o substrato apresenta falhas em menos casos e devidos a outros fatores,

que não climáticos. Nesses locais, os sistemas rígidos podem apresentar um desempenho bastante satisfatório (PICCHI, 1986, p. 75-76).

De acordo com as classificações descritas acima, o sistema com compósito de fase matriz de poliéster e fase dispersa de fibra de vidro pode ser definido como moldado no local, aderido ao substrato, flexível e eficiente contra solicitações de água por percolação e por pressão positiva, não sendo recomendado para atuar contra pressão negativa exercida por fluidos. Algumas características dos materiais envolvidos, que justificam essa classificação, são descritas no capítulo a seguir.



## 4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Um compósito simples deve reunir, pelo menos, dois materiais distintos com características próprias que, quando combinados, formarão um terceiro material, também com características próprias, que não são uma mera combinação das outras. Geralmente, o compósito tem duas fases, chamadas de fases matriz e dispersa. A primeira é também chamada de massa do compósito, sendo que a outra pode ser denominada reforço. O nome reforço surge pela função do material disperso, em forma de fibra, que dá rigidez e resistência maiores ao produto final, com surgimento de fissuras bem menos provável quando comparado à massa pura (SP SYSTEMS COMPOSITE ENGINEERING MATERIALS, [200-?], p. 1, tradução nossa).

De acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 10), entre os itens básicos que devem constar em um projeto de impermeabilização, encontra-se o sistema a ser utilizado, que remete aos materiais que serão empregados. Essa seleção depende, basicamente, das classificações expostas anteriormente, sendo que o tipo de aderência e a flexibilidade dependem fortemente do material em si.

Pelas razões apresentadas, é imprescindível que se descrevam os materiais envolvidos no compósito, já que suas características dão uma boa noção de como funciona o próprio método. A seguir, são apresentados os aspectos considerados mais importantes para o melhor entendimento do sistema em pauta.

### 4.1 RESINA POLIÉSTER

Esse material é largamente utilizado como fase matriz de compósitos, nas mais diversas áreas da Engenharia. A principal função da fase matriz é manter as fibras reunidas através de suas características coesivas, para que absorvam as cargas a elas impostas, transferindo-as de fibra em fibra. É essa fase do compósito que posiciona e direciona as fibras para garantir sua melhor atuação contra os esforços impostos, além de ser a responsável pela resistência ao cisalhamento entre camadas do material e apresentar boa resistência química e ao calor. Porém, só a matriz, sem a presença de algum reforço, não consegue resistir a cargas muito elevadas sem que apareçam fissuras (REINHART, 1998, p. 28, tradução nossa).

Silva (2010, p. 12) entende que essas resinas são:

[...] uma família de polímeros formados da reação de ácidos orgânicos dicarboxílicos (anidrido maleico ou ftálico) e glicóis, que, quando reagidos, dão origem a moléculas de cadeias longas lineares. O tipo de ácido influencia as propriedades finais da resina e poliésteres ortoftálicas, isoftálicas e tereftálicas podem ser produzidas. Se um ou ambos constituintes principais são insaturados, ou seja, contêm uma ligação dupla reativa entre átomos de carbono, a resina resultante é insaturada.

Os tipos de resinas poliésteres encontrados e suas características estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Tipos de resinas poliéster

TIPOS	COMENTÁRIOS
Ortoftálica	Resina mais comum, de menor custo, para uso básico.
Tereftálica	Possui resistência física um pouco superior à ortoftálica baixa resistência à UV.
Isoftálica	Melhores características mecânicas, químicas e térmicas que as anteriores.
Isoftálica com NPG	O NPG (neo-pentil-glicol) melhora a resistência à hidrólise.
Bisfenólica	Possui as melhores características químicas e térmicas.

(fonte: SILVA, 2010, p. 12)

Cassis e Talbot (1998, p. 35, tradução nossa) descrevem essas classes mais minuciosamente. Segundo os autores, as resinas ortoftálicas, chamadas de resinas para uso geral, apresentam peso molecular mais baixo que as outras classes e, por isso, possuem qualidade considerada inferior. Isso se deve ao tipo de glicol que se apresenta nessas resinas, chamado de anidrido ftálico, conhecido por gerar um material com baixa resistência química e térmica. Já as resinas isoftálicas apresentam o ácido isoftálico como elemento principal de sua formação, fazendo com que se produza um material de boa resistência mecânica, química e térmica, além de boa flexibilidade.

As resinas tereftálicas, por sua vez, são compostas por ácidos tereftálicos. Na prática, apresentam poucas diferenças em relação às resinas isoftálicas, sendo importante destacar uma ligeira vantagem das tereftálicas no comportamento frente a variações de temperatura. Porém, nos demais quesitos, as isoftálicas costumam apresentar melhores resultados, inclusive em relação ao tempo utilizado e aos custos envolvidos na produção (CASSIS; TALBOT, 1998, p. 36, tradução nossa). Por essas vantagens, essa é a classe empregada em produtos aplicados para formação da película impermeabilizante.

É importante, também, citar os dois tipos de polímeros orgânicos existentes, chamados de termoplástico e termofixo. De acordo com Reinhart (1998, p. 31, tradução nossa), os termoplásticos apresentam uma resistência melhor em relação às mudanças de temperatura. Depois de moldados e curados, podem, ainda, voltar ao estado original.

Já os termofixos se mantêm em estado definitivo depois de curados, não podendo retornar ao aspecto original (líquido), independente do processo utilizado. Eles não são tão flexíveis, nem tão resistentes quanto os termoplásticos, mas admitem movimentação suficiente para os padrões normais de exposição a temperaturas (CASSIS; TALBOT, 1998, p. 34, tradução nossa).

De acordo com Bower (2000, p. 8, tradução nossa), existem vantagens e desvantagens no emprego de poliéster como fase matriz de um compósito, quando comparado ao uso de outros polímeros. As principais vantagens encontradas são:

- a) baixo custo (geralmente, o mais baixo encontrado em materiais compósitos);
- b) uma grande variedade de diácidos e dióis podem ser utilizados para dar características físicas e químicas.

Já as desvantagens principais, na comparação do poliéster a outras matrizes, como as metálicas e as cerâmicas, são (BOWER, 2000, p. 8):

- a) baixa capacidade térmica;
- b) baixa resistência ao clima;
- c) vida útil pode ser limitada;
- d) propriedades mecânicas reduzidas (rigidez e resistência) em relação a compósitos avançados.

A fabricação de compósitos com a resina poliéster insaturada, na maioria dos casos, conta com um material de reforço, que forma a fase dispersa do compósito e é quem dá resistência mecânica ao produto. Conforme Cassis e Talbot (1998, p. 38, tradução nossa), “[...] menos de 20% das resinas poliéster produzidas são utilizadas em aplicações que não envolvem materiais de reforço.”.

No sistema de impermeabilização com compósito de poliéster, o reforço utilizado é o de fibra de vidro. Por isso, é importante entender melhor que tipo de características essa fibra pode proporcionar ao produto aplicado nesse método.

## 4.2 FIBRA DE VIDRO

A fibra de vidro é um dos materiais mais empregados como reforço de compósitos, principalmente nos de matriz polimérica. Seu uso comercial se deu a partir de 1939, depois da realização de uma pesquisa sobre esse material que resultou na criação da empresa *Owens-Corning Fiberglass Corporation*. Sua produção se dá através da extrusão de vidro em partículas que, ao saírem dos fornos, passam por um jato d’água e recebem uma proteção, sendo, em seguida, levados à formação dos fios de fibra de vidro, os chamados *rovings*, que podem ser comercializados logo depois de secos ou, ainda, remodelados para a finalidade que se queira. Os principais elementos envolvidos na produção do vidro são o boro, o silício, o fósforo e o enxofre (VAUGHAN, 1998, p. 131, tradução nossa).

Vaughan (1998, p. 134-135, tradução nossa) considera que as principais características das fibras de vidro se devem, basicamente, às propriedades do próprio vidro. Entre as principais características encontradas nessas fibras estão:

- a) desempenho térmico excelente, em temperaturas ambientes dentro dos padrões normais (CNTP), com baixa expansão e boa condutividade térmica;
- b) alta resistência à tração, quando comparada a outras fibras, como de aramida e carbono, e, inclusive, a materiais considerados altamente resistentes, como o fio de aço, para algumas aplicações;
- c) boa resistência química, que inclui a maioria dos elementos e produtos, e biológica, contra insetos e fungos;
- d) boa resistência ao calor e fogo, por não ser material orgânico;

- e) excelente resistência contra umidade, pois não absorve água de nenhuma forma, nem reage à presença desse material, mantendo sua resistência inabalada mesmo em locais muito úmidos.

Algumas outras vantagens desse material são citadas por Bower (2000, p. 13, tradução nossa).

São elas:

- a) aplicável em uma gama ampla de geometrias e tamanhos;
- b) ausência de emendas;
- [...]
- d) baixo custo com ferramentas e equipamentos;
- e) aumento da flexibilidade do projeto;
- f) manutenção mínima;
- g) resistência à corrosão.

Porém, as fibras de vidro, apesar de se apresentarem resistentes em diversos aspectos, não demonstram a mesma capacidade frente aos esforços mecânicos, principalmente em relação a materiais como os metais e, até, algumas outras fibras (BOWER, 2000, p. 13, tradução nossa). Mesmo assim, essa é uma desvantagem que não chega a prejudicar o desempenho desse material em, por exemplo, uma película impermeabilizante.

Na impermeabilização com compósito de poliéster, a fibra de vidro utilizada se apresenta no formato chamado de fio *roving*. Segundo Vaughan (1998, p. 136, tradução nossa), o fio *roving* se forma com a união contínua de diversas fibras de vidro orientadas paralelamente uma à outra, gerando um material contínuo e linear. A fabricação consiste no enrolamento de um conjunto de fibras para gerar o rendimento desejado, determinado pela relação comprimento de fio por unidade de peso, indicando a espessura do fio, que pode apresentar diversas variações.

Além do vidro, outros dois materiais bastante empregados na construção civil como reforços em compósitos são a aramida e o carbono. No quadro 2, expõe-se um comparativo entre esses três tipos de fibras, em que a melhor classificação é dada pela letra A, enquanto a pior é marcada com a letra C.

Quadro 2 – Comparação qualitativa entre fibras de aramida, carbono e vidro

PROPRIEDADE	ARAMIDA	CARBONO	VIDRO
Alta resistência à tração	B	A	B
Módulo de elasticidade elevado	B	A	C
Alta resistência à compressão	C	A	B
Módulo de compressão elevado	B	A	C
Alta resistência à flexão	C	A	B
Módulo de flexão elevado	B	A	C
Alta resistência ao impacto	A	C	B
Alta resistência ao cisalhamento interlaminar	B	A	A
Alta resistência ao cisalhamento no plano	B	A	A
Baixa densidade	A	B	C
Alta resistência à fadiga	B	A	C
Alta resistência ao fogo	A	C	A
Isolamento térmico elevado	A	C	B
Isolamento elétrico elevado	B	C	A
Baixa expansão térmica	A	A	A
Baixo custo	C	C	A

A: desempenho bom/excelente; B: desempenho mediano; C: desempenho ruim.

(fonte: SP SYSTEMS COMPOSITE ENGINEERING MATERIALS, [200-?], p. 30, tradução nossa)

Identifica-se, entre as fibras de aramida e vidro, uma equivalência de propriedades, que não se estende às fibras de carbono, material de desempenho visivelmente superior. Porém, destaca-se que, na relação custo-benefício e no uso com polímeros, as fibras de vidro se apresentam como melhor escolha, principalmente em comparação com as aramidas.

### 4.3 GEL-COAT

Na NBR 13210 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 3), define-se *gel-coat* como “Material formulado a base de resina poliéster sem reforço de fibra de vidro que tem o objetivo de proteger e dar acabamento superficial às peças.”.

Sabe-se, também, que o *gel-coat* tem um processo de produção de alta complexidade, que envolve a mistura de diversos componentes, como a própria resina poliéster insaturada, já descrita anteriormente, além de monômeros de estireno, cargas minerais, pigmentos, agentes tixotrópicos, aditivos especiais e promotores e inibidores de reações químicas. Tem a aparência final de um esmalte e, como função principal, dá acabamento em peças que necessitem de uma barreira química eficiente para garantir a sua conservação, diminuindo consideravelmente a necessidade de manutenção dessa estrutura. É, portanto, um reforço contra agentes agressores que afetam a durabilidade das estruturas (trabalho não publicado)<sup>2</sup>.

Alguns desses ingredientes que são misturados para produção do *gel-coat* apresentam maior importância nas propriedades finais desse produto. É o caso dos monômeros estirenos, que são utilizados para a diluição das resinas poliéster. A quantidade ideal desse monômero a ser misturada é, aproximadamente, duas moléculas de estireno por molécula de ácido insaturado do poliéster e, em concentração, o estireno não deve ultrapassar 50% do peso de resina poliéster, evitando a criação de outras ligações químicas prejudiciais ao polímero (trabalho não publicado)<sup>3</sup>.

A carga mineral também tem grande importância na obtenção das características finais do *gel-coat*. Além de diminuir os custos de sua produção, já que se reduz a quantidade de resina poliéster na composição, algumas dessas cargas podem aumentar a impermeabilidade e a estabilidade térmica, que são características relevantes para a aplicação em um sistema impermeabilizante. Já os agentes tixotrópicos têm como função principal a alteração da consistência do gel e prevenção de escorrimento quando esse é aplicado em superfícies verticais, enquanto os inibidores evitam reações capazes de afetar a durabilidade da resina. A

---

<sup>2</sup> Informação obtida no relatório de estágio de Jovane Dias de Abreu, orientado pelo prof. Marcos Luciano Rosa, do curso técnico de Química Industrial do Colégio Elias Moreira, na cidade de Joinville, em 2012.

<sup>3</sup> *idem*.

cor do acabamento é dada por simples mistura de pigmentos, gerando uma grande variedade de cores e aparências possíveis (trabalho não publicado)<sup>4</sup>.

#### 4.4 COMPÓSITO DE POLIÉSTER REFORÇADO COM FIO *ROVING* COM ACABAMENTO EM GEL-*COAT*

A combinação das resinas poliméricas com o reforço de fibras, como as de vidro, pode gerar um produto com excelentes propriedades. Enquanto a matriz protege as fibras e distribui os esforços através das mesmas, estas dão rigidez e resistência ao composto sem resultar em pesos elevados. Assim, o produto final é capaz de superar materiais reconhecidamente resistentes, como os metais, em diversas aplicações. Além disso, possui características tão completas que admite as mais diversas utilizações (SP SYSTEMS COMPOSITE ENGINEERING MATERIALS, [200-?], p. 2, tradução nossa).

As características do compósito dependem, basicamente, dos materiais envolvidos em sua produção. Os quatro fatores determinantes das propriedades finais do produto são (SP SYSTEMS COMPOSITE ENGINEERING MATERIALS, [200-?], p. 2, tradução nossa):

- a) as propriedades das fibras;
- b) as propriedades das resinas;
- c) a proporção entre fibra e resina do compósito (Fração do Volume de Fibra);
- d) a geometria e orientação das fibras no compósito.

Muitas vezes, considera-se que, pela imensa superioridade das propriedades mecânicas das fibras em relação às resinas, quanto maior a proporção de reforço no compósito, melhor o desempenho desse material. Porém, a realidade é que se tem um limite para essa proporção, para garantir que a resina envolva completamente as fibras, proporcionando um comportamento melhor do compósito. Atualmente, nos produtos encontrados no mercado se tem um limite entre trinta e setenta por cento de fibras em relação ao volume do compósito, dependendo da aplicação necessária (SP SYSTEMS COMPOSITE ENGINEERING MATERIALS, [200-?], p. 2-3, tradução nossa)

---

<sup>4</sup> Informação obtida no relatório de estágio de Jovane Dias de Abreu, orientado pelo prof. Marcos Luciano Rosa, do curso técnico de Química Industrial do Colégio Elias Moreira, na cidade de Joinville, em 2012.



O uso da combinação de poliéster, fibra de vidro e *gel-coat* em impermeabilizações é considerado recente. Porém, sabe-se que esses materiais já são utilizados em conjunto há bastante tempo e, geralmente, em locais nos quais eram expostos a solicitações de água e umidade, como caixas d'água, lanchas, barcos e pranchas. Portanto, entre suas propriedades, já se conhecia a capacidade de impedir as infiltrações de fluidos.

O sistema de impermeabilização com compósito de poliéster, reforçado com fibra de vidro e com acabamento em *gel-coat*, é laminado e aderido à superfície e sua utilização tem como principais vantagens (FIBERSALS IMPERMEABILIZAÇÕES EM EDIFICAÇÕES LTDA., 2010):

- a) possibilidade de aplicação sobre estruturas ou pisos prontos;
- b) aplicação líquida;
- c) resistência contra raios ultravioletas;
- d) possibilidade de diversas colorações;
- e) possibilidade de escolha de textura;
- f) possibilidade de diferenciação de rejunte;
- g) resistência a tráfego de pessoas e veículos;
- h) boa flexibilidade, com alongação acima de 30%;
- i) aplicação limpa e com baixa geração de resíduos;
- j) resistência contra ataque de raízes, para aplicações em jardineiras e coberturas ecológicas.

A principal desvantagem apresentada por esse sistema é o alto custo, por influência da escassez de empresas que o aplicam e dos custos dos materiais envolvidos (poliéster, fibra de vidro e *gel-coat*). Por esse motivo, não é um sistema recomendado para áreas residenciais simples, como banheiros, nas quais sistemas mais simples apresentam desempenhos satisfatórios no controle das infiltrações.

## 5 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DO SISTEMA

Depois de definido o comportamento do sistema quanto à aderência, flexibilidade, solicitações da água e processo de produção, é importante identificar de que maneira ocorre a melhor execução e o que deve ser observado com mais atenção nesse processo, para evitar futuros problemas. De antemão, sabe-se que esse é um sistema com aplicação razoavelmente simples, mas que alguns cuidados são indispensáveis para garantir a estanqueidade da película impermeabilizante. Sem esses cuidados, pode-se estar inutilizando todo o sistema, gerando um custo alto e inesperado. Segundo Picchi (1986, p. 49), “Os custos de um projeto de impermeabilização são inúmeras vezes menores que os custos decorrentes de eventuais desperdícios, reparos, danos a diversas partes da construção, etc., que podem ser ocasionados pela falta desse mesmo projeto.”.

### 5.1 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

Como em todas as execuções de impermeabilizações, o primeiro passo para o correto funcionamento do sistema é a preparação da superfície que vai receber, nesse caso, a camada aderida de impermeabilização. Cunha e Neumann (1979, p. 20) reforçam a importância da preparação do substrato citando que uma superfície sem defeitos é praticamente impossível de ser encontrada. Essa preocupação inicial serve, basicamente, para minimizar os futuros problemas e evitar falhas no sistema. Uma das principais fontes desses problemas é o uso de camadas de regularização de argamassa com areia grossa, tornando o substrato altamente abrasivo. Porém, muitos outros aspectos devem ser observados para garantir uma superfície livre dos defeitos mais graves.

Segundo Picchi (1986, p. 32), as protuberâncias presentes nas superfícies são as responsáveis pela definição da espessura ideal da impermeabilização, a fim de evitar perfurações da mesma. Também as movimentações do suporte são possíveis causadoras de problemas na camada impermeabilizante já que, nos sistemas aderidos, essas são transmitidas diretamente do substrato para a impermeabilização.

No sistema com compósito de poliéster reforçado, a textura áspera do substrato é mais preocupante que as movimentações do mesmo, já que esse tipo de impermeabilização apresenta boa flexibilidade, proporcionada pela resina poliéster. Por isso, a limpeza e a retirada de materiais pontiagudos que estejam no suporte são imprescindíveis para o correto funcionamento do sistema.

Na maioria das vezes, esse é um método aplicado sobre pisos prontos, dispensando a necessidade de uma camada de regularização, fazendo com que o próprio piso exerça esse papel. O que se deve observar, nesses casos, é a limpeza da área, com a retirada de qualquer elemento que possa prejudicar o sistema. Além disso, de acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 11), “A inclinação do substrato das áreas horizontais deve ser no mínimo 1% em direção aos coletores de água.”. Isso porque, com o sucesso da aplicação do sistema, o piso se torna impermeável e, sem uma inclinação razoável, a água retida não é escoada, acumulando-se sobre a superfície e gerando possíveis transtornos quanto à habitabilidade.

Ainda, de acordo com a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 12), deve-se verificar, antes da aplicação do sistema, a ausência de cantos vivos, formados pelas mudanças de planos, realizando um arredondamento dessas arestas no formato de meia-cana. Assim, desenvolve-se uma impermeabilização contínua e se minimiza a probabilidade da ocorrência de falhas nesses pontos.

## 5.2 APLICAÇÃO DO SISTEMA IMPERMEABILIZANTE

A aplicação desse tipo de sistema é bastante simples, assim como na maioria dos sistemas com elastômeros em solução. Esta é feita com pincel, escova ou brocha de cerdas macias, semelhante a aplicação de qualquer tinta a óleo. Nos cantos e pontos de difícil acesso, deve-se optar pela utilização de um pincel menor, já que o rolo não conseguirá atingir todos os pontos. A quantidade de demãos pode variar conforme as solicitações impostas à superfície, mas, em geral, três demãos são suficientes para garantir a espessura mínima necessária, considerando, também, as camadas de véu de fibra de vidro intercaladas (PICCHI, 1986, p. 111).

Segundo Picchi (1986, p. 121), é importante que se tome cuidado para não escolher um material de aplicação que possa alterar as propriedades do impermeabilizante, através de

reações químicas, por exemplo. Os materiais ideais são os mesmos utilizados em pinturas comuns, já que essas também podem apresentar reações adversas dependendo das substâncias postas em contato.

Como se percebe, a aplicação sobre a superfície, por si só, não apresenta grandes dificuldades, utilizando, basicamente, os mesmos materiais empregados em pinturas e, praticamente, a mesma mão de obra, que deve receber algumas instruções básicas sobre as particularidades do sistema. De acordo com a Fibersals Impermeabilizações em Edificações Ltda. (2010), a aplicação pode variar segundo o local, mas, em geral, começa com uma demão de *primer*, outra de resina poliéster, seguida de uma camada de véu de fibra de vidro ou fio *roving* processado por máquina que, por sua vez, é coberta por mais uma camada de resina e, por fim, o acabamento em *gel-coat*. Essa é a estruturação mínima do sistema que, normalmente, conta com mais demãos de resina e mais camadas de véu de fibra.

As principais fontes de preocupações desse sistema são os detalhes construtivos, também chamados de pontos críticos. Segundo Picchi (1986, p. 51):

O sucesso de uma impermeabilização depende de uma série de detalhes, que garanta a estanqueidade dos pontos críticos, singularidades, etc. A maior parte dos problemas de impermeabilização se dá nas bordas, encontros com ralos, juntas, mudanças de planos, passagem de dutos, etc.

Esses detalhes são prioridades absolutas durante a execução. Deve ser feito um planejamento que indique a ordem das etapas a ser seguida, definindo como atividades iniciais as soluções dos pontos críticos, para depois concluir as tarefas menos trabalhosas, evitando desperdícios de tempo e materiais (CUNHA; NEUMANN, 1979, p. 62).

### 5.3 DETALHES CONSTRUTIVOS

Os detalhes construtivos são os pontos do sistema nos quais a execução da impermeabilização exige uma observação maior de alguns aspectos que, se forem ignorados, podem se tornar pontos de fácil infiltração de água. De acordo com Picchi (1986, p. 24), a existência desses detalhes faz com que o serviço de impermeabilização exija mão de obra especializada, pois qualquer tipo de falha pode comprometer toda a execução do sistema.

Para buscar uma melhor execução da impermeabilização, deve ser elaborado um projeto que aborde, principalmente, esses pontos críticos. Isso evita improvisações e soluções ineficientes, além de facilitar a contratação da mão de obra e o acerto de valores com as equipes, pois se sabe, de antemão, o que deverá ser executado no canteiro (PICCHI, 1986, p. 49).

De acordo com Picchi (1986, p. 162), existe, no Brasil, a estimativa de que 80% das falhas de impermeabilização ocorrem nos pontos críticos, com destaque para os ralos e rodapés. A seguir, são citados os principais detalhes envolvidos na execução de impermeabilização com compósito de poliéster.

### 5.3.1 Mudanças de plano

A NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 11) recomenda que, no mínimo, a impermeabilização nos rodapés atinja uma altura de 20 cm acima do piso definitivo, como forma de prevenção de infiltrações entre a película e o substrato. Em casos em que se prevê a presença de água em alturas superiores aos 20 cm e que se possa estimar essa altura, recomenda-se que seja impermeabilizada uma altura com 10 cm acima do nível provável.

Na maioria das vezes, esse método é executado sobre superfícies prontas, em que a empresa de impermeabilização só é contratada depois do término da construção da edificação. Assim, o embutimento da impermeabilização, em alguns casos, pode não ser possível, pois danificaria superfícies definitivas e prejudicaria a estética do local. Nos casos em que existe a possibilidade de embutir a impermeabilização, é feito um corte na superfície vertical que acompanha toda a extensão do rodapé. Em seguida, a manta de fibra de vidro é fixada nesse espaço aberto e aderida sobre as superfícies. Na aresta de mudança de plano, aplica-se fio *roving* picado sobre uma camada de resina, reforçando esse ponto e dificultando o desprendimento da película.

É comum, também, a presença de tubulações que atravessam as lajes de coberturas, como os tubos de respiro, e outros obstáculos que interferem na continuidade da película e geram uma mudança de plano. Segundo Picchi (1986, p. 56), a impermeabilização desses locais segue os mesmos padrões dos rodapés. Deve-se atingir a mesma cota de 20 cm e, quando possível, utilizar a manta em todo o perímetro do obstáculo. Na figura 2, pode-se verificar uma área já

impermeabilizada, com acabamento em *gel-coat* em um tom de bege e marcação do rejunte, em que se atingiu uma altura de cerca de vinte centímetros acima do piso pronto nos rodapés.

Figura 2 – Detalhe de impermeabilização de rodapé



(fonte: FIBERSALS IMPERMEABILIZAÇÕES EM EDIFICAÇÕES LTDA., [2012?])

### 5.3.2 Ralos

Segundo Picchi (1986, p. 56), se a impermeabilização nos ralos não for executada corretamente, a possibilidade de infiltração entre a face da tubulação que atende ao ralo e a película impermeabilizante é bastante grande. Para evitar esse tipo de problema, deve-se conduzir a membrana até o interior do ralo, cobrindo boa parte da tubulação. A aderência dessa membrana sobre a tubulação também é fator imprescindível para evitar que se forme um sifão entre as superfícies, que acarretaria no transbordamento de água.

A forma correta de finalizar a tubulação do ralo é deixando-a no mesmo nível da regularização ou do substrato que receberá a impermeabilização, direcionando o caimento dessa superfície para esse ponto (CUNHA; NEUMANN, 1979, p. 53-54). Porém, o sistema com compósito de poliéster reforçado com fibra de vidro, como citado anteriormente, nem sempre é aplicado em situações com planejamento prévio e, por isso, é comum que, no

momento da execução, a equipe de mão de obra se depare com um arremate errado dessa tubulação, com a mesma terminando no nível da laje, por exemplo.

De acordo com Cunha e Neumann (1979, p. 54), uma solução para casos em que a tubulação só vai até a laje é a execução de uma regularização inclinada em direção ao ralo terminando um pouco antes desse ponto, chegando nessa tubulação com mesmo nível da laje. Picchi (1986, p. 56) reforça essa ideia, citando que a regularização pode ter caimento normal até a região próxima ao ralo, na qual deve ser feito um leve rebaixamento para fazer com que o substrato atinja a borda dessa tubulação.

Nas situações em que não há a possibilidade de se adequar esse arremate, o sistema em questão deve ser executado com maior atenção na mudança de plano entre tubulação e substrato. Normalmente, o reforço é feito com a aplicação de véu de fibra de vidro, recortada no tamanho ideal para cobrir o entorno do ralo.

### **5.3.3 Juntas de dilatação**

Conforme a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 12), “As juntas de dilatação devem ser divisores de água, com cotas mais elevadas no nivelamento do caimento, bem como se deve prever detalhamento específico, principalmente quanto ao rebatimento de sua abertura na proteção mecânica e pisos posteriores.”.

Diversas são as soluções possíveis, mas a mais recomendada é a utilização de um mastique, que é um selante moldado no local. Essa aplicação inicia com a colocação de um limitador de profundidade na junta, já que o enchimento desta em grandes profundidades pode prejudicar seu desempenho. Após, aplica-se o selante escolhido, que pode ser de materiais betuminosos, polímeros, etc., até o nível do substrato, para depois aplicar a impermeabilização. Também podem ser utilizados selantes pré-fabricados, como mata-juntas e fitas flexíveis (PICCHI, 1986, p. 63-64).

Mais uma vez, no caso dos pisos prontos, esse já não é mais um problema da equipe executora da impermeabilização. A aplicação ocorre normalmente sobre a junta selada, como se fosse uma superfície contínua, tendo-se o cuidado de reforçar esse local com uma laminação composta por mais camadas de resina e véu. Nesse método, utiliza-se o termo laminação para

se referir ao processo de aplicação do mesmo, que consiste na intercalação das diferentes camadas que, por sua vez, podem ser chamadas, também, de películas ou lâminas.

### 5.3.4 Soleiras

A execução de impermeabilização com compósito de poliéster em soleiras de portas segue o processo empregado nas mudanças de plano, com o uso de trincha e aplicação sobre toda a superfície que compõe o espelho no desnível entre região externa e interna. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010, p. 11):

Nos locais limites entre áreas externas impermeabilizadas e internas, deve haver diferença de cota de, no mínimo, 6 cm e ser prevista a execução de barreira física no limite da linha interna dos contramarcos, caixilhos e batentes, para perfeita ancoragem da impermeabilização, com declividade para a área externa.

Antigamente, na maioria dos sistemas conhecidos, recomendava-se que se conduzisse a impermeabilização até uma distância de 50 cm na área interna (PICCHI, 1986, p. 59). Hoje em dia, a diferença de nível de seis centímetros entre as áreas é a principal preocupação no momento da execução, segundo a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 11). Algumas vezes, a soleira a ser impermeabilizada já está acabada e esse desnível não é verificado. Deve-se procurar uma maneira de corrigir esse problema e, não havendo a possibilidade, compensar o mesmo através de um declínio das camadas na direção dos ralos (FIBERSALS IMPERMEABILIZAÇÕES EM EDIFICAÇÕES LTDA., 2010).

Nesse sistema, a execução da impermeabilização nas soleiras deve ser feita com ancoragem do véu de maneira semelhante à realizada nos rodapés (FIBERSALS IMPERMEABILIZAÇÕES EM EDIFICAÇÕES LTDA., 2010). Na figura 3, verifica-se uma soleira completamente executada, com a laminação ocorrendo sobre a mesma. Praticamente toda a área foi impermeabilizada com a cor azul, sendo que os rejuntas receberam pintura especial para diferenciação. A exceção ficou por conta do rodapé, na cor branca, ainda sem o *gel-coat*. Nota-se, nessa soleira, uma diferença de nível pequena, estimada em menos dos seis centímetros recomendados. Assim, percebe-se que a empresa que executou o sistema nem sempre atenta para essa instrução.



Figura 3 – Detalhe de impermeabilização sobre soleira e rodapé



(fonte: FIBERSALS IMPERMEABILIZAÇÕES EM EDIFICAÇÕES LTDA., [2012?])

No caso de rebaixos de banheiros, deve-se impermeabilizar da mesma forma, com aplicação sobre toda a área molhada que deve ficar dentro do *box* e, ainda, estendendo-a à superfície mais alta, cobrindo toda a diferença de nível e evitando que a água entre em contato com o ponto final da película. Caso isso aconteça, a água poderá se infiltrar na interface entre a impermeabilização e o piso do banheiro (FIBERSALS IMPERMEABILIZAÇÕES EM EDIFICAÇÕES LTDA., 2010)

## 6 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo, é definido o método empregado para desenvolver o acompanhamento da execução do sistema de impermeabilização em questão. Diferentemente do delineamento, que definiu, no capítulo 2, item 2.7, em que consistiam as etapas que compuseram essa pesquisa, o objetivo, aqui, é detalhar de que forma a parte prática foi realizada.

Seguindo as técnicas construtivas verificadas durante a pesquisa bibliográfica, desenvolveram-se um *checklist* e um questionário, para facilitar o acompanhamento de execuções. No primeiro, foram definidos alguns aspectos importantes a serem observados, principalmente, em relação aos pontos críticos (apêndice A). Já no segundo, foram relacionadas algumas questões a serem esclarecidas pelos três gerentes de execução da empresa desenvolvedora do método (apêndice B).

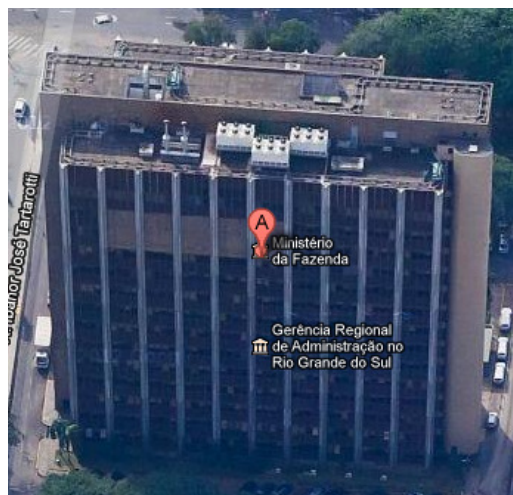
Determinaram-se, como critérios para definição das obras a serem acompanhadas, a disponibilidade por parte da empresa executora, a relevância das técnicas empregadas para essa pesquisa e a presença de pontos críticos a serem analisados. Foram acompanhadas três obras, entre os meses de fevereiro e maio, tendo sido feitas dezenove visitas no total. Em cada uma delas, anotava-se a data e eram preenchidos, no *checklist*, apenas os itens que estavam sendo analisados naquele momento. Depois, para cada obra, foram compilados os resultados. Com isso, foi possível, também, gerar diagramas que ilustram algumas etapas importantes a serem observadas na execução de cada um dos pontos críticos. As etapas que, porventura, tenham sido omitidas, são consideradas menos relevantes e se entendeu que poderiam ser mais facilmente deduzidas pelo leitor. As obras acompanhadas são caracterizadas a seguir.

### 6.1 EDIFICAÇÃO A

A primeira obra visitada, que será, aqui, chamada de Edificação A, é o edifício do Ministério da Fazenda, localizado em Porto Alegre. Trata-se de um prédio com altura estimada em sessenta metros, distribuída em quinze pavimentos. A área para impermeabilização é de 3.100 m<sup>2</sup>, dos quais 1.550 m<sup>2</sup> são da laje de cobertura, que foi a área em que se fez o acompanhamento de execução, e outros são do piso do pavimento térreo.

Por ser um prédio com cerca de trinta anos, que atende uma população muito grande, diariamente, o mesmo passa por manutenção constante, com equipe terceirizada disponível para reparos em horário comercial e contratação de empresas especializadas para serviços maiores, como reformas. Para as intervenções de manutenção relacionadas à impermeabilização, foi contratada a empresa acompanhada durante o trabalho. Havia, no local, impermeabilização com manta asfáltica, que já apresentava um estado avançado de deterioração, decorrente do longo período de exposição às solicitações de água e intempéries. Na figura 4, tem-se uma imagem de satélite da edificação que teve a execução do sistema acompanhada, obtida com auxílio do *software Google Earth*.

Figura 4 – Vista aérea da Edificação A



(fonte: adaptado de GOOGLE EARTH, 2013)

Além do longo período de utilização do sistema com manta asfáltica, inicialmente aplicado na área, ter causado seu desgaste, alguns outros agentes também podem ter sido responsáveis por sua perda de capacidade impermeabilizante. A seguir, na figura 5, pode-se verificar o crescimento de pequenas vegetações na laje de cobertura, ocasionados pela presença de água empoçada ou infiltrada na superfície. Essas vegetações, como se sabe, possuem raízes, que são extremamente prejudiciais a esse tipo de sistema impermeabilizante, já que exercem força contra a película, podendo ocasionar seu rompimento.

Figura 5 – Crescimento de vegetação decorrente da presença de umidade



(fonte: foto do autor)

Além disso, em diversos locais, foi possível verificar o desgaste da estrutura composta pela laje de cobertura e seu entorno. Em alguns casos, esse desgaste causava a exposição da impermeabilização com manta asfáltica às intempéries, acelerando a degradação da mesma e, também, a necessidade de sua substituição. Na figura 6, pode-se observar uma superfície vertical com reboco completamente descolado, expondo a impermeabilização ao ambiente.

Figura 6 – Reboco descolado causando o aparecimento da impermeabilização



(fonte: foto do autor)

Para evitar a retirada de toda a camada de proteção e da manta asfáltica, o setor responsável pela contratação dos serviços de manutenção optou pelo sistema de impermeabilização com

compósito de poliéster e fibra de vidro, combinado com o *gel-coat*. É importante salientar que, com a retirada de estruturas danificadas pelas infiltrações, foram, também, removidos pedaços da manta asfáltica, por uma questão de praticidade. Recomenda-se, portanto, que qualquer estrutura que possa atrapalhar a execução seja removida.

## 6.2 EDIFICAÇÃO B

A segunda obra, chamada de Edificação B, também está localizada na cidade de Porto Alegre. Trata-se de um prédio residencial de pequeno porte, com uma altura de quinze metros. A área impermeabilizada foi um terraço com cerca de vinte metros quadrados, em uma das coberturas. O mesmo é apresentado na figura 7.

Figura 7 – Terraço da Edificação B



(fonte: foto do autor)

Diferentemente da Edificação A, este edifício é bastante novo, com pouco menos de dois anos. Por isso, o fluxo de intervenções de manutenção ainda é bastante baixo. Mesmo nesse pouco tempo, os problemas de infiltração já se manifestaram e o proprietário optou pela correção dos mesmos, evitando novos prejuízos e perdas da estrutura.

Considerando o fato de que a edificação é nova, a retirada do piso se tornou inviável. Seria um custo alto e, ao mesmo tempo, desnecessário, já que havia a possibilidade da aplicação de um sistema sobre o piso. Apesar de se tratar de uma área pequena, esta foi escolhida para o trabalho pela presença de diversos pontos críticos, como ralos, rodapés e soleiras.

### 6.3 EDIFICAÇÃO C

A Edificação C, terceira e última a ser acompanhada, é um prédio de seis pavimentos, com cerca de vinte anos. Tem uma altura aproximada de vinte metros e está localizada, também, na cidade de Porto Alegre. A área impermeabilizada foi um terraço com 45 m<sup>2</sup>, no apartamento de cobertura. Na figura 8, é apresentada uma foto de uma parte dessa área.

Figura 8 – Terraço da Edificação C



(fonte: foto do autor)

Assim como nas outras obras acompanhadas, o local foi impermeabilizado no momento de sua construção, há vinte anos, mas, agora, foram constatados problemas de infiltração. É importante ressaltar que as impermeabilizações têm uma vida útil determinada, ou seja, possuem prazo de validade e que um período de vinte anos, geralmente, é o máximo que um sistema impermeabilizante pode resistir sem perder sua função. Na figura 9, pode ser observada uma manifestação patológica que identifica a ocorrência de infiltração. Essa imagem é do teto de um quarto, localizado logo abaixo de um encontro do terraço com uma parede, no qual se imaginou estarem acontecendo as infiltrações. De acordo com o proprietário, em momentos de chuva torrencial, podem-se observar goteiras.

Figura 9 – Manifestação patológica ocasionada por infiltração



(fonte: foto do autor)

Essa obra foi selecionada para essa pesquisa por um motivo diferente das demais. Havia a peculiaridade da manutenção do aspecto original do piso, ou seja, foi solicitado pelo proprietário que, depois da laminação do sistema, pudesse ser verificado, exatamente, mesmos detalhes, rejunte e tonalidades do piso sem a película. Essas propriedades são impostas ao sistema no momento da aplicação do *gel-coat*, que é quem dá o acabamento das camadas, podendo apresentar textura, rejunte diferenciado, imitação de tonalidades, etc. Com o acompanhamento dessa terceira obra, entende-se que foi possível observar os principais detalhes construtivos do sistema.

## 7 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DO SISTEMA BASEADA NO ACOMPANHAMENTO DE OBRAS

A fim de descrever a execução do sistema estudado, principalmente nos chamados pontos críticos, nos quais existe uma tendência maior de ocorrer infiltração, foram acompanhadas todas as etapas de execução *in loco*, com auxílio do *checklist* desenvolvido anteriormente, conforme apêndice A.

Como citado nos capítulos iniciais, nesse tipo de impermeabilização, dificilmente ocorrem infiltrações em pontos comuns da superfície. Geralmente, as falhas acontecem nos chamados detalhes de impermeabilização, como os ralos, mudanças de plano, juntas e soleiras. Uma etapa muito importante para evitar essas falhas é a preparação da superfície, descrita a seguir.

### 7.1 ADEQUAÇÃO DA SUPERFÍCIE E SEU ENTORNO

Nesse sistema, a preparação da superfície é ainda mais relevante que nos demais. Depois de aplicado, o sistema forma uma película que deve se apresentar da maneira mais uniforme possível. Qualquer descontinuidade ou defeito se torna um ponto crítico, atuando como um possível ponto de infiltração. Assim, no caso de realmente ocorrer a penetração de água ou umidade, é provável que aconteça o desprendimento da camada impermeabilizante, inutilizando o sistema e gerando a necessidade de substituição do mesmo.

Na Edificação A, grande parte do tempo de execução foi reservado à regularização e limpeza da laje de cobertura, já que a mesma raramente recebia manutenção e, por isso, já apresentava um estado de desgaste bastante avançado. Na figura 10, pode-se verificar uma falha na superfície que demonstra as condições precárias encontradas. Para regularizar tanto esse ponto, quanto outros que apresentavam problemas, foi utilizada uma pasta de cimento. Nesses locais, é recomendado que se respeite um tempo de cura de 28 dias para, em seguida, executar a impermeabilização. Porém, esse prazo, aqui, não foi respeitado, de acordo com a equipe de execução, que assumiu uma grande probabilidade de falha no sistema.



Figura 10 – Falha a ser regularizada na laje de cobertura da Edificação A



(fonte: foto do autor)

Já na Edificação C, apesar da idade do prédio, a quantidade de espaços vazios e falhas era bem menor, quando comparada à Edificação A. Além de uma pequena diferença de idade, o desgaste menor da Edificação C pode ser explicado, principalmente, pelo revestimento cerâmico da superfície, em oposição à superfície não revestida da outra edificação, que sofre mais com a exposição ao clima. Por essa menor quantidade de falhas, a equipe de execução optou por regularizar esses pontos com a própria resina poliéster, que tem uma cura mais rápida, diminuindo o tempo de espera necessário para continuar a execução. Na figura 11, pode ser observado um desses espaços abertos a serem regularizados.

Figura 11 – Vazio a ser regularizado na superfície da Edificação C



(fonte: foto do autor)

Deve-se frisar que essa medida só pode ser adotada quando as falhas forem pontuais, como na Edificação C, pois, do contrário, ter-se-ia um consumo muito alto de resina, que tem um custo superior ao da pasta de cimento. Portanto, em superfícies muito desgastadas, essa prática não é recomendada.

Como o sistema tem a função de impedir a passagem de água do ambiente para o substrato, deve-se verificar, também no começo da etapa de adequação da superfície, a capacidade da mesma de escoar a água retida, ou seja, se o substrato possui uma inclinação mínima capaz de impedir o empoçamento. Recomenda-se que essa inclinação seja de, pelo menos, 1%, em direção aos ralos. Identifica-se, aqui, uma desvantagem do sistema, já que, por ser aplicado sobre superfícies acabadas, a adequação do local nem sempre é viável, quando constatada alguma irregularidade. Quando não for possível alterar a inclinação de alguma superfície, deve-se recorrer a uma laminação capaz de propiciar o caimento necessário, com maior número de camadas longe dos ralos e apenas um mínimo de camadas nas suas proximidades.

Uma das principais preocupações, também, em relação à preparação da superfície, consiste na verificação dos elementos fixados sobre a área impermeabilizada, como antenas, para-raios, abraçadeiras, etc. Como não é comum, para esse sistema, a execução de uma proteção mecânica sobre a impermeabilização, já que a mesma atua, também, como revestimento, esses pontos recebem um tratamento bastante particular. Tem-se como premissa que a perfuração das camadas sempre deve ser evitada. Por esse motivo, a retirada dos objetos fixos sobre a laje, para nova fixação, depois de executada a impermeabilização, não costuma ser uma boa solução.

Percebeu-se que, nas três obras acompanhadas, optou-se por retirar apenas os elementos que atrapalhariam a execução e que não precisariam ser novamente fixados sobre a laje. Assim, não seria necessário perfurar o sistema depois de pronto, evitando possíveis pontos de infiltração.

Verificou-se, também, que a aplicação do método foi estendida, nos três casos, até o entorno do elemento fixo sobre a superfície para, em um segundo momento, aplicar um selante impermeável no perímetro desse objeto, preenchendo o espaço vazio. Na figura 12, é apresentado o detalhe de uma antena fixada na laje, antes de receber o selante, na Edificação A.

Figura 12 – Detalhe de impermeabilização no entorno de antena ainda não selada



(fonte: foto do autor)

Outra atividade inicial importante é a retirada de objetos pontiagudos e perfurantes da superfície e de seu entorno. Sabe-se que a resistência mecânica do sistema é muito dependente do véu de fibra de vidro, já que a resina pouco influencia nesse quesito. Assim, qualquer objeto minimamente cortante pode causar o rompimento da impermeabilização.

Existem, porém, alguns objetos que não podem, simplesmente, ser retirados da área. Nesses casos, pode-se lançar mão de técnicas como o arredondamento e o lixamento. O mesmo deve ser feito nos locais em que se deseja evitar o acúmulo de tensões. Em vértices formados pelo encontro de três arestas, por exemplo, sempre se deve lixar antes da laminação. Essa técnica foi presenciada na Edificação B, como se verifica na figura 13.

Figura 13 - Lixamento de canto vivo antes de aplicar o sistema



(fonte: foto do autor)

Na maioria dos métodos impermeabilizantes, antevendo a aplicação do sistema em rodapés, deve-se, também, arredondar todas as arestas de mudança de plano. Porém, essa técnica só foi verificada na Edificação A, em que a superfície não era revestida. Assim, boa parte da regularização desse local consistiu no arredondamento no rodapé da platibanda que circundava a laje, como na figura 14. Para isso, foi utilizada uma pasta de cimento com traço variável, ou seja, sem proporção definida, variando a cada nova mistura.

Figura 14 – Regularização com pasta de cimento no entorno da platibanda



(fonte: foto do autor)

Nas Edificações B e C, como o terraço já havia recebido piso cerâmico e revestimento de rodapé, optou-se por não executar esse arredondamento. A única intervenção semelhante consistiu na aplicação de uma pasta de resina no topo do rodapé, em todo o seu perímetro. Nessa aresta, é formado, então, um ângulo aproximado de quarenta e cinco graus, diminuindo as tensões e proporcionando alguma impermeabilização ao local. Na figura 15, pode-se observar esse detalhe, na cor cinza, no rodapé da Edificação B. A fita, fixada logo acima, será explicada em seguida, no item 7.2.2.

Figura 15 – Pasta de resina aplicada no topo do rodapé para regularização



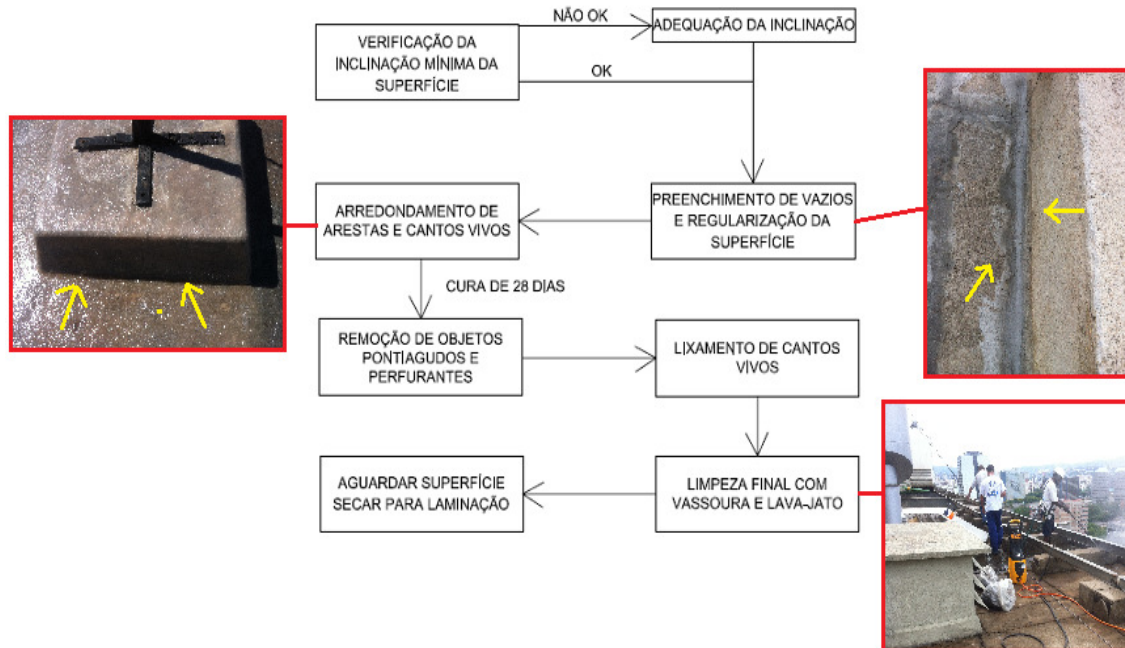
(fonte: foto do autor)

Porém, sempre se recomenda que seja empregada a técnica de arredondamento de rodapé. O fato de não ter sido utilizado nas Edificações B e C não significa que não deveria ter sido. Apenas se verifica uma opção da empresa executora que, de acordo com a bibliografia especializada, foi equivocada. Assume-se, com essa prática, uma grande chance da ruptura da camada ocasionada pelas tensões do local, que poderiam ser aliviadas com o arredondamento.

A última etapa antes do início da laminação do sistema é a limpeza minuciosa do ambiente, a fim de evitar possíveis inconvenientes ocasionados por impurezas, sólidos, fluidos, etc. Se é extremamente importante garantir que não ocorram infiltrações que permitam a entrada de água na interface entre a impermeabilização e o substrato, é ainda mais necessário verificar que não existe qualquer fluido sobre a superfície no momento da aplicação. Muitas vezes, a própria umidade do ambiente pode ser motivo para se evitar a laminação.

Os sólidos, por sua vez, quando misturados à resina, podem causar reações adversas ou descontinuidades da camada. Assim, qualquer forma de sujeira deve ser removida do local antes da aplicação da primeira camada. Para isso, utilizam-se equipamentos básicos de limpeza, como vassoura, pano, rodo e, se for o caso, lava-jato. Evitam-se produtos químicos, pois, em caso de deposição dos mesmos em algum ponto imperceptível, esse material pode reagir com a resina poliéster e alterar suas propriedades. Quando encerradas todas essas atividades, pode-se iniciar a aplicação do sistema, chamada de laminação. A seguir, na figura 16, é apresentado um diagrama com o intuito de esclarecer a ordem de execução das atividades de preparação da superfície.

Figura 16 – Diagrama das atividades de preparação da superfície



(fonte: elaborada pelo autor)

## 7.2 DETALHES DA APLICAÇÃO DO SISTEMA

A primeira etapa de laminação do sistema consiste na aplicação de *primer* na área. Diversas vezes, essa atividade é citada como pré-execução, fazendo parte da preparação da superfície. Porém, levando em consideração que esse sistema se apresenta na forma de lâminas, essa seria, portanto, a primeira delas.

Esta é aplicada em uma única demão e deve fazer a ligação entre o substrato e as camadas seguintes. O *primer* tem como principal característica, portanto, a capacidade de proporcionar aderência ao sistema. Sua aplicação pode ser feita com rolo ou brocha e deve cobrir toda a área a ser impermeabilizada. Assim, diminui-se a probabilidade do desprendimento da película. Na figura 17, pode-se verificar um registro da aplicação de *primer* na Edificação C. Nota-se uma diferença muito grande entre o aspecto da área já imprimada, mais brilhosa, e do piso ainda sem *primer*, bastante opaco e desbotado.

Figura 17 – Aplicação de *primer* na Edificação C

(fonte: foto do autor)

Depois de aplicado o *primer*, é esperado um tempo de duas horas para a cura do mesmo, de acordo com a equipe de execução. Porém, na embalagem do *primer* utilizado, lia-se que deveria ser aguardado um período de 24 horas para seguir com a laminação. Por outro lado, foi observada a utilização de um catalisador em solução com o *primer*. Esse produto tem a função de acelerar a reação e diminuir o tempo de cura da solução. Mesmo assim, entende-se que duas horas é um período muito curto para esse tipo de reação e esse pode ser um dos fatores causadores de problemas nesse sistema.

No intervalo de tempo para cura do *primer*, aproveita-se para preparar o material que será utilizado em seguida. Pode-se, por exemplo, recortar pedaços do véu de fibra de vidro nas dimensões necessárias para impermeabilização de ralos e rodapés, bem como preparar a resina em recipientes individuais. Na figura 18, são mostrados recortes do véu de fibra de vidro prontos para utilização nos rodapés da Edificação B.

Figura 18 – Véu de fibra de vidro recortado para uso em rodapé



(fonte: foto do autor)

### 7.2.1 Ralos

Depois de aguardada a cura do *primer*, a liberação da área ocorre tanto para tráfego, quanto para continuação da aplicação do sistema. É recomendação da empresa acompanhada, de acordo com seus funcionários, que se inicie o processo pelos pontos críticos. A mesma instrução foi verificada na bibliografia especializada e, por isso, recomenda-se essa prática. Percebeu-se que, nas obras acompanhadas, o ralo foi um dos pontos prioritários e iniciais. Nesses locais, a utilização da fibra de vidro em véu é indispensável.

O processo construtivo se inicia com a aplicação da resina poliéster, com o uso de rolo de pintura, no interior e no entorno da tubulação que atende o ralo. Logo em seguida, devem ser fixados os pedaços de véu de fibra de vidro, em quantidade suficiente para atingir o ponto mais distante possível no interior do ralo e, também, cobrir a sua borda imediata. Aplica-se, na sequência, nova demão de resina e mais véu de fibra de vidro, agora cobrindo o entorno do ralo e o interior da tubulação, em seu topo. Na figura 19, é mostrado um ralo impermeabilizado na Edificação B, no qual a mancha mais escura indica o formato do véu utilizado.



Figura 19 – Detalhe de ralo impermeabilizado



(fonte: foto do autor)

É fortemente recomendável que, nos casos possíveis, seja feito um rebaixo no entorno dos ralos, facilitando o escoamento da água retida pela impermeabilização. Além disso, quando se for aplicar o sistema na superfície comum, depois de prontos os pontos críticos, deve-se estender a película até o interior do ralo, no ponto mais distante possível, reforçando o local e fazendo com que a impermeabilização se encerre em sentido paralelo ao de entrada de água. Dessa maneira, a água só infiltra entre a película e o substrato através da ocorrência de desprendimento ocasionado por sucção. Porém, se o sistema for corretamente aderido, dificilmente esse problema se manifesta.

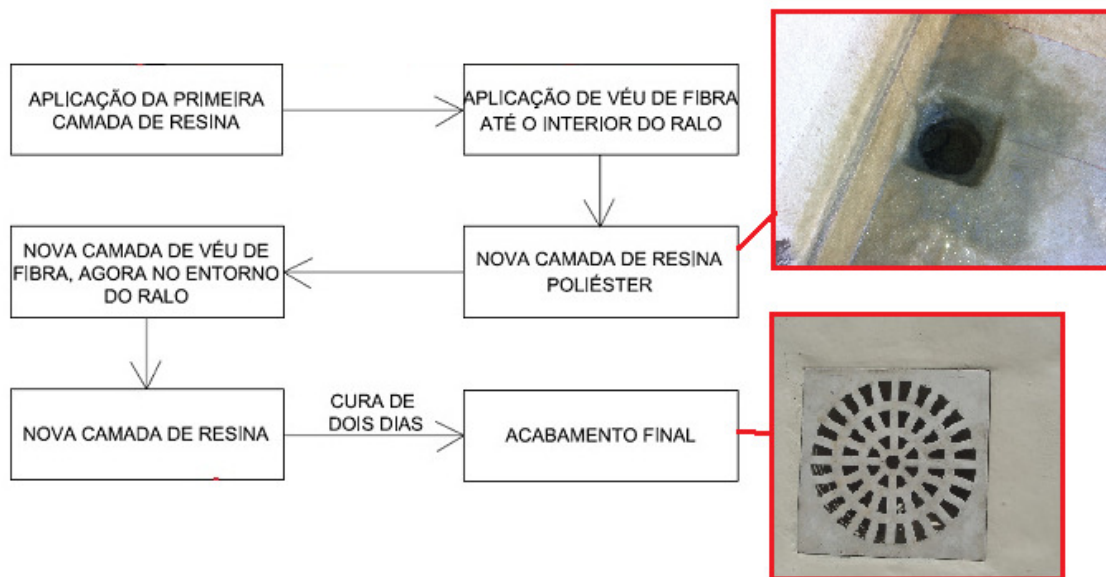
Na figura 20, pode-se observar o detalhe de rebaixo no entorno da tubulação do ralo, em um desses pontos na Edificação A, em que a tubulação se encerrava no nível da laje e, não, do piso. Assim, sem o rebaixo, a água poderia escorrer no desnível entre o piso e a tubulação, facilitando a ocorrência de infiltração na interface da mesma com a laje.

Figura 20 – Rebaixo do entorno de ralo



(fonte:foto do autor)

É importante ressaltar que a execução do ralo pode ser diferente em cada local. Deve-se adequar as técnicas utilizadas às necessidades observadas na análise inicial da área, ajustando o método às situações mais diversas. A seguir, na figura 21, é apresentado um diagrama fruto do acompanhamento da aplicação do sistema em ralos. Este é uma sugestão da sequência de execução e, não necessariamente, serve para qualquer ralo.

Figura 21 – Diagrama de execução de ralo após aplicação de *primer* na superfície

(fonte: elaborada pelo autor)

### 7.2.2 Mudanças de plano

As mudanças de plano, representadas, principalmente, pelos rodapés, sempre são motivos de preocupação por serem pontos nos quais ocorrem tensões capazes de danificar o sistema. Além disso, o arremate da impermeabilização deve ser cuidadosamente executado para não permitir que sejam deixados possíveis pontos de infiltração, ou seja, é importante verificar se a forma como se encerrou a aplicação do sistema nesses locais não favorece a entrada de água.

Na Edificação A, vários detalhes de execução nas mudanças de plano puderam ser observados. Em toda a superfície, diversos trilhos metálicos se apresentavam apoiados sobre estruturas de concreto armado. Existiu, portanto, uma atenção especial para evitar que a água infiltrasse na interface entre o trilho e o apoio. A solução encontrada foi a aplicação de uma camada de resina exatamente nesse ponto, utilizando-a como um selante, como pode se perceber na figura 22. Por ser flexível, esse selante pode absorver possíveis dilatações dos trilhos.

Figura 22 – Aplicação de resina como selante impermeável



(fonte: foto do autor)

Em seguida, foi executada a impermeabilização sobre o apoio e estendida até cerca de 10 cm para cada lado do apoio e metade da altura da alma do trilho. Como essa superfície lateral fica paralela à direção vertical, facilita-se a entrada de água proveniente de chuvas dirigidas. Para evitar esse tipo de problema, o topo do véu deve ser selado com material impermeável e que tenha boa aderência no contato com o metal do trilho. Na figura 23, pode-se verificar um trilho já laminado, mas ainda sem o selante de acabamento.

Figura 23 – Detalhe de estrutura metálica impermeabilizada



(fonte: foto do autor)

A interface da união de dois trechos de trilhos também pode ser um ponto crítico. Como esses trilhos sofrem movimentações, causadas pelas dilatações térmicas, a entrada de água pode ser facilitada por alguma brecha temporária que surja nesse ponto de encontro. Assim, deve-se aplicar, também nessa interface, um selante moldado no local, chamado de mastique, que vai

cobrir a junta dos trilhos. Esse selante deve ser flexível, para permitir a movimentação dos trilhos sem romper.

Na Edificação B, foi possível observar as duas soluções mais comuns adotadas nos rodapés. A primeira delas é utilizada em superfícies revestidas com placas cerâmicas, principalmente com pastilhas. Nesses casos, é feito um corte longitudinal em toda a extensão do rodapé, exatamente sobre o primeiro rejunte localizado a uma altura superior a vinte centímetros, contados a partir do nível do piso pronto. Em seguida, aplica-se o véu de fibra de vidro, que é inserido no corte feito anteriormente, fazendo a ancoragem da impermeabilização. Como acabamento, utiliza-se um selante impermeável sobre todo o corte, evitando infiltrações nesses pontos.

Deve-se, também, aplicar uma fita no nível definido para acabamento da película, seguindo a mesma técnica utilizada em pinturas, para que a impermeabilização termine de forma uniforme e nivelada. É importante lembrar que esse é um sistema que fica aparente e, por isso, exige uma preocupação maior com a estética. A fita serve, portanto, para demarcar o nível limite de aplicação do sistema sobre a superfície vertical. Na figura 24, é possível observar os detalhes do posicionamento da fita e do corte no rejunte.

Figura 24 – Detalhes de corte no rejunte e fita de nivelamento



(fonte: foto do autor)

A segunda solução mais comum é utilizada em superfícies verticais sem revestimento com placas, ou seja, sem a possibilidade de corte em rejunte. Nesses locais, não é feito nenhum tipo de corte. A aplicação do sistema se dá normalmente, com intercaladas camadas de resina

e véu de fibra de vidro. Porém, no ponto de ancoragem do sistema, utiliza-se uma tela específica para essas situações, posicionada no mesmo local em que haveria o corte, se possível fosse. A fixação dessa manta ocorre com a aplicação de um elastômero moldado no local, no topo da tela, e, assim, todas as camadas são amarradas ao substrato, impedindo seu desprendimento e, conseqüentemente, a ocorrência de problemas de infiltração. Essa foi a solução adotada em todo o rodapé da Edificação C e, em parte, na Edificação B.

Pode-se destacar, na Edificação C, a prática da continuidade da película. Avaliando a figura 25, depara-se com a dúvida de como manter a continuidade do sistema nos rodapés, já que o mesmo é interrompido, sucessivamente, por três pequenas portas de depósitos. Nessas, não existe nenhuma soleira, já que não se tem a intenção de impedir a entrada de água. Essa é uma situação corriqueira em pias de terraços e, por isso, sua abordagem é importante.

Para esse e outros casos semelhantes, deve-se estender o sistema e impermeabilizar, também, o interior de balcões, como o da figura 26. A maneira correta, portanto, de execução, consiste na impermeabilização do rodapé desse interior, como uma mudança de plano normal, com fixação por tela. Assim, aumenta-se a segurança do sistema, já que interromper a película no ponto de encontro com essas portas seria um risco desnecessário e, como se percebe, bastante fácil de evitar. Ao mesmo tempo, além de se criar um possível ponto de infiltração na área externa, desenvolver-se-iam outros no interior do balcão da pia, já que a água entra facilmente pela ausência de soleira. Evitam-se diversos pontos críticos com apenas uma intervenção.

Figura 25 – Portas sem soleira interrompendo a continuidade do rodapé



(fonte: foto do autor)

Figura 26 – Interior de balcão de pia com rodapé a ser impermeabilizado



(fonte: foto do autor)

De uma forma geral, é muito importante observar as mudanças de direções nos rodapés, que formam os cantos e quinas. Assim como nas mudanças de plano horizontal para vertical, nunca se deve encerrar a aplicação do véu na aresta em que ocorre essa mudança. A maneira correta consiste em cobrir o mesmo trecho nas duas direções, evitando a criação de um ponto fraco no local para o qual se dirige a água proveniente de chuvas. Nas figuras 27 e 28, pode-se verificar exemplos desses detalhes observados na Edificação B.

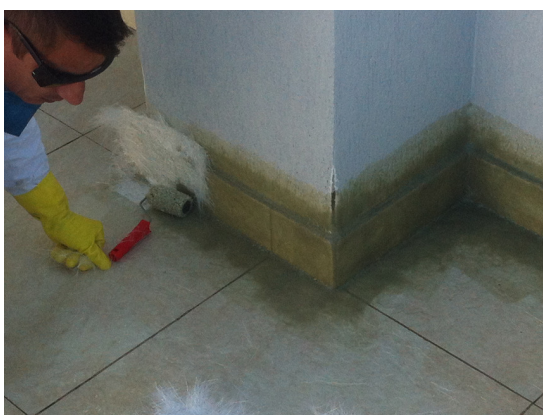
Nesses locais, a laminação se iniciou com uma camada de resina para, em seguida, fazer a aplicação dos trechos de véu, que se sobrepunham nas arestas, formando o reforço do ponto. Na figura 27, pode-se perceber que o aplicador passa um rolo menor nesse local, para cobrir toda a área. Nesse momento, o mesmo aplicava uma nova camada de resina, agora sobre o véu. O mesmo pode se verificar na figura 28, atentando para o fato de que o aplicador utiliza o rolo para fixar o véu entre as camadas de resina.

Figura 27 – Aplicação do sistema em rodapé de canto



(fonte: foto do autor)

Figura 28 – Aplicação do sistema em rodapé de quina de parede



(fonte: foto do autor)

Na Edificação A, foi adotada uma solução bastante particular para os rodapés. Como a superfície vertical se tratava de uma platibanda em todo o perímetro da laje de cobertura, optou-se por estender as camadas de impermeabilização até a face externa da platibanda. Desse modo, o acabamento se dá em sentido paralelo ao da chuva, dificultando a entrada de água na interface. Apesar de resultar em uma quantidade maior de material e mão de obra, essa solução é bastante eficiente, apresentando um baixo índice de defeitos. Porém, essa eficiência só é garantida se o véu for aplicado de forma contínua, sem interrupções na película. Na figura 29, apresenta-se um trecho da platibanda impermeabilizado.



Figura 29 – Platibanda impermeabilizada



(fonte: foto do autor)

Os principais pontos negativos dessa solução consistem nas concentrações de tensões geradas pelas mudanças sucessivas de plano, sendo que as mesmas ocorrem em ângulos de noventa graus, que são bastante críticos. Por essa razão, deve ser executado um reforço especial, possivelmente com fio *roving*, processado com auxílio de máquina especial e lançado sobre uma camada de resina poliéster. Na Edificação A, de acordo com o chefe da equipe de execução, esse reforço não foi executado. Acredita-se que a falha na impermeabilização, vista na figura 30, pode ser um resultado da ausência desse material.

Figura 30 – Falha na impermeabilização em mudança de plano



(fonte: foto do autor)

Outro problema observado na execução do sistema, na Edificação A, foi a descontinuidade da aplicação em pontos cruciais para preservação da capacidade impermeabilizante da película. Sabe-se que a água não se desprende facilmente da superfície sem o auxílio de alguma estrutura especial, como uma pingadeira, por exemplo. Nos casos em que não se tem qualquer estrutura auxiliar, como as coberturas de chaminés ou tampas de caixas d'água de concreto, o

sistema com compósito de poliéster pode exercer a função de condutor da água proveniente da chuva.

Para tanto, é imprescindível que se impermeabilize continuamente a superfície, sem interrupções na camada, para que a água não seja conduzida, justamente, para esse ponto interrompido. Com a direção do escoamento se confrontando com o sentido de acabamento da camada, torna-se muito maior a chance da ocorrência de infiltrações e, até, do desprendimento da camada pela pressão de sucção do escoamento.

Recomenda-se, portanto, que a laminação, começada no topo dessas estruturas citadas, estenda-se até a face inferior das mesmas, não sendo interrompida no fim das faces laterais. Na figura 31, observa-se que esse detalhe não foi respeitado em uma cobertura de chaminé, fazendo com que o local se tornasse um ponto fraco. As setas em vermelho indicam onde se encerra a camada que vem da tampa e onde se inicia a película seguinte, no apoio da cobertura. É exatamente nesse segundo ponto que existe uma grande chance da ocorrência de infiltrações.

Figura 31 – Descontinuidade do sistema em face inferior de estrutura



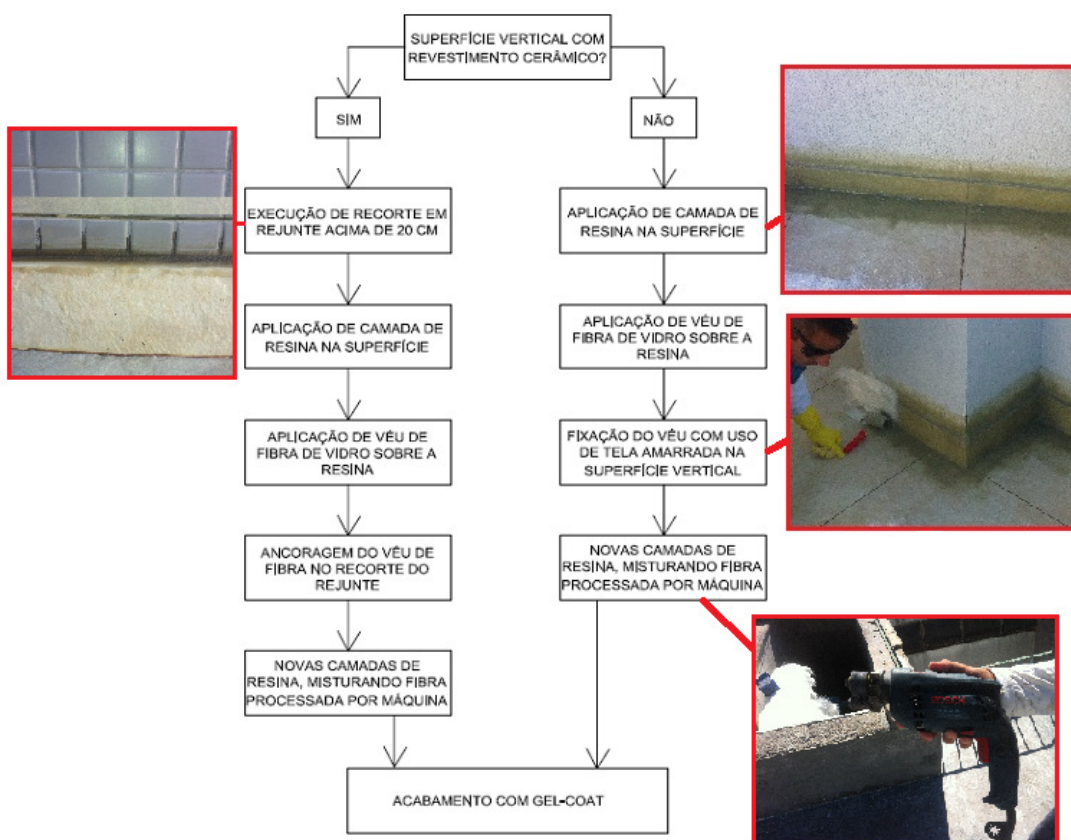
(fonte: foto do autor)

Como se pode perceber, as mudanças de plano são, talvez, os pontos críticos com mais detalhes a serem observados, principalmente pela variedade de situações desse tipo. Porém, pode-se notar, também, que em todos os casos, as duas principais preocupações consistem em reforçar mecanicamente a aresta de mudança e em não deixar espaços vazios no sentido do

escoamento da água retida. Basicamente, pode-se resolver o primeiro caso utilizando um número maior de camadas de fibra de vidro (em véu ou fio *roving*) e o segundo com a continuidade da camada. Porém, deve-se ressaltar a importância de analisar cada caso individualmente.

Na figura 32, é apresentado um fluxograma da sequência de execução nas mudanças de plano, baseado no acompanhamento da execução e compatibilizado com a bibliografia especializada. Trata-se de uma sugestão que se aplica à maioria desses tipos de detalhes construtivos, mas, para casos específicos, deve-se elaborar um plano de atividades que se adéque às suas necessidades. A quantidade de camadas de resina e véu é variável e, por isso, não se estipulou um valor exato. O fluxograma apresentado tem o intuito de diferenciar as duas soluções mais adotadas nas mudanças de plano e, para o melhor entendimento, foram omitidas algumas atividades já bastante citadas, como a aplicação de *primer*, que é indispensável.

Figura 32 – Diagrama de execução do sistema em mudanças de plano após aplicação de *primer* na superfície



(fonte: elaborada pelo autor)

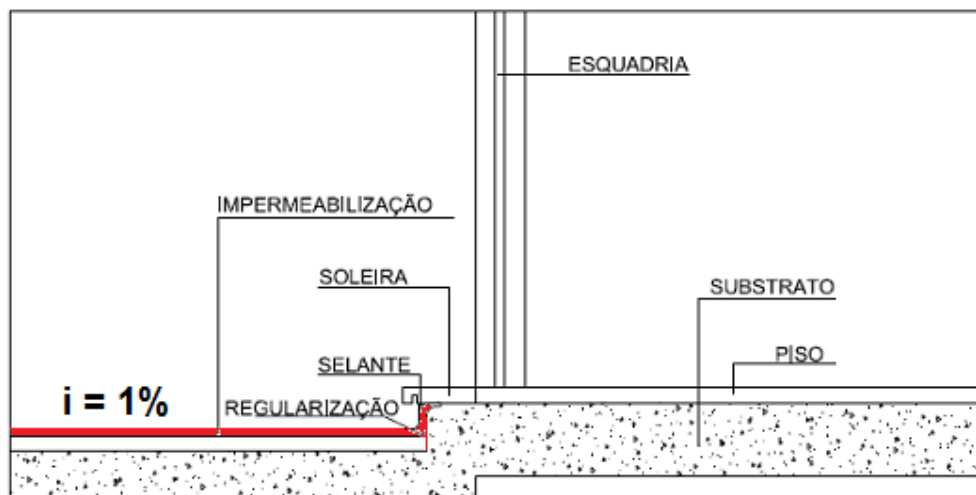
### 7.2.3 Soleiras

As soleiras estão restritas a menos possibilidades de técnicas construtivas. Mesmo assim, alguns detalhes devem ser observados. Inicialmente, é necessário verificar se existe uma diferença de cotas de, no mínimo, seis centímetros entre as áreas interna e externa. Como esse é um sistema que, geralmente, é aplicado sobre pisos revestidos e acabados, em caso de não haver essa diferença de nível, muitas vezes, depara-se com a impossibilidade de alterar a estrutura do local. A solução mais viável seria compensar esse desnível de alguma maneira que, geralmente, acaba sendo realizada durante a laminação, com um número maior de camadas próximas à soleira e menor em um ponto mais distante, criando um caimento que parte da soleira em direção aos ralos.

A impossibilidade de alterar a estrutura não influencia apenas na execução do sistema no desnível da soleira. Outras alterações, que melhorariam o desempenho da impermeabilização, quando não puderem ser feitas, também precisam ser adaptadas às situações mais comuns. Em grande parte das edificações, de acordo com informações da empresa que desenvolveu o método, não é possível retirar o revestimento das soleiras para laminação. Por outro lado, o acabamento, muitas vezes, é feito com algum material que não deve ser coberto para não estragar seu aspecto estético, como mármore e granito.

A solução mais usual, para os casos em que não se pode retirar a soleira, é a criação de um corte exatamente abaixo desse revestimento, no espelho da soleira, para ancoragem do véu de fibra de vidro. Em seguida, aplica-se um selante em toda a extensão do corte, para evitar infiltrações nessa aresta, de forma semelhante ao que é feito nas mudanças de plano. Uma representação gráfica desse detalhe pode ser observada na figura 33. A regularização, ilustrada na mudança de plano entre o piso e o espelho da soleira, é feita com a mesma pasta de resina utilizada no topo dos rodapés de pedra, da Edificação B. Deve-se entender, na representação referente ao substrato, que estão incluídos laje e contrapiso. Já na representação do piso, deve-se interpretar que a mesma contempla o revestimento, os rejuntas, a argamassa de assentamento, a junta entre o piso e o espelho da soleira, etc. Essa solução é a mais indicada para áreas cobertas, ainda que externas. Em soleiras sem nenhuma cobertura, com acesso fácil da água da chuva, não se recomenda essa técnica construtiva, ainda que o proprietário resista contra adotar uma das outras duas medidas possíveis.

Figura 33 – Representação gráfica da ancoragem abaixo da soleira



(fonte: elaborada pelo autor)

Em alguns casos, a retirada da soleira é permitida, fazendo com que a impermeabilização seja aplicada diretamente sobre o substrato. Dessa forma, a camada é conduzida até um ponto mais distante em direção à área interna, aumentando a segurança do sistema. Porém, esse aumento da região de cobertura não anula a necessidade da aplicação de um selante na aresta imediatamente abaixo da soleira. O ponto de acabamento da laminação é, em geral, a interface entre a soleira e o piso da área interna, quando este não puder ser retirado para prolongação da camada. Na figura 34, a seguir, pode-se observar esse detalhe construtivo.

Figura 34 – Representação gráfica de ancoragem com a retirada da soleira



(fonte: elaborada pelo autor)

Essa foi a solução utilizada nas soleiras da Edificação C, como a da figura 34. Porém, analisando a imagem, depara-se com um novo problema referente ao cumprimento do desnível mínimo. Com o revestimento da soleira, em madeira, foi constatada a diferença de cotas de seis centímetros. Por outro lado, com a retirada dessa soleira para a execução, assume-se que o desnível verdadeiro é menor que o anterior, com a soleira. Essa medida é, na verdade, a diferença entre a face inferior da soleira e o piso. Portanto, resolve-se um problema e outro é criado.

Figura 34 – Desnível pequeno de soleira para embutimento sob a mesma



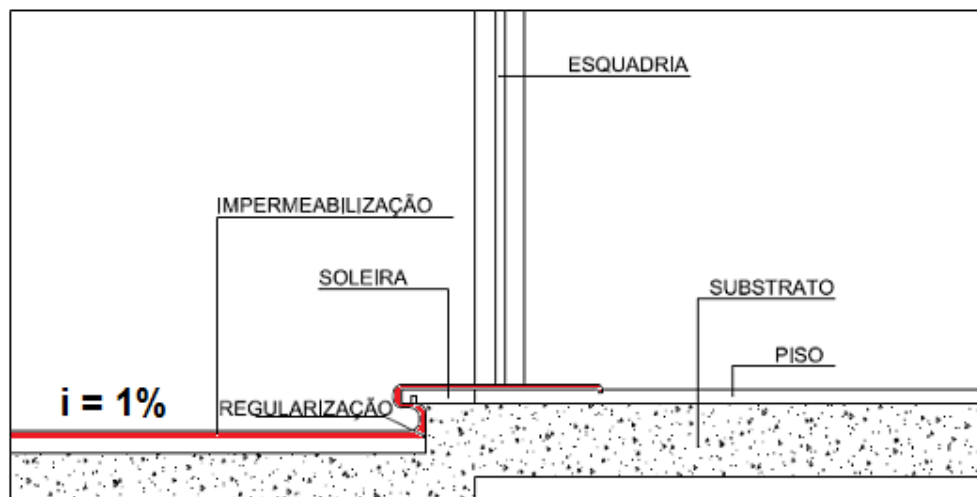
(fonte: foto do autor)

A terceira técnica construtiva empregada na soleiras pode acabar com o problema de desnível, mas só deve ser utilizada em situações em que não há uma grande preocupação com a estética. Seu processo construtivo consiste no encobrimento da soleira pela película, com a ancoragem ocorrendo sobre a superfície da área interna, através do uso de corte ou tela. Assim, além da impermeabilização ficar aparente, ela esconde a soleira e parte do revestimento do piso, prejudicando a aparência do local, ainda que o acabamento com *gel-coat* amenize esse efeito.

A principal vantagem dessa técnica está na maior segurança proporcionada pela condução da película até a área interna, em um local dificilmente atingido pelas solicitações da água. Porém, a impermeabilização passa por algumas mudanças de plano em uma extensão muito pequena, fazendo com que as tensões se concentrem nessa área. Com isso, surge a

possibilidade da ocorrência de falhas capazes de inutilizar o sistema. Na figura 36, pode-se conferir o posicionamento de camada recomendado para esse detalhe de impermeabilização.

Figura 36 – Representação gráfica do encobrimento da soleira pelo sistema



(fonte: elaborada pelo autor)

Na Edificação B, por se tratar de um terraço residencial, com uma soleira de granito, optou-se pela execução de um corte logo abaixo da mesma, como se pode observar na figura 37. Apesar da não existência do desnível mínimo de seis centímetros, a laminação foi realizada e, por fim, foi aplicado um selante de resina poliéster, apresentado na figura 38. Mesmo assim, não se pode considerar a execução completamente correta. O desnível mínimo sempre deve ser respeitado, a menos que isso não seja possível. Nesses casos, assume-se o risco da falha no sistema. Risco, esse, que deve ser calculado e, se for aceitável, aplica-se o sistema normalmente. Na Edificação A, não existe nenhuma soleira, já que o acesso se dá por uma escada que termina em uma abertura na laje de cobertura.

Figura 37 – Corte abaixo de soleira para ancoragem do véu de fibra



(fonte: foto do autor)

Figura 38 – Selante utilizado para vedar corte

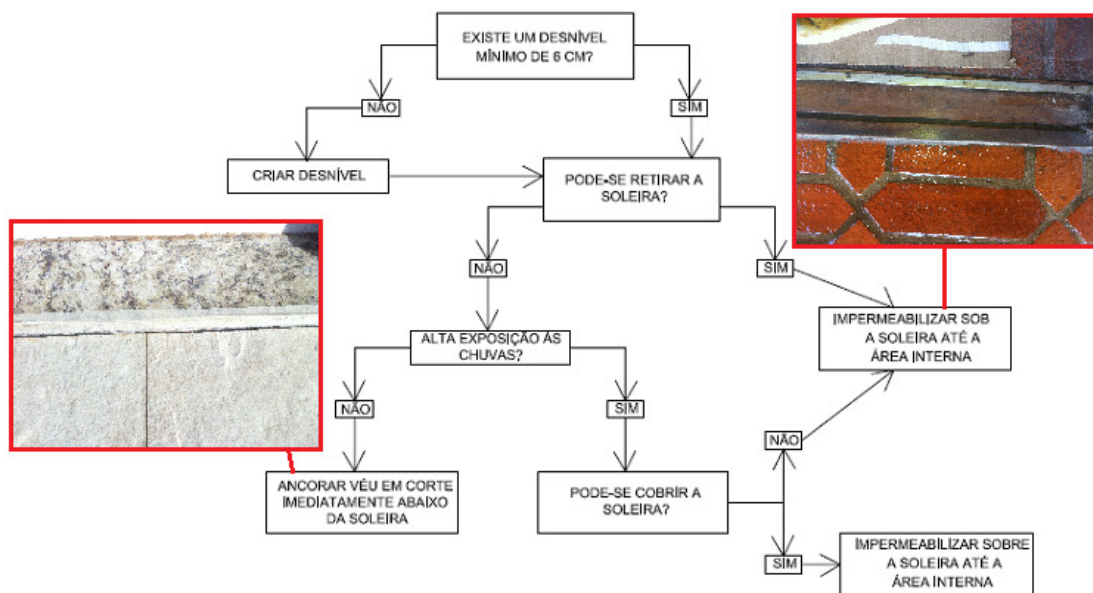


(fonte: foto do autor)

Na figura 39, pode-se observar um diagrama de atividades a serem executadas para a correta impermeabilização de uma soleira com o sistema em questão. De acordo com as situações que se apresentam no local, são propostas as soluções mais recomendáveis para cada caso.



Figura 39 – Diagrama de atividades para aplicação do sistema em soleira após a aplicação de *primer* na superfície



(fonte: elaborada pelo autor)

## 7.2.4 Juntas de dilatação

Nas juntas de dilatação, a principal atividade a ser executada é o nivelamento das mesmas em relação ao seu entorno. Quase sempre, estão no mesmo nível da laje e a diferença de cota é, aproximadamente, a espessura do piso, que não encobre a junta para não impedir sua movimentação, que é sua principal função. Seguindo esse raciocínio, no momento da nivelção, deve-se lançar mão de materiais que permitam essa dilatação, para que não ocorram fissuras futuramente. Os materiais mais comumente utilizados são os mata-juntas, as fitas flexíveis e os selantes.

Na Edificação A, a junta de dilatação era a maior preocupação da equipe de execução, principalmente pelo estado de desgaste em que se apresentava o material de vedação da junta, como se pode observar na figura 40. Em alguns pontos, o material de preenchimento da junta já havia se soltado, gerando espaços abertos em toda sua extensão. Além disso, decidiu-se por impermeabilizar a junta integralmente, da laje de cobertura até o térreo, para atingir um padrão elevado de segurança e uma melhor aparência estética, já que o sistema encobriria as falhas visíveis causadas pelas dilatações.

Figura 40 – Junta de dilatação com material de vedação desgastado



(fonte: foto do autor)

Aplicar esse tipo de sistema em juntas verticais pode ser bem mais complicado que a aplicação no sentido horizontal. Esse tipo de situação praticamente exclui a possibilidade de utilização de alguns materiais, como os mata-juntas, que são difíceis de posicionar e necessitam fixação. Para esses casos, recomendam-se os mastiques, que são selantes moldados *in loco*, podendo recorrer ao aproveitamento da própria resina poliéster.

No caso da Edificação A, para a impermeabilização nas fachadas, optou-se pelo uso de um selante flexível e impermeável para a nivelção da junta, pela maior facilidade de execução e pela capacidade de preenchimento dos espaços vazios. Já na laje de cobertura, em superfície horizontal, decidiu-se pelo uso de mata-junta. Nas figuras 41 e 42, são apresentados os detalhes de posicionamento dessa estrutura.

Figura 41 – Junta de dilatação a ser impermeabilizada



(fonte: foto do autor)

Figura 42 – Detalhe do posicionamento de mata-junta



(fonte: foto do autor)

A fixação da mata-junta deve permitir a movimentação da estrutura sem qualquer inconveniente. A aplicação do sistema ocorre sobre a junta como se fosse uma superfície contínua, atentando-se para a necessidade de reforçar o ponto com, pelo menos, duas camadas extras de véu de fibra de vidro, intercaladas com resina poliéster. Faz-se indispensável esse cuidado pelas altas tensões concentradas nesses locais. Como o sistema é flexível, ele admite as movimentações, mas pode reagir mal a tensões excessivas sem um reforço adequado. Na figura 43, é apresentado o diagrama de atividades para impermeabilização de juntas com o sistema estudado.

Figura 43 – Diagrama de atividades para impermeabilização de juntas



(fonte: elaborada pelo autor)

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão desse trabalho, acredita-se que tenham sido esclarecidos os principais detalhes da execução do sistema de impermeabilização com compósito de poliéster, reforçado com fibra de vidro e com acabamento em *gel-coat*. Por ser um método novo e ainda pouco difundido no mercado, em comparação com outros mais antigos, a bibliografia específica é bastante restrita. Como são poucas empresas que dominam essas técnicas construtivas, o conhecimento acaba não se dispersando além dos limites dessas mesmas empresas, dificultando o acesso às informações. Desse modo, entende-se que essa pesquisa teve um importante papel na elucidação de aspectos construtivos importantes relacionados ao sistema.

De uma forma geral, o desenvolvimento do método, pelo que foi observado, consistiu na adaptação de técnicas já utilizadas em outros sistemas impermeabilizantes, combinada com a seleção de materiais que, unidos, completam as principais propriedades necessárias a uma boa impermeabilização. Neste sentido, percebeu-se que as proporções utilizadas de cada um desses materiais dependem diretamente da situação e do local em que serão aplicados. Em um ponto com concentração de tensões, como em rodapés, deve-se lançar mão de uma quantidade maior de fibra de vidro, seja ela em forma de véu ou processada. Já em locais que exigem uma flexibilidade maior, como nas juntas de dilatação, é importante consolidar uma película com elevada quantidade de resina.

Como essa pesquisa teve a intenção de descrever a execução do método, acreditando-se ser esse o primeiro passo para o estudo do mesmo, não foram elaboradas observações maiores sobre possibilidades de melhorias das técnicas construtivas empregadas. Como se pressupôs que a empresa desenvolvedora do método utilizava boas práticas, o acompanhamento de suas obras visou, justamente, esclarecer quais seriam essas práticas. Portanto, como uma sugestão para novos estudos, recomenda-se uma análise mais crítica sobre a execução do sistema, mostrando de que formas o mesmo poderia ser melhorado.

Da mesma forma, como o foco principal eram os pontos críticos do sistema, foram suprimidas algumas técnicas construtivas que eram mais generalizadas e poderiam, facilmente, ser subentendidas com a explicação da execução nos chamados detalhes. À aplicação do *gel-coat*, por exemplo, que ocorre de maneira exatamente igual a uma pintura de superfície comum, foi

atribuída menos relevância, já que essa é uma técnica largamente dominada e que não apresenta diferenças importantes na forma de aplicação nos pontos críticos, em relação às superfícies lisas e sem obstáculos.

Por fim, destaca-se que o sistema, de acordo com o percebido em acompanhamentos de execuções, apresenta um bom desempenho e aplicação bastante simples. Seu custo elevado pode ser justificado pelo valor elevado dos materiais envolvidos e da mão de obra especializada. Por não gerar grandes quantidades de resíduos, já que poupa a retirada de piso ou outra estrutura, desde que não danificados por infiltrações, esse também pode ser considerado um sistema limpo e pouco prejudicial ao ambiente. Por esses motivos, pode-se o avaliar de forma positiva, reforçando a necessidade de difundir, cada vez mais, novas informações sobre o mesmo.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13210**: reservatório de poliéster reforçado com fibra de vidro para água potável – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9575**: impermeabilização – seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.
- BOWER, M. V. **Composite Materials**. Huntsville: University of Alabama press, 2000.
- CASSIS, F. A.; TALBOT, R. C. Polyester and vinyl ester resin. In: PETERS, S. T. (Ed.). **Handbook of Composites**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1998, p. 34-47.
- CRUZ, J. H. P. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas**: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia. 2003. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- CUNHA, A. G. da; NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**: como projetar e executar. 2. ed. Rio de Janeiro: Argus, 1979.
- FIBERSALS IMPERMEABILIZAÇÕES EM EDIFICAÇÕES LTDA. **Impermeabilização definitiva com 15 anos de garantia**. Campo Bom, 2010. Disponível em: <<http://www.fibersals.com.br/impermeabilizacao>>. Acesso em: 03 dez. 2012.
- \_\_\_\_\_. **Impermeabilização definitiva com 15 anos de garantia**. Campo Bom, [2012?]. Disponível em: <<http://www.fibersals.com.br/fotos/ver/2>>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- GOOGLE EARTH. [Ministério da Fazenda Porto Alegre]. [S.l.], 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **O que é impermeabilização**. São Paulo, [200-?]. Disponível em: <<http://www.ibisp.org.br/?pagid=oque>>. Acesso em: 12 fev. 2013.
- MORAES, C. R. K. de. **Impermeabilização em lajes de cobertura**: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- PICCHI, F. A. **Impermeabilização de Coberturas**. São Paulo: Pini, 1986.
- POYASTRO, P. C. **Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida**. 2011. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- REINHART, T. J. Overview of composite materials. In: PETERS, S. T. (Ed.). **Handbook of Composites**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1998, p. 21-33.
- SILVA, H. S. P. da. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras de carauá e híbridos com fibras de vidro**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa

de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SP SYSTEMS COMPOSITE ENGINEERING MATERIALS. **Guide to Composites**. Newport, [200-?].

VAUGHAN, D. J. Fiberglass reinforcement. In: PETERS, S. T. (Ed.). **Handbook of Composites**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 1998, p. 131-155.



**APÊNDICE A – *Checklist* elaborado para o acompanhamento de execuções  
do sistema estudado**

<b>CHECK LIST PARA ACOMPANHAMENTO DE EXECUÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO</b>		
<b>EMPRESA:</b>	<b>OBRA:</b>	
<b>DATA:</b>	<b>RESPONSÁVEL:</b>	
<b>TIPO DE SUPERFÍCIE:</b>		
<b>ÁREA:</b>		
	<b>SIM</b>	<b>NAO</b>
<b>PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE:</b>		
Foram retirados os objetos cortantes e pontiagudos?		
Foram retirados obstáculos que impedem a continuidade da impermeabilização?		
Foram preenchidos espaços deixados por desníveis e juntas?		
Houve limpeza da superfície para retirada de poeira e umidade?		
Verificou-se a ausência completa de água ou umidade?		
<b>PONTO CRÍTICO:</b>		
<b>1. RALO</b>		
O entorno do ralo foi nivelado e lixado antes da execução?		
O entorno do ralo foi imprimado?		
Foi aplicada resina no entorno do ralo?		
A primeira camada da manta de fibras de vidro foi corretamente aderida?		
A segunda camada da manta de fibras de vidro foi corretamente aderida?		
As mesmas foram recortadas em tamanhos adequados?		
Foi aplicada uma camada de resina cobrindo a manta?		
Todos os arremates finais foram feitos e a execução foi finalizada corretamente?		
<b>2. RODAPÉ</b>		
Foi feito o arredondamento na aresta de mudança de plano?		
A superfície foi imprimada?		
A manta foi completamente aderida à superfície?		
Foi feito algum corte para embutimento da manta?		
Foi aplicado reforço com fio <i>roving</i> aplicado por máquina?		
Foi impermeabilizada uma altura mínima de 20 cm?		
<b>3. JUNTAS E REJUNTES</b>		
Existiam juntas ou rejuntas com desnível em relação ao piso?		
Foram corrigidas imperfeições nesses pontos?		
Foram utilizados mata-juntas para fechar juntas abertas?		
<b>4. SOLEIRAS</b>		
Foi feito corte para embutir a manta?		
A soleira foi retirada para a execução?		
A estrutura foi reforçada com tela?		
O acabamento final sobre a impermeabilização foi adequado?		

**APÊNDICE B – Questionário para aplicação com os responsáveis pelas  
execuções da empresa acompanhada**

### QUESTIONÁRIO

- 1) Quais são os principais pontos críticos observados quando se executa essa impermeabilização?
- 2) Existe alguma superfície onde é mais difícil utilizar esse sistema?
- 3) Qual é o tempo de cura médio?
- 4) Quais equipamentos são utilizados para a aplicação?
- 5) Quais cuidados são tomados antes de começar a execução?
- 6) Quantas camadas são aplicadas, em média?
- 7) Qual a sequência de aplicação das camadas?
- 8) Qual a espessura média que se busca e como ela é garantida?
- 9) Quais são os problemas mais comuns?
- 10) Onde esses problemas acontecem com maior frequência?
- 11) Qual é a produtividade aproximada?
- 12) Algo poderia ser melhorado na execução?
- 13) Qual é altura média executada no rodapé?
- 14) Existe projeto prévio?