



**ESTUDO COMPARATIVO DE ADERÊNCIA À SUPERFÍCIE E
ESTANQUEIDADE DOS SISTEMAS DE MANTA ASFÁLTICA
ADERIDO À MAÇARICO E AUTOADESIVO.**

SÃO PAULO
2017



ANA PAULA ANDRADE

CAIO DE MOURA MENDES LIMA

MARESSA MENEZES DE FREITAS OLIVEIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DE ADERÊNCIA À SUPERFÍCIE E
ESTANQUEIDADE DOS SISTEMAS DE MANTA ASFÁLTICA
ADERIDO À MAÇARICO E AUTOADESIVO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Tecnologia da Impermeabilização, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Impermeabilização

Orientador: Prof. Msc. Luís César De Luca.

SÃO PAULO
2017

AGRADECIMENTOS

A Deus que nos deu força, entendimento e saúde para conclusão do curso e desenvolvimento da pesquisa.

A família que em todo o momento esteve do nosso lado incentivando e compreendendo os momentos de ausência dedicados ao curso e à pesquisa.

Aos amigos Ricardo, Thiago, Izaias e Leonardo que em todo o momento nos incentivaram e contribuíram de forma extraordinária para realização da pesquisa.

À Sra Heloisa e à equipe da Concremat que patrocinaram todos os ensaios de caracterização de nossas amostras.

Aos professores Msc De Luca, Dr. Flávio Maranhão, Esp. José Eduardo Granato e Esp. Cirene Paulusse pelas orientações e suporte durante o desenvolvimento de nossa pesquisa.

Aos nossos queridos coordenadores Ricardo e André pelo incentivo e orientações.

À Universidade São Judas e equipe do laboratório de construção civil por nos fornecer toda a estrutura e apoio necessários para execução do programa experimental.

Ao Sr Marco e Sra Marizete Santos pelo apoio durante os testes de estanqueidade.

Aos profissionais Irene Joffily e Anderson Oliveira pelas contribuições e direcionamento dos parâmetros de referência de resistência de aderência.

À Viapol pelas amostras cedidas.

Aos queridos colegas de curso ao longo destes dois anos, Luis Henrique, Sidnei Niero, Alexandre Barufi, Vitor Novaes e Gêneses Pena, amigos que levaremos para vida toda.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO COMPARATIVO DE ADERÊNCIA À SUPERFÍCIE E ESTANQUEIDADE DOS SISTEMAS DE MANTA ASFÁLTICA ADERIDO À MAÇARICO E AUTOADESIVO.

Por

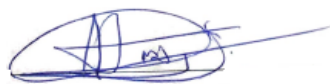
ANA PAULA ANDRADE

CAIO DE MOURA MENDES LIMA

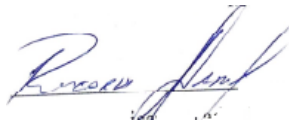
MARESSA MENEZES DE FREITAS OLIVEIRA

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM TECNOLOGIA DA
IMPERMEABILIZAÇÃO, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO
FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

São Paulo, 28 de janeiro de 2017.



André Tadeu Moreno Figueiró, Esp.



Ricardo Tadeu Pinto de Faria, Esp.



José Mário Andrello, Esp.

RESUMO

Este trabalho visou fazer um estudo comparativo entre os sistemas de manta asfáltica autoadesivo e aderido à maçarico com relação à aderência à superfície e estanqueidade dos sistemas. Para o estudo também foram considerados como variáveis a umidade superficial da regularização e o tipo de primer utilizado nos sistemas de mantas asfálticas (emulsão e solução). O método de pesquisa utilizado foi o de programa experimental, executado no laboratório de materiais de construção civil da Universidade São Judas (SP), através de protótipos que simulam o sistema de impermeabilização (base, regularização, imprimação e manta asfáltica). Para verificação do desempenho foram executados testes de aderência e estanqueidade dos sistemas. Com os resultados obtidos, ficou comprovado a influência da umidade superficial na aderência dos sistemas de manta asfáltica autoadesiva, independentemente do tipo de primer adotado, e do sistema de manta asfáltica aderido à maçarico com primer água. No sistema autoadesivo observou-se também maior vulnerabilidade das sobreposições com relação à estanqueidade.

Palavras chave: impermeabilização, manta asfáltica, aderência

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Camadas do sistema de impermeabilização	28
Figura 2: Manta asfáltica - composição	30
Figura 3: Regularização – detalhe rebaixo de coletor.....	36
Figura 4: Manta asfáltica – detalhe preparo do substrato	37
Figura 5: Caldeira para aquecimento do asfalto	38
Figura 6: Aplicação de manta asfáltica com asfalto à quente	39
Figura 7 Manta aderida à maçarico:.....	40
Figura 8: Manta autoadesiva	41
Figura 9 Manta autoadesiva:	42
Figura 10: Recuperação do desempenho por ações de manutenção ...	44
Figura 11: Ensaio espessura, conforme ABNT NBR 9952(2014):	50
Figura 12: Ensaio de tração e alongamento na ruptura.....	51
Figura 13: Ensaio de absorção	52
Figura 14: Mandril para ensaio de flexibilidade	52
Figura 15: Dispositivo para ensaio de impacto	53
Figura 16: Equipamento para verificação da estanqueidade à água após ensaio de impacto.....	54
Figura 17 Ensaio de escorrimento:.....	56
Figura 18: Estabilidade dimensional.....	57
Figura 19: Amostras em ensaio de envelhecimento	58
Figura 20: Geometria de corpo-de-prova para ensaio de estanqueidade	58
Figura 21: Equipamentos para ensaio de estanqueidade.....	59
Figura 22: Resistência ao rasgo	60
Figura 23: Substrato padrão	63
Figura 24 Materiais argamassa regularização:.....	64
Figura 25: Primers:.....	64
Figura 26: Mantas asfálticas:	65

Figura 27: Adesivo epóxi de alta viscosidade.....	65
Figura 28: Identificação das placas	66
Figura 29 Dosagem argamassa:	67
Figura 30 Composto adesivo:	68
Figura 31: Argamassa de regularização	68
Figura 32: Placas imersas em tanque com água.....	69
Figura 33: Placas em estufa	69
Figura 34: Placa referência para aferição da umidade	70
Figura 35 Aplicação do primer:	71
Figura 36: Secagem superficial das placas saturadas	71
Figura 37: Primer nas placas saturadas:.....	72
Figura 38 Primer nas placas secas:	72
Figura 39: Demarcação e corte das mantas.....	73
Figura 40 Colagem manta maçarico:	74
Figura 41 Biselamento:	74
Figura 42 Execução Biselamento:.....	75
Figura 43 Manta autoadesiva:	76
Figura 44: Sobreposição.....	76
Figura 45 Preparo para ensaio de estanqueidade:	77
Figura 46 Teste de estanqueidade:	78
Figura 47 Instalação do tubo para aumento de pressão:	79
Figura 48 Instalação do tubo em emenda:	79
Figura 49 Placas em teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda:	80
Figura 50: Queima do filme de polietileno	81
Figura 51 Preparo para teste de aderência:	81
Figura 52 : Identificação dos pontos	82
Figura 53: Ensaio de determinação de resistência à aderência	82
Figura 54: Interfaces avaliadas no teste de aderência	83
Figura 55 Vazamento característico das placas do sistema MA:.....	87

Figura 56: Resistências médias obtidas no sistema MMPS – pontos simples.....	88
Figura 57: Forma de ruptura dos corpos-de-prova de sistemas MMPS	89
Figura 58: Resistências médias obtidas no sistema MMPS – pontos de sobreposição.....	90
Figura 59: Forma de ruptura MMPS – pontos de sobreposição	90
Figura 60: Resistências médias obtidas no sistema MMPA – pontos simples.....	91
Figura 61: Forma de ruptura MMPA	92
Figura 62: Resistências médias obtidas no sistema MMPA – pontos sobreposição.....	93
Figura 63: Forma de ruptura MMPA – pontos de sobreposição.....	93
Figura 64: Resistências médias obtidas no sistema MAPS – pontos simples.....	94
Figura 65: Forma de ruptura sistema MAPS – pontos simples	95
Figura 66: Resistências médias obtidas no sistema MAPS – pontos sobreposição.....	96
Figura 67: Forma de ruptura sistema MAPS - pontos de sobreposição.....	96
Figura 68: Teste de aderência da placa com aumento de pressão no teste de estanqueidade	97
Figura 69: Resistências médias obtidas no sistema MAPA – pontos simples.....	98
Figura 70: Forma de ruptura sistema MAPA - pontos simples	99
Figura 71: Resistências médias obtidas no sistema MAPA – pontos sobreposição.....	99
Figura 72: Rompimento durante o corte de placas com permeabilidade de água sob manta	100

Figura 73: Resistências médias obtidas no sistema MM – pontos
simples.....101

Figura 74: Resistências médias obtidas no sistema MA – pontos
simples.....101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Sistemas rígidos de impermeabilização	23
Tabela 2: Sistemas flexíveis de impermeabilização	24
Tabela 3: Parâmetros mínimos manta asfáltica	33
Tabela 4: Vida útil de projeto	46
Tabela 5: Classificação de ensaio de impacto.....	54
Tabela 6: Resultados teste de estanqueidade como lâmina d'água – sistema MM.....	84
Tabela 7: Resultado teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda - Sistema MMPS.....	85
Tabela 8: Resultados teste de estanqueidade como lâmina d'água – Sistema MA.....	86
Tabela 9: resultado teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda - Sistema MAPS	87

LISTA DE EQUAÇÕES

- (1) Equação para determinação da umidade superficial.....70
- (2) Equação para determinação da resistência de aderência à tração.....83

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
FOLHA DE APROVAÇÃO	6
RESUMO	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	8
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE EQUAÇÕES.....	13
SUMÁRIO.....	14
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.2.1. Objetivo Geral	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
1.3. HIPÓTESE	18
1.4. JUSTIFICATIVAS	18
1.4.1. Tecnológicas.....	19
1.4.2. Econômicas	19
1.4.3. Sociais	19
1.4.4. Ecológicas	20
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. IMPERMEABILIZAÇÃO.....	22
2.1.1. Classificação.....	23
2.1.2. Camadas da impermeabilização	27
2.2. MANTAS ASFÁLTICAS.....	29
2.2.1. Composição	30
2.2.2. Tipos	32
2.2.3. Preparo de superfície	34

2.2.4.	Sistemas aplicados à quente	37
2.2.5.	Sistema autoadesivo	41
2.3.	DESEMPENHO DOS MATERIAIS	42
2.3.1.	Ensaio.....	47
3.	PROGRAMA EXPERIMENTAL	61
3.1.	MATERIAIS	62
3.1.1.	Substrato	62
3.1.2.	Argamassa	63
3.1.3.	Primer	64
3.1.4.	Mantas asfálticas	64
3.1.5.	Adesivo epóxi.....	65
3.2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	65
3.2.1.	Identificação das placas.....	66
3.2.2.	Preparo da argamassa de regularização e composto adesivo	67
3.2.3.	Aplicação da argamassa de regularização e composto adesivo	67
3.2.4.	Umidade superficial	68
3.2.5.	Aplicação do primer	70
3.2.6.	Aplicação mantas asfálticas	73
3.3.	ENSAIOS	76
3.3.1.	Estanqueidade.....	76
3.3.2.	Resistência de aderência à tração	80
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	84
4.1.	ESTANQUEIDADE	84
4.1.1.	Sistema de manta asfáltica aderida à maçarico	84
4.1.2.	Sistema de manta asfáltica autoadesivo	85
4.2.	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	88
4.2.1.	Sistema de manta asfáltica aderida à maçarico	88
4.2.2.	Sistema de manta asfáltica autoadesivo	94
4.2.3.	Sistema autoadesivo x sistema aderido à maçarico.....	100
4.2.1.	Resistência de aderência à tração - parâmetros de referência	102

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	103
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	105
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
7. APÊNDICE	109
8. ANEXOS	126
8.1. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS MANTAS	127
ASFÁLTICAS	127
8.2. FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS	130

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como foco principal um estudo comparativo entre os sistemas de impermeabilização de manta asfáltica aderida à maçarico e manta asfáltica autoadesiva, principalmente com relação à aderência e estanqueidade. Os sistemas foram instalados em placas de substrato padrão previamente regularizadas. Também foi verificado a influência da umidade da regularização e do tipo de primer utilizado.

O desempenho dos sistemas foi verificado através de testes de estanqueidade com inspeções periódicas e testes de aderência, considerando a influência dos fatores descritos no parágrafo anterior.

O sistema de impermeabilização mais utilizado atualmente é o sistema de manta asfáltica. Com mais de 30 anos de consagração e credibilidade no mercado, é o sistema que tem apresentado melhor custo x benefício, principalmente para estruturas sujeitas à movimentação. Entretanto, o processo ainda exige aplicação à quente dos sistemas dificultando trabalho em indústrias, hospitais e outros locais que restringem entrada de gás e fogo.

Com o lançamento do sistema autoadesivo no mercado de impermeabilização, pode ser possível aplicação do sistema de manta asfáltica em locais com restrições, além de maior segurança e praticidade para os aplicadores.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Com relação à aderência à superfície e estanqueidade, o sistema de impermeabilização de manta asfáltica autoadesiva apresenta o mesmo desempenho do que o sistema aderido à maçarico?

1.2. OBJETIVOS

São apresentados a seguir os objetivos geral e específicos da pesquisa.

1.2.1. Objetivo Geral

Comparar a aderência e estanqueidade do sistema de manta asfáltica autoadesiva com o sistema de manta asfáltica aderida à maçarico.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Verificar influência da umidade do substrato na aderência de ambos os sistemas;
- b) Verificar a influência do tipo de primer na aderência de ambos os sistemas;
- c) Avaliar o desempenho das sobreposições do sistema autoadesivo com relação à estanqueidade.

1.3. HIPÓTESE

A partir da análise de resultados dos ensaios, espera-se que o sistema de manta asfáltica autoadesiva apresente o mesmo desempenho do sistema aderido à maçarico com relação à aderência e estanqueidade.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1. Tecnológicas

A pesquisa visa contribuir com informações e subsídios para o uso de sistema de manta asfáltica autoadesivo ao mercado, comparando o desempenho deste sistema com o sistema de manta asfáltica aderido à maçarico, contribuindo assim com a inovação no processo de aplicação de um sistema de impermeabilização tradicional.

1.4.2. Econômicas

O estudo permitirá uma maior produtividade para a mão-de-obra, visto que o processo de aplicação do sistema autoadesivo é bem mais simples exigindo menos trabalho e tempo dos aplicadores. Embora não apresente menor custo, quando comparado ao sistema aderido à maçarico avaliando-se custo de material e mão-de-obra, o sistema autoadesivo apresenta maior custo benefício principalmente em locais onde há restrição de uso de fogo como indústrias e hospitais. Nestas áreas, o fator custo torna-se secundário, visto que o principal é solucionar problemas de infiltração e danos à estrutura sem colocar em risco o uso e operação das áreas a serem impermeabilizadas.

1.4.3. Sociais

Quanto aos aspectos sociais, com o estudo é possível obter maiores informações de desempenho do sistema autoadesivo, um sistema relativamente novo que por não ser aplicado à quente reduz risco de acidentes proporcionando maior segurança aos aplicadores e envolvidos no processo de aplicação no local da impermeabilização e áreas adjacentes.

1.4.4. Ecológicas

O sistema autoadesivo dispensa utilização de gás e o processo de queima da manta. Sendo comprovado desempenho igual ou superior ao sistema aderido à maçarico, torna o processo de impermeabilização com manta asfáltica mais seguro e menos agressivo ao meio ambiente.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida através de programa experimental, executada em laboratório, através de protótipos que simulam o sistema completo (base, regularização, primer e manta). A base utilizada foi de placa de substrato-padrão, confeccionadas por laboratório terceiro conforme ABNT - NBR 14082 Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução de substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaio, 2004. As placas foram previamente regularizadas com argamassa de cimento e areia no traço em volume de 1 : 3 (cimento: areia).

Os sistemas foram aplicados sobre a regularização com primer asfáltico base água e primer asfáltico base solvente em 48 placas.

As placas tiveram variação de umidade superficial na regularização. Para isto, os sistemas foram aplicados com idades da regularização de 1, 2, 3 e 7 dias respectivamente. Além disso, os sistemas foram aplicados também em placas saturadas (100% de umidade) e em placas totalmente secas (0% de umidade). Após teste de estanqueidade destas 48 placas, foi feito teste de arrancamento para verificação de influência da umidade e tipo de primer na resistência de aderência à tração dos sistemas.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Neste item apresenta-se de forma resumida o conteúdo de cada capítulo, como descrito abaixo:

O **Capítulo 1** apresenta uma breve introdução, o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos adotados.

O **Capítulo 2** trata da revisão bibliográfica e discorre sobre a impermeabilização, os tipos e classificação dos sistemas empregados conforme normas vigentes e as camadas constituintes de um sistema de impermeabilização. Em seguida é apresentado o conceito de manta asfáltica, os diferentes tipos, processos de aplicação e propriedades requeridas. Também é apresentado neste capítulo os ensaios executados para verificação de desempenho dos sistemas de impermeabilização e detalhadamente do sistema de mantas asfálticas, bem como alguns conceitos e assuntos abordados pela ABNT – NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho (2013), com relação à impermeabilização.

O **Capítulo 3** trata sobre o programa experimental empregado neste trabalho, apresentando o procedimento de confecção das amostras, processo de aplicação e cura dos sistemas, ensaios e metodologias utilizadas.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo com base nos ensaios de estanqueidade e de determinação de resistência de aderência, ilustrando os valores encontrados através de gráficos e um comparativo entre os sistemas.

O **Capítulo 5** descreve as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados alguns conceitos do assunto abordado na pesquisa.

2.1. IMPERMEABILIZAÇÃO

Impermeabilização consiste no conjunto de operações e técnicas construtivas que pode ser constituído de uma ou mais camadas, a qual tem finalidade de proteger as edificações contra ação deletéria de fluidos, umidade ou vapores (ABNT – NBR 9575 – Impermeabilização, seleção e projeto, 2010). É fundamental para o aumento de durabilidade e vida útil das edificações, principalmente na proteção contra à passagem indesejável da água, fluidos e vapores. (STORTE, 2015).

Segundo Storte (2015), os agentes trazidos pela água e poluentes do ar, além de deteriorar e degradar a estrutura, causam prejuízos financeiros difíceis de serem contornados. Quando não analisada com a devida importância, a falta da impermeabilização traz num primeiro instante consequências como infiltrações e vazamentos seguido de uma série de manifestações patológicas mais graves como corrosão de armadura, eflorescências, degradação da estrutura de concreto, bolhas em pinturas e curtos circuitos (PLÁ, 2010). Logo, a impermeabilização é fator importante também na segurança, valorização do patrimônio e na integridade física do usuário (STORTE, 2015).

O custo da impermeabilização é estimado em torno de 1 a 3% do custo total da obra, sendo que a não funcionalidade da mesma pode gerar custos de reimpermeabilização da ordem de 5 a 10% do custo da obra gerando transtornos como quebra de revestimentos, custos com manifestações patológicas mais graves, depreciação do imóvel, etc (PLÁ, 2010).

Assim, como projetos de instalações elétricas, hidráulicas, arquitetura e cálculo estrutural, o projeto de impermeabilização deve fazer parte dos projetos da obra de forma que a impermeabilização seja estudada e compatibilizada com todos os componentes da edificação. É importante conhecer todos os parâmetros técnicos e esforços mecânicos envolvidos nas estruturas para a escolha adequada do sistema de impermeabilização (STORTE, 2015).

2.1.1. Classificação

Segundo ABNT – NBR 9574 (2008), os sistemas de impermeabilização são divididos em dois tipos:

Sistemas rígidos;

Sistemas flexíveis.

Os sistemas rígidos são conjuntos de materiais ou produtos que não apresentam características de flexibilidade e são compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo. (ABNT – NBR 9575, 2010).

Os sistemas rígidos de impermeabilização, conforme classificação ABNT – NBR 9575 (2010), são apresentados na tabela 1:

Tabela 1: Sistemas rígidos de impermeabilização

SISTEMAS RÍGIDOS	Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo
	Argamassa modificada com polímero
	Argamassa polimérica
	Cimento cristalizante para pressão negativa
	Cimento modificado com polímero
	Membrana epóxidica

Fonte: ABNT – NBR 9575 (2010)

Os sistemas flexíveis são considerados conjuntos de materiais ou produtos, que por sua vez, apresentam características de flexibilidade e são compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo. (ABNT – NBR 9575, 2010).

Os sistemas flexíveis de impermeabilização, conforme classificação ABNT – NBR 9575 (2010), são apresentados na tabela 2:

Tabela 2: Sistemas flexíveis de impermeabilização

SISTEMAS FLEXÍVEIS	Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero
	Membrana de asfalto modificado com adição de polímero
	Membrana de emulsão asfáltica
	Membrana de asfalto elastomérica em solução
	Membrana elastomérica de polisobutileno isopreno (I.I.R), em solução
	Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (S.B.S)
	Membrana elastomérica de estireno-butadieno-ruber (S.B.R)
	Membrana de poliuretano
	Membrana de poliuretano modificada com asfalto
	Membrana de polímero com cimento
	Membrana acrílica
	Mantas asfálticas
	Manta de policloreto de vinila (PVC)
	Manta de polietileno de alta densidade (PEAD)
	Manta elastomérica de etileno-dieno-monômero – EPDM
	Manta elastomérica de polisobutileno isopreno (IIR)

Fonte: ABNT NBR 9575 (2010)

Segundo Bauer *et al.* (2010), os sistemas de impermeabilização também são classificados com relação à:

a) Metodologia de aplicação:

Os sistemas podem ser moldados no local (membranas), envolvendo diversas camadas com ou sem estruturantes ou podem ser pré-fabricados. Os sistemas pré-fabricados ou industrializados têm características pré-definidas, o que proporciona menor interferência de erros de aplicação e maior facilidade na fiscalização.

b) Solicitações impostas pela água:

Sob o ponto de vista da impermeabilização, a solicitação imposta pela água pode ser classificada de quatro maneiras: Pressão unilateral ou bilateral - pode-se considerar como exemplo um reservatório de água, onde a pressão exercida no sistema de impermeabilização pode ser positiva (no lado impermeabilizado da estrutura), negativa (no lado oposto à impermeabilização) ou ainda nos dois lados (bilateral);

Água por condensação – sistemas que devem suportar à ação da água por condensação;

Água de percolação – Sistemas que devem suportar ação da água por percolação e sem confinamento, como por exemplo em estruturas como lajes, calhas e coberturas;

Água por umidade do solo – Sistemas que devem suportar à ação da água por umidade ascendente, ou capilaridade proveniente do solo, como por exemplo em estruturas como baldrame, fundações, pisos e outras em contato direto com o solo.

c) Exposição ao intemperismo

Com relação ao intemperismo os sistemas podem ser:

Resistentes - possuem propriedades que permitem exposição direta ao intemperismo, como por exemplo as membranas acrílicas e poliuretânicas;

Autoprotégidos – possuem acabamento protetor o que permite exposição direta ao intemperismo, como por exemplo mantas asfálticas com acabamento em grânulos de ardósia ou filme de alumínio;

Pós-protégidos - permitem execução de um acabamento protetor compatível, como por exemplo manta asfáltica com acabamento posterior em pintura acrílica;

Necessitam de proteção – não dispensam execução de proteção mecânica já que não resistem à exposição direta, como por exemplo, sistemas de manta asfáltica com acabamento em polietileno ou areia.

d) Aderência ao substrato

Com relação à aderência os sistemas podem ser classificados como:

Aderidos ao substrato - são sistemas que trabalham totalmente aderidos à superfície, como por exemplo membranas em geral e mantas asfálticas aderidas com asfalto quente;

Parcialmente aderidos ao substrato - são sistemas aderidos em pontos ou com menor poder de aderência, mas que ainda limitam a passagem da água sob o sistema, como por exemplo, mantas asfálticas aderidas com maçarico;

Não aderidos – são sistemas que não são aderidos ao substrato, mas somente em pontos críticos como coletores, tubulações, peças emergentes, rodapés e beirais. Estes sistemas tem a vantagem de trabalhar totalmente independente da estrutura, o

que exige menos flexibilidade do sistema, entretanto, permitem a passagem de água sob o sistema dificultando localização de falhas da impermeabilização. Como exemplo pode-se citar as mantas de butil, de polietileno de alta densidade (PEAD), de etileno-propileno-dieno (EPDM) e de policloreto de vinila (PVC).

2.1.2. Camadas da impermeabilização

A impermeabilização pode ser constituída por uma ou mais camadas. De acordo com a ABNT - NBR 9575 (2010), as camadas auxiliares e complementares à impermeabilização são:

Camada de regularização do substrato;

Camada de imprimação;

Camada berço;

Camada de amortecimento;

Camada drenante;

Camada separadora;

Proteção mecânica;

Proteção térmica.

As camadas mais usuais, segundo a ABNT NBR 9575 (2010), bem como suas respectivas definições, são apresentadas abaixo e ilustradas na Figura 1:

Camada de regularização: tem a função de regularizar o substrato, proporcionando superfície uniforme e coesa, perfeitamente aderida e adequada para aplicação da camada impermeável. Deve fornecer caimento ou declive adequado;

Camada de imprimação: tem a função de favorecer a aderência da camada impermeável ao substrato;

Camada impermeável: tem função de prover uma barreira contra a passagem de fluidos;

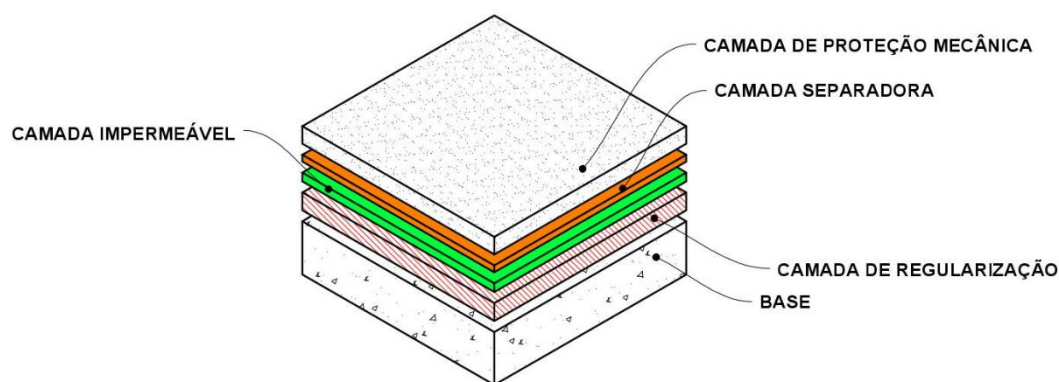
Camada separadora: Tem a função de evitar a aderência de outros materiais sobre a camada impermeável;

Camada de amortecimento: Tem a função de dissipar e absorver esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável;

Proteção mecânica: Tem a função de dissipar e absorver esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre a camada impermeável.

A camada de proteção mecânica deve ser devidamente dimensionada para os esforços sob os quais estará sujeita possuindo resistência mecânica compatível com os carregamentos e espessura mínima de 3cm (CRUZ, 2003 *apud* ARAÚJO & JOFFILY, 2014). Deve-se também ser previstas juntas de movimentação e juntas perimetrais, as quais devem ser preenchidas com materiais plastoméricos, principalmente no encontro de diferentes planos (ARAÚJO & JOFFILY, 2014).

Figura 1: Camadas do sistema de impermeabilização



Fonte: Autores, 2016

2.2. MANTAS ASFÁLTICAS

A manta asfáltica é o material mais utilizado para impermeabilização de lajes tendo variação em sua composição, espessura e estruturante (PEZZOLO, 2007).

Segundo estudo realizado na cidade de Salvador, em 2012, em 10 obras acompanhadas 56% da impermeabilização foi executada com manta asfáltica, seguida por argamassa polimérica (40%) e com menor proporção por asfalto (4%) (LIMA, 2012 *apud* ARAÚJO & JOFILLY, 2014).

O material, por ser termoplástico, acompanha a movimentação estrutural e não perde suas propriedades mesmo sob elevadas solicitações o que o torna mais seguro na impermeabilização de áreas sujeitas à movimentação (CUNHA & CUNHA, 1997).

A ABNT NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização, 2014 define manta asfáltica como “ produto pré-fabricado composto por asfalto como elemento predominante, reforçado com armadura e obtido por calandragem, extensão ou outros processos com características definidas. ”

Conforme Bauer *et.al* (2010), as mantas asfálticas podem ser produzidas através de dois processos de fabricação:

Por imersão: neste processo o estruturante é imerso nas bacias de composto asfáltico, em seguida é resfriado com água e posteriormente recebe o acabamento superficial. O produto acabado é embobinado e embalado. É considerado o processo mais eficiente, pois durante todas as etapas o estruturante é tracionado sendo necessária utilização de bons estruturantes obtendo no final maior qualidade do produto. Além disso, o sistema de impregnação do estruturante não permite vazios no interior do produto.

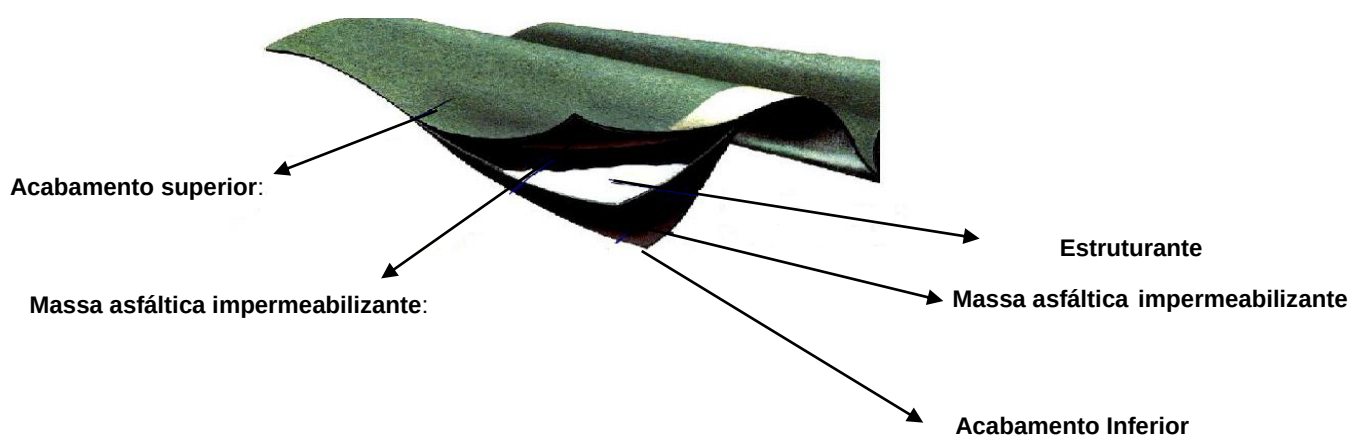
Por laminação: Este processo é considerado mais econômico, pois é possível trabalhar com estruturante de menor qualidade e com custo operacional

mais baixo. Entretanto, é mais suscetível a erros no produto final pois depende diretamente de fatores externos como temperatura da massa asfáltica e manipulação de operários. Neste processo, a massa asfáltica é lançada contra o estruturante à determinada temperatura e a calandra regula a espessura final da manta impregnando o estruturante. Em seguida, o produto recebe o acabamento superficial, é embobinado e embalado.

2.2.1. Composição

As mantas asfálticas são compostas basicamente por massa asfáltica, estruturante e acabamento superficial (superior e inferior), conforme apresentado na Figura 2:

Figura 2: Manta asfáltica - composição



Fonte: Granato, 2013

A massa asfáltica é produzida a partir do cimento asfáltico de petróleo (CAP) e é responsável por propriedades como durabilidade, aderência, flexibilidade em baixas temperaturas, resistência ao escorrimento em altas temperaturas, entre outras. No processo de produção a massa pode receber ou não adição de polímeros. As mantas fabricadas com asfalto modificado com polímeros

têm desempenho superior às mantas fabricadas com asfalto oxidado ou policondensado (BAUER *et.al*, 2010).

As massas modificadas com polímeros são classificadas em duas classes básicas, com respectivas características, conforme descrito por Bauer *et.al* (2007) *apud* Araújo e Joffily (2014):

Elastoméricos: são asfaltos com adição de polímeros elásticos sendo o mais utilizado no Brasil o estireno-butadieno-estireno (SBS). Tem como principal característica a elasticidade, proporcionando também melhoria em propriedades mecânicas e maior resistência à deformação;

Plastoméricos: são asfaltos com adição de polímeros plastoméricos, sendo o mais utilizado no Brasil o polipropileno-atático (APP). Embora não sejam considerados elásticos, atribuem características de flexibilidade e importantes propriedades ao asfalto utilizado na impermeabilização.

De acordo com Bauer *et.al* (2010) o estruturante é o componente responsável pela resistência à tração das mantas asfálticas, sendo os mais utilizados:

Não-tecido de poliéster: filamentos contínuos de poliéster distribuídos de forma aleatória, diferentemente de um tecido. São fornecidos em diversas gramaturas sendo que quanto maior for a gramatura, maior será a resistência à tração da manta;

Filme de polietileno: são estruturantes de baixa resistência à tração e menor custo. Porém, conferem a manta elevada flexibilidade e alongamento;

Véu de fibra de vidro: é obtido através de resinas especiais e fibra de vidro. Não possui elevada resistência à tração e nem confere flexibilidade ou alongamento à manta. É utilizado em mantas de custo inferior empregadas em áreas de menor deformação.

Com relação ao acabamento superficial, o acabamento inferior é disponível em filme de polietileno ou areia, sendo que o acabamento em polietileno geralmente é empregado para colagem de manta com maçarico e o

acabamento em areia para colagem de mantas com asfalto à quente (ARAÚJO & JOFFILY, 2014). Já o acabamento superficial superior pode ser granular (ou ardosiado), geotêxtil, metálico (ou aluminizado), de polietileno, plástico metalizado e areia (ABNT – NBR 9952, 2014).

2.2.2. Tipos

De forma a estabelecer padrão e um melhor controle de qualidade das diversas mantas disponíveis no mercado, a ABNT - NBR 9952 (2014) estabelece parâmetros mínimos para as mantas asfálticas, conforme apresentado na Tabela 3:

Tabela 3: Parâmetros mínimos manta asfáltica (ABNT – NBR 9952 ,2014)

Ensaio			Unidade	Tipo			
				I	II	III	IV
1.Espessura (mínimo)			Mm	3	3	3	4
2. Resistência à tração e alongamento (longitudinal e transversal)	Tração (mínimo)		N	80	180	400	500
	Alongamento (mínimo)		%	2	2	30	35
3.Absorção d´água – Variação em massa (máximo)			%	1,5	1,5	1,5	1,5
4.Flexibilidade a baixa temperatura ^{a e}	Classe	A	°C	-10	-10	-10	-10
		B		-5	-5	-5	-5
		C		0	0	0	0
5.Resistência ao impacto ^b a 0 °C (mínimo)			J	2,45	2,45	4,90	4,90
6.Escorrimento (mínimo)			°C	95	95	95	95
7. Estabilidade dimensional (máximo)			%	1	1	1	1
8.Envelhecimento acelerado	Mantas asfálticas expostas ^c		Os corpos de prova, após ensaio, não podem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação.				
	Mantas asfálticas protegidas ou autoprotegidas ^d						
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado ^e	Classe	A	°C	0	0	0	0
		B		5	5	5	5
		C		10	10	10	10
10. Estanqueidade (mínimo)			Mca	5	10	15	20
11. Resistência ao rasgo (mínimo)			N	50	100	120	140
a. Em mantas asfálticas autoprotegidas, o ensaio de flexibilidade é feito dobrando-se a amostra de forma a manter a face autoprotegida em contato com o mandril e verificando-se a ocorrência de fissuras no lado da massa asfáltica. b. Quando as mantas asfálticas forem aplicadas sobre o substrato rígido (por exemplo, concreto), utilizar a base de aço; quando forem aplicadas sobre substrato flexível (por exemplo, isolações térmicas deformáveis), utilizar a base de poliestireno ou a base em que efetivamente for aplicada a manta asfáltica. c. Exposição do corpo de prova a 400h de intemperismo, ciclos de 4h de ultravioleta a 60 °C e 4h de condensação de água a 50 ° C. d. Desconsiderar envelhecimento que possa ocorrer na camada antiaderente e. Os ensaios de flexibilidade devem ser efetuados nas temperaturas estabelecidas na tabela.							

Fonte: ABNT NBR 9952 (2014)

Observa-se que a classificação de tipo I a tipo IV é feita de acordo com a resistência à tração e alongamento os quais estão relacionados diretamente com o tipo de estruturante. Já a classificação de tipo A, B ou C é feita de acordo com a flexibilidade à baixa temperatura da manta, relacionada diretamente com o tipo de massa asfáltica.

A ABNT – NBR 9952 (2014) prescreve ainda que as mantas devem atender aos requisitos relacionados abaixo:

- a) Apresentar compatibilidade entre seus componentes: asfalto, estruturante e acabamento, no caso das mantas auto protegidas, de modo a formar um conjunto monolítico;
- b) Suportar os esforços para os quais se destinam mantendo estanqueidade;
- c) Apresentar superfície plana com espessura uniforme e bordas paralelas;
- d) Ser impermeável, resistente à umidade sem apresentar alteração de volume quando em contato com água;
- e) Resistir aos álcalis e ácidos dissolvidos nas águas pluviais;
- f) Apresentar estruturante distribuído uniformemente em toda sua extensão e que não se destaque, descole ou delamine com o tempo.

2.2.3. Preparo de superfície

O preparo adequado do substrato, para aplicação de qualquer sistema, corresponde à 60% do sucesso da impermeabilização (NETO, 2014). Sendo assim os procedimentos recomendados por normas e fichas técnicas dos fabricantes devem ser rigorosamente seguidos.

As mantas asfálticas são aplicadas sem o uso de adesivos. Logo pontas agudas, brocas, sujeiras ou resíduos no substrato podem prejudicar a aderência do

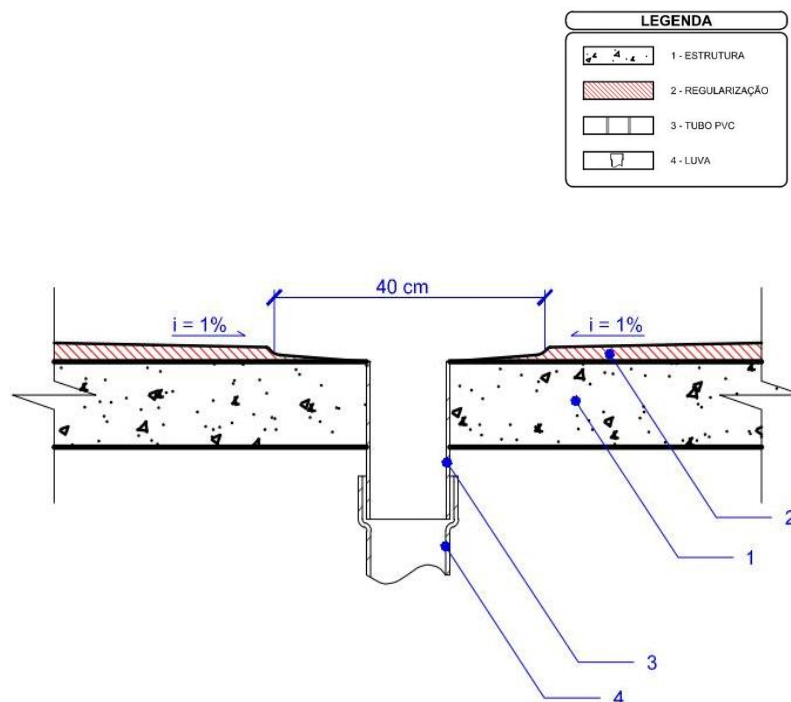
sistema. Por esta razão é extremamente necessário a limpeza e regularização prévia do substrato (CUNHA & NEUMANN, 1979).

A ABNT – NBR 9574, estabelece que para receber o sistema de manta asfáltica o substrato deve estar limpo, coeso, seco, regular, isento de corpos estranhos como ponta de ferragens, resíduos de desmoldantes, restos de formas, falhas e ninhos de concretagem. As áreas horizontais devem ter caimento mínimo de 1% em direção aos coletores, sendo permitido inclinação de 0,5% para áreas internas.

As fissuras, ninhos ou falhas de concretagem devem ser corrigidos previamente à regularização, assim como remoção de restos de formas e pontas de ferragem. O substrato deve ser regularizado com argamassa de cimento e areia de forma a proporcionar uma base firme e homogênea com caimentos adequados em direção aos coletores (LIMA, 2015).

Para execução da regularização, após feitas correções citadas no parágrafo anterior, a superfície deve ser previamente umedecida. Com a superfície úmida, executa-se a regularização com caimento mínimo de 1% em direção aos coletores. A argamassa de regularização deve ser feita com traço de cimento e areia na proporção de 1:3 utilizando água de amassamento na proporção 2:1 (água:adesivo) com adesivo acrílico. A argamassa deverá ter acabamento desempenado com espessura mínima de 2cm. Ao redor dos coletores, deve ser feito um rebaixo com profundidade de 1cm e dimensões de 40x40cm (VIAPOL, 2014). O rebaixo do coletor é apresentado na Figura 3.

Figura 3: Regularização – detalhe rebaixo de coletor



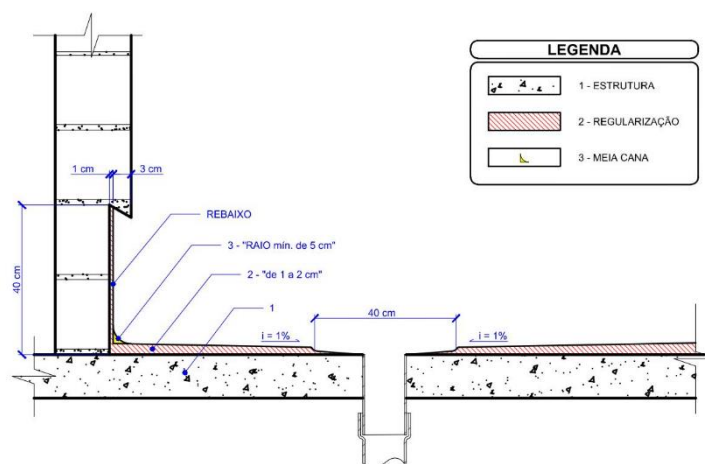
Fonte: VEDACIT, 2016

Todos os cantos e arestas devem ser arredondados com raio de 8cm. Nos rodapés deve ser previsto rebaixo prévio com espessura de 2cm e altura de 30cm para embutimento do sistema (LIMA, 2015). Nessas áreas deverá ser executado um chapisco de cimento e areia média com traço de 1:3, seguido da aplicação de argamassa desempenada de cimento e areia com traço de 1:4 e água de amassamento diluída na proporção 2:1 (adesivo:água) com adesivo acrílico (VIAPOL, 2014).

Nos vãos como portas, batentes e contramarcos a regularização deverá avançar no mínimo 60cm para seu interior, respeitando-se o caimento de áreas externas. É recomendado que áreas externas tenham no mínimo 6cm de cota menor do que áreas internas tanto no nível da impermeabilização como do piso acabado e que as tubulações e peças emergentes estejam devidamente fixadas para execução dos arremates (VIAPOL, 2014).

O preparo do substrato é representado na Figura 4:

Figura 4: Manta asfáltica – detalhe preparo do substrato



Fonte: VEDACIT, 2016

Após o preparo adequado do substrato, deve-se aguardar secagem da regularização para posterior aplicação do primer. A ABNT NBR 9574 (2008), estabelece que para sistemas que requeiram substrato seco (como o caso do sistema de manta asfáltica), a regularização deve ter idade mínima de 7 dias. Mello (2005) afirma ainda que aplicação do sistema de manta asfáltica sobre substrato úmido compromete a aderência, pois gera bolhas que provocam deslocamento e ruptura da camada impermeável. Com a regularização seca, deve-se aplicar uma demão de emulsão ou solução asfáltica como primer, obedecendo o consumo recomendado pelo fabricante, e aguardar secagem por período mínimo de 6 horas (VIAPOL, 2014).

2.2.4. Sistemas aplicados à quente

Neste item apresenta-se os sistemas de manta asfáltica que são aplicados à quente.

2.2.4.1. Sistema aplicado com asfalto à quente

Neste sistema, o asfalto quente é utilizado para colagem da manta na superfície imprimada. Com o primer seco, as bobinas são desenroladas, alinhadas e rebobinadas novamente. Após alinhamento das bobinas, deve-se aquecer o asfalto com equipamento adequado numa temperatura de 180 °C a 220 °C para asfalto sem adição de polímeros e à temperatura de 160°C a 180 °C para asfalto com adição de polímeros (ABNT – NBR 9574, 2008).

Figura 5: Caldeira para aquecimento do asfalto



Fonte: EQUIPE DE OBRA, 2013

O asfalto aquecido deve ser aplicado em toda a superfície com o uso de meada de fios de juta, broxa ou esfregão. O asfalto é aplicado no substrato e simultaneamente na face inferior da manta, não ultrapassando distância máxima de 1,00m à frente do rolo.

Figura 6: Aplicação de manta asfáltica com asfalto à quente



Fonte: EQUIPE DE OBRA, 2013

A manta deve ser pressionada, com auxílio de rolete, do centro em direção às bordas de forma a evitar aprisionamento de bolhas de ar. As emendas devem ser sobrepostas em 10cm e devem receber banho de asfalto quente sendo também pressionadas. A massa asfáltica nas emendas, quando pressionadas, devem espargir formando um cordão de asfalto entre as mantas (ABNT – NBR 9574 ,2008; STORTE, 2015).

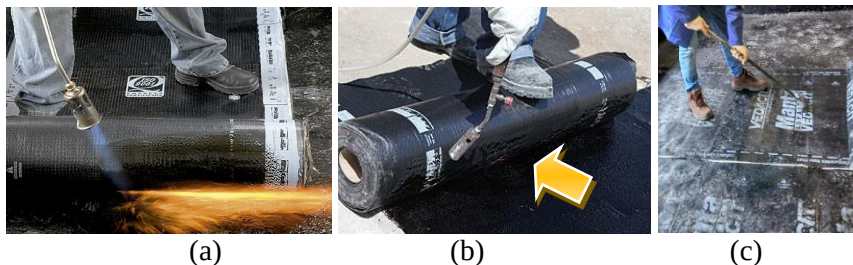
2.2.4.2. Sistema aplicado com maçarico

Neste sistema a chama do maçarico é o que promove aderência entre a manta e a superfície imprimada.

Após secagem do primer as bobinas são desenroladas, alinhadas e rebobinadas novamente. A chama do maçarico é direcionada de forma a aquecer a face inferior da manta e simultaneamente o substrato imprimado. A manta deve ser pressionada com rolete do centro para as bordas de forma a evitar aprisionamento de bolhas de ar (VIAPOL, 2014). Lima (2015) ressalta ainda que é importante durante o processo de aquecimento da manta observar o derretimento/encolhimento do filme de polietileno, sendo este o ponto de aquecimento para a colagem. O processo de colagem da manta aderida à maçarico é apresentado na Figura 7:

Figura 7 Manta aderida à maçarico:

- (a) Colagem de manta asfáltica maçarico (b) Encolhimento do filme de polietileno (c) remoção do ar com rolete metálico



Fonte: (a);(b) TÉCHNE, 2011 ,(c) Autores, 2015

Da mesma forma que o sistema aderido com asfalto à quente, as emendas devem ter sobreposições mínimas de 10cm e devem receber o biselamento. (ABNT – NBR 9574, 2008).

O biselamento das emendas é feito através do aquecimento simultâneo da colher e da emenda. É feito na emenda, com auxílio da colher, um acabamento formando um chanfrado nas laterais permitindo assim melhor aderência entre as mantas (STORTE, 2015).

Figura 8: Execução de biselamento



Fonte: Autores, 2015

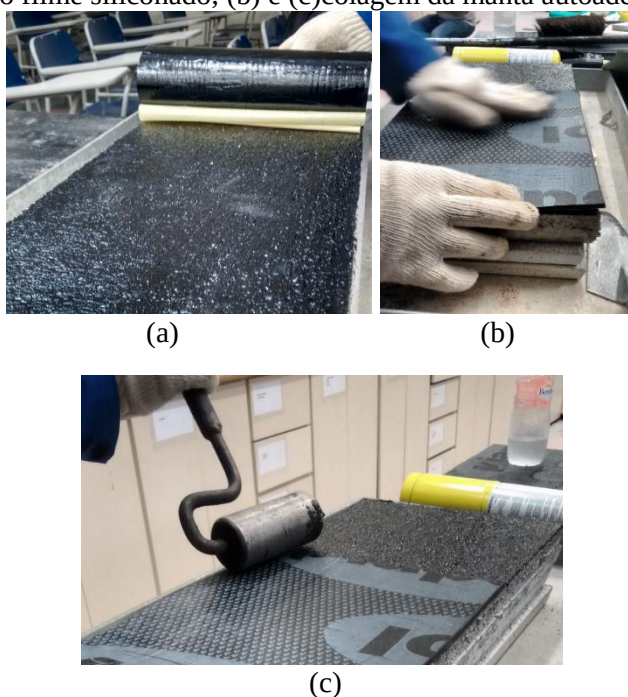
2.2.5. Sistema autoadesivo

O sistema de manta asfáltica autoadesivo é um sistema relativamente novo no mercado o qual é aplicado à frio.

Da mesma forma que nos sistemas aplicados à quente, as bobinas devem ser desenroladas, alinhadas e rebobinadas previamente à colagem. Após o alinhamento, deve-se remover o filme siliconado puxando-se pela emenda central. Removendo-se o filme, a manta é colada na superfície imprimada, devidamente prepara e seca, sob forte pressão com rolo apropriado para a remoção do ar. A manta deve ser aderida inicialmente por uma metade do rolo e posteriormente a outra (VIAPOL, 2015).

Figura 8: Manta autoadesiva

(a) Remoção do filme siliconado; (b) e (c) colagem da manta autoadesiva

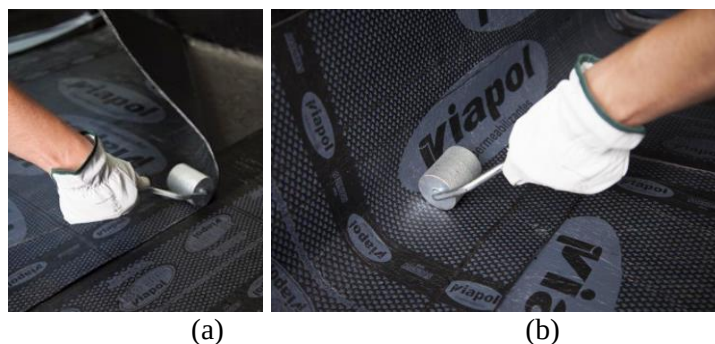


Fonte: Autores, 2016

De acordo com a ABNT – NBR 9574 (2008), a manta autoadesiva também deve ter sobreposição mínima de 10cm e a emenda deve receber forte pressão com o rolete metálico para perfeita aderência e remoção do ar.

É um sistema indicado para áreas menores como impermeabilização de áreas como banheiros, cozinhas, lavabos, pisos de barriletes, floreiras, baldrame, muros de arrimo e sacadas (VIAPOL, 2015).

Figura 9 Manta autoadesiva:
(a) Sobreposição manta autoadesiva, (b) Colagem manta autoadesiva em rodapé



Fontes: (a) GIRONEWS, 2015; (b) CASACOR, 2015

2.3. DESEMPENHO DOS MATERIAIS

Em função da ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho (2013) muito se tem discutido no segmento de construção civil sobre desempenho e durabilidade dos sistemas utilizados em edificações habitacionais, incluindo os sistemas de impermeabilização. A norma NBR 15575 (2013) foi publicada em julho de 2013 e desde então os projetos protocolados a partir desta data obrigatoriamente devem atender aos requisitos mínimos estabelecidos pela referida norma.

A NBR 15575 (2013), diferente das outras normas que são prescritivas, é uma norma de desempenho. As normas de desempenho buscam atender aos requisitos dos usuários, independente dos materiais ou sistemas adotados (LIMA, 2015).

Conforme ABNT – NBR 15575 (2013) os requisitos dos usuários relativos à segurança, habitabilidade e sustentabilidade são expressos da seguinte forma:

Segurança:

Segurança estrutural

Segurança contra fogo

Segurança no uso e operação

Sustentabilidade:

Durabilidade

Manutenibilidade

Impacto ambiental

Habitabilidade:

Estanqueidade

Desempenho térmico

Desempenho acústico

Desempenho lumínico

Saúde, higiene e qualidade do ar

Funcionabilidade e acessibilidade

Conforto tátil e antropodinâmico

Dentre os requisitos apresentados pode-se destacar para os sistemas de impermeabilização o requisito de estanqueidade à água, que segundo a NBR 15575 (2013) deve ser prevista em projeto tanto para áreas com exposição à água de chuva, à umidade proveniente do solo e à umidade proveniente do uso da edificação. É de suma importância pois a umidade acelera os mecanismos de deterioração das estruturas acarretando perdas das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente.

A NBR 15575 (2013) traz ainda alguns conceitos importantes, também diretamente e/ou indiretamente ligados aos sistemas de impermeabilização, conforme descrito a seguir.

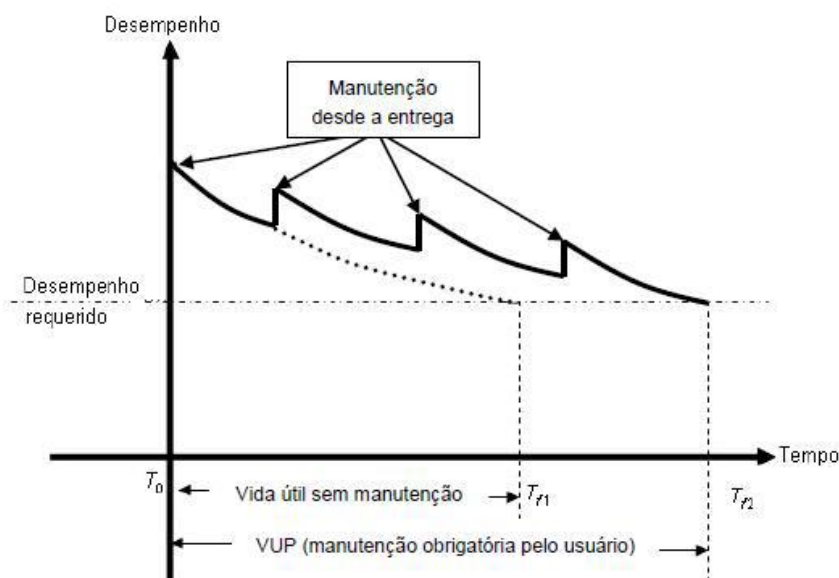
Durabilidade: é a capacidade de a edificação junto aos seus sistemas desempenhar suas funções ao longo do tempo, sob condições de uso e manutenção

especificados no Manual de Uso, Operação e manutenção (ABNT – NBR 15575, 2013).

Segundo Lima (2015), não existem materiais de construção “bons” ou “ruins”, mas sim materiais com características específicas que devem ser respeitadas no momento da aplicação. Com exceção de deficiências de fabricação, as falhas causadas por materiais normalmente ocorrem por especificação ou emprego inadequado de produto, quando não pela escolha de material com menor preço e incompatível com a situação de uso.

Manutenção: É o conjunto de atividades realizadas com objetivo de conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação bem como de seus sistemas constituintes a fim de atender às necessidades e segurança dos usuários (ABNT – NBR 15575, 2013). A norma relaciona ainda a vida útil dos sistemas diretamente com a manutenção, conforme representado na Figura 12.

Figura 10: Recuperação do desempenho por ações de manutenção



Fonte: ABNT - NBR 15575 – 1, 2013

Vida útil: é o período de tempo em que o edifício e seus sistemas se prestam às atividades para os quais foram projetados e construídos atendendo aos níveis de

desempenho previstos pela ABNT - NBR 15575 (2013) considerando a correta execução e periodicidade da manutenção especificada no Manual de Uso, Operação e manutenção. Vale ressaltar que a Vida Útil é diferente de prazo de garantia. O prazo de garantia pode ser legal (período previsto para reclamação dos defeitos verificados na compra do imóvel) ou contratual (pode ser igual ou superior ao prazo de garantia legal, oferecido voluntariamente pelo fornecedor na forma de certificado, termo de garantia ou contrato. Este prazo pode ser diferente para cada um dos componentes do produto (NBR 15575, 2013).

Vida útil de projeto: é o período estimado de tempo que o sistema é projetado de forma a atender aos requisitos de desempenho estabelecidos pela ABNT - NBR 15575 (2013), levando-se em consideração o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e correta execução de manutenção dentro dos períodos estabelecidos no Manual de Uso, Operação e Manutenção (NBR 15575, 2013). A VUP é uma estimativa que compõe a vida útil. Poderá se atingida ou não em função da eficiência e periodicidade dos processos de manutenção, cuidados na utilização do imóvel, alterações no clima ou entorno da obra (LIMA, 2015).

A NBR 15575 (2013) estabelece ainda níveis mínimo e superior de prazos de vida útil de projeto (VUP) dos sistemas. Na Tabela 4 é apresentado os prazos para sistemas de impermeabilização com base na manutenção:

Tabela 4: Vida útil de projeto

Parte da edificação	Exemplos	VUP (anos)	
		Mínimo	Superior
Piso externo	Pétreo, cimentados de concreto e cerâmico	≥ 13	≥ 20
Pintura	Pinturas internas e papel de parede	≥ 3	≥ 4
	Pintura de fachada, pinturas e revestimentos sintéticos texturizados	≥ 8	≥ 12
Impermeabilização manutenível sem quebra de revestimentos	Componentes de juntas e rejuntamentos, mata-juntas, sancas, golas, rodapés e demais componentes de arremates	≥ 4	≥ 6
Impermeabilização manutenível apenas com quebra de revestimentos	Impermeabilização de caixa d'água, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas não-utilizáveis, calhas e outros	≥ 8	≥ 12
	Impermeabilização de áreas internas, de piscinas, de áreas externas com pisos, de coberturas utilizáveis, rampas de garagem, etc	≥ 20	≥ 30
Esquadrias externas (fachada)	Janelas (componentes fixos e móveis), portas-balcão, gradis, grades de proteção, cobogós, brises, inclusos complementos de acabamentos como peitoris, soleiras, pingadeiras e ferragens de manobra e fechamento	≥ 20	≥ 30
Esquadrias internas	Portas e grades internas, janelas para áreas internas, boxes de banho	≥ 8	≥ 12
	Portas externas, portas corta-fogo, portas e gradis de proteção à espaços internos sujeitos a queda > 2m	≥ 13	≥ 20
	Complementos de esquadrias internas, como ferragens, fechaduras, trilhos, folhas mosquiteiras, alisares e demais complementos de arremates e guarnição	≥ 4	≥ 6

Fonte: ABNT – NBR 15575 ,2013

Desde a publicação da norma, tem havido grandes discussões, simpósios e dúvidas com relação à norma já que o texto apresenta nível de desempenho mínimo ao longo de uma vida útil para os elementos principais como estruturas, vedações, instalações elétricas e hidráulicas, pisos, fachadas e coberturas (PINI, 2013). A CBIC (2015) considera que a publicação da NBR 15575 (2013) foi um marco na construção habitacional brasileira firmando conceitos, explicitando responsabilidades e estabelecendo paradigmas da

qualidade como nenhum outro setor produtivo, até então, ousara propor. Acredita-se ainda que para os consumidores esta norma irá ao encontro do que procuram na hora de adquirir o imóvel, já que buscam conforto, estabilidade, vida útil adequada da edificação, segurança estrutural e contra incêndios (CBIC, 2013).

2.3.1. Ensaios

Para a especificação de um sistema de impermeabilização é necessário conhecer suas características técnicas, avaliar seu desempenho através de ensaios laboratoriais. Todo sistema de impermeabilização estará sujeito a esforços físicos e/ou químicos conforme à estrutura na qual será aplicado. Conhecendo-se os esforços da estrutura, é necessário verificar se o sistema de impermeabilização atende às solicitações. Isto pode ser avaliado através dos ensaios de desempenho e caracterização do sistema de impermeabilização (ARANTES, 2007).

2.3.1.1. Ensaios de desempenho

Segundo Arantes (2007) os ensaios mais comuns para verificação de desempenho de produtos impermeabilizantes são:

- a) **Ensaio de tração:** Avalia a resistência à tração e alongamento na ruptura do material. É executado com um dinamômetro com corpos de prova em formato retangular ou de borboleta;
- b) **Estanqueidade à água:** Avalia a resistência do material à pressão hidrostática. É feito com permeâmetro conforme DIN 1048 para sistemas de cristalização e conforme DIN 16935 para sistemas elásticos estruturados com armadura de reforço;
- c) **Absorção de água por imersão:** Avalia-se resistência do material à penetração de água;

- d) **Puncionamento estático:** Avalia-se resistência do material à cargas estáticas;
- e) **Puncionamento dinâmico:** Avalia-se a resistência do material à cargas dinâmicas;
- f) **Rasgamento:** Avalia-se a resistência do material ao rasgo;
- g) **Ensaio de fadiga:** Avalia-se a resistência de fadiga de um material através de dobramento da película em equipamento específico.
- h) **Envelhecimento acelerado:** Avalia-se o envelhecimento do material em um período de tempo. Pode ser feito em uma estufa simples com temperatura de 110 °C ou com maior sofisticação em equipamento específico de CUV (descrito na norma ASTM G53) e Whetaer-o-meter (descrito na norma ASTM D412). Este ensaio é feito em conjunto com outros como flexibilidade, fadiga, resistência à tração, alongamento, etc onde verifica-se o desempenho do material com base nestes parâmetros após o envelhecimento.
- i) **Aderência:** Avalia-se a aderência do material sobre o substrato através de ensaio de tração com dinamômetro.

2.3.1.2. Ensaio de desempenho

Conforme apresentado na Tabela 2 as mantas asfálticas são classificadas com base em suas resistências à tração e alongamento em tipo I, II, III e IV e com base na sua flexibilidade à baixa temperatura em tipo A, B e C.

Segundo a ABNT – NBR 9952(2014) previamente a execução dos ensaios, a amostra para confecção dos corpos-de-prova deve descansar durante 24 horas sobre uma superfície plana com temperatura ambiente de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $50 \pm 5\%$. A amostra antes de ser colocada nestas condições, deve ser avaliada visualmente verificando-se se a mesma não apresenta dobras ou outros danos que possam interferir no resultado. A amostra deve ainda

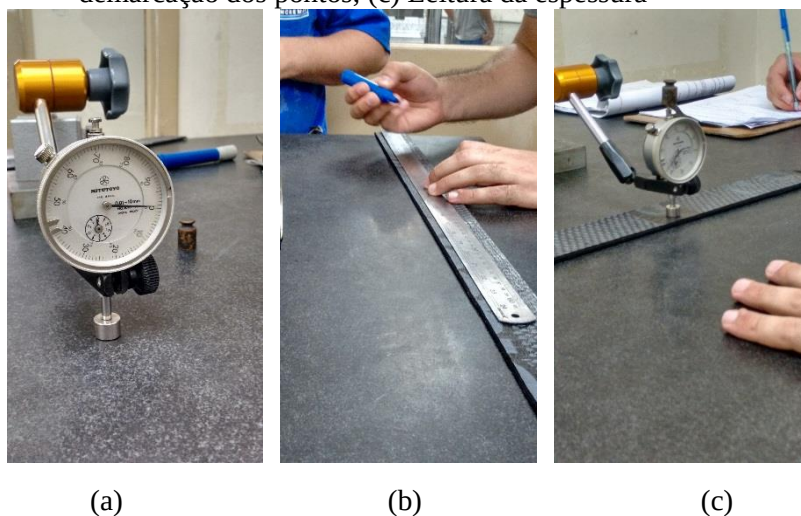
conter etiqueta de identificação do produto com o tipo e classe da manta asfáltica (ABNT, NBR 9952 – 2014). Os ensaios para classificação do tipo e classe de manta asfáltica são descritos a seguir conforme ABNT – NBR 9952 (2014):

a) Espessura:

Segundo a ABNT – NBR 9952 (2014) a espessura mínima para mantas que atendem a referida norma é de 3mm. O método para ensaio e aferição da espessura é feito de três maneiras conforme acabamento das faces da manta. O método A é utilizado para ensaio de mantas que possuem ambas as faces lisas, como as amostras utilizadas nesta pesquisa.

No método A a espessura pode ser aferida com um micrômetro ou um relógio comparador com resolução de 0,01mm munido de base para ensaio. Na base deve conter um prato circular com diâmetro de 10mm, e ser fixada em um suporte rígido que sirva de referência para zerar o instrumento. A seção circular deve exercer um peso de 0,02MPa sobre a amostra. Os corpos-de-prova são confeccionados em duas seções retangulares com dimensões de 50mm de largura, medidos no sentido longitudinal da bobina, e comprimento igual a largura da manta (1,00m). Para execução do ensaio, coloca-se o corpo-de-prova entre a base de referência e o micrômetro (previamente zerado) com temperatura ambiente e umidade relativa do ar controladas ($t=23\pm2$ °C e $UR=50\pm5\%$). Em seguida faz-se a leitura depois de 10 segundos. Deve ser feito a leitura da medida a cada 100mm, desconsiderando 50mm das extremidades mais estreitas obtendo-se no mínimo cinco leituras por amostra.

Figura 11: Ensaio espessura, conforme ABNT NBR 9952(2014): (a) Relógio comparador, (b) demarcação dos pontos; (c) Leitura da espessura

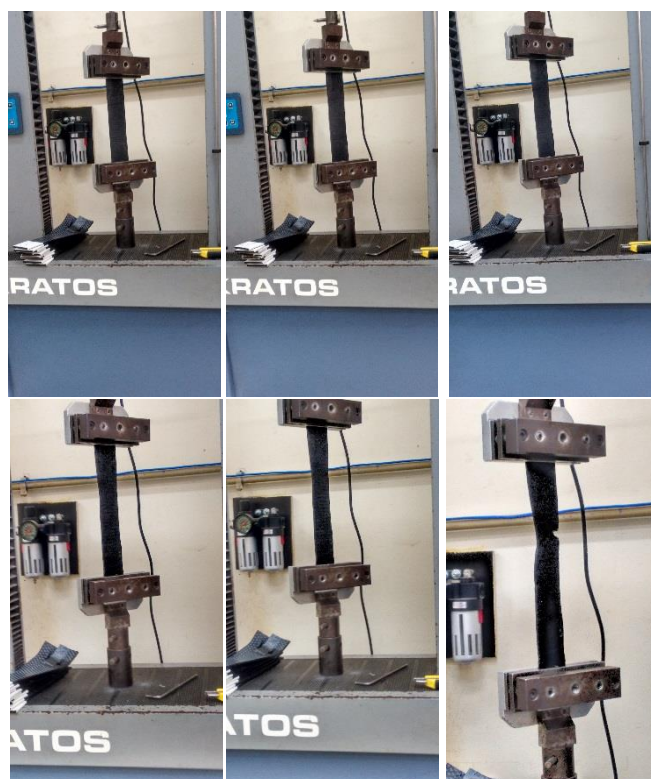


Fonte: Autores, 2016

b) Resistência à tração e alongamento (longitudinal e transversal):

Os corpos-de-prova são confeccionados em seção retangular com dimensões de 50mm x 300mm. Deve ser ensaiado número suficiente de amostra para obtenção de nove resultados válidos em cada direção (longitudinal e transversal). O ensaio é realizado em máquina de tração a motor provida de dinamômetro com precisão de carga de +1%. Os corpos-de-prova são retirados dos sentidos longitudinal e transversal da bobina.

Figura 12: Ensaio de tração e alongamento na ruptura – conforme ABNT NBR 9952 (2014)



Fonte: Autores, 2016

c) Absorção de água – Variação em massa:

Neste ensaio conforme o acabamento superficial da manta a ser ensaiada há uma metodologia de preparo e ensaio das amostras. Para mantas com acabamento superficial liso, como as amostras utilizadas nesta pesquisa, os corpos-de-prova são confeccionados em seção quadrada com dimensões de 100mm x 100mm. Para este ensaio, são preparados três corpos-de prova os quais são pesados em balança analítica com resolução de 0,001g. Após pesagem os corpos-de prova são imergidos num banho de água destilada com temperatura de $50 \pm 3^\circ\text{C}$ por cinco dias. Finalizado este período os corpos-de-prova são retirados do banho, secos com pano limpo e novamente pesados. A absorção é calculada subtraindo-se o peso do corpo-de-prova após imersão do peso inicial e expressa em porcentagem.

Figura 13: Ensaio de absorção – conforme ABNT NBR 9952 (2014)



Fonte: Autores, 2016

d) Flexibilidade à baixa temperatura:

Os corpos-de-prova são confeccionados em seções retangulares de 150 mm x 50mm sendo a medida de 150mm retirada da direção longitudinal da bobina. O ensaio é feito com um mandril cilíndrico com diâmetro de 25mm. O mandril e os corpos-de prova são condicionados em câmara frigorífica à temperatura correspondente à massa asfáltica, conforme apresentado no item 4 da Tabela 3, por pelo menos duas horas. Após este período, os corpos-de-prova e o mandril são retirados da câmara frigorífica e o corpo-de-prova é flexionado no mandril por um período de cinco segundos. Após o ensaio, pelo menos três dos quatro corpos-de-prova ensaiados não podem apresentar fissuras ou rompimento.

Figura 14: Mandril para ensaio de flexibilidade – conforme ABNT NBR 9952 (2014)



Fonte: Autores, 2016

e) Resistência ao impacto a 0°

Os corpos-de-prova são confeccionados em seções quadradas de 300mm x 300mm, sendo necessário confecção de 4 unidades. A ABNT – NBR 9952 (2014) recomenda que se possível o equipamento utilizado no ensaio e os corpos-de-prova sejam acondicionados em temperatura de $0\pm 2^{\circ}\text{C}$ por pelo menos duas horas. O ensaio consiste na queda de um dispositivo metálico com massa de 1,00 kg à altura especificada pela norma (conforme classificação da manta em tipo I, II, III ou IV) sobre a amostra, conforme apresentado na figura 16:

Figura 15: Dispositivo para ensaio de impacto, conforme ABNT NBR 9952 (2014)



Fonte: Autores, 2016

Para as mantas tipo I e tipo II a altura de queda deve ser de 0,25m e para as mantas tipo III e tipo IV de 0,50m (ABNT – NBR 9952,2014).

Após a queda, faz-se uma análise visual da amostra dando uma nota de 1 a 4, conforme apresentado na Tabela 5:

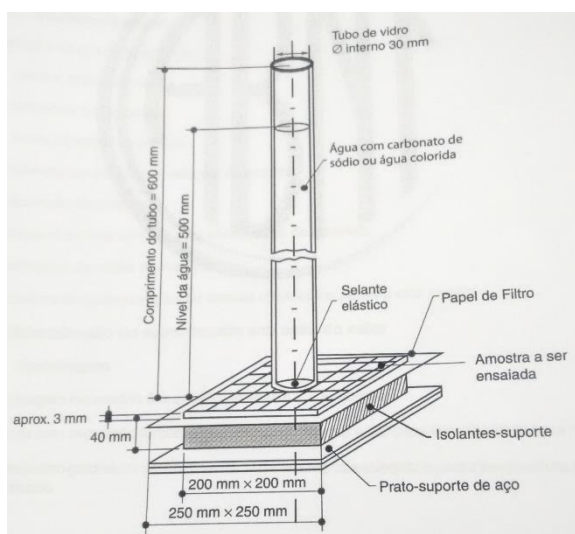
Tabela 5: Classificação de ensaio de impacto

NOTA	CLASSIFICAÇÃO
1	Perfuração da manta facilmente visível
2	Perfuração possível da manta, mas não visível a olho nu
3	Leve marca na manta, porém sem apresentar perfuração
4	Nenhuma perfuração e nenhuma marca

Fonte: ABNT – NBR 9952 ,2014

Para a amostra ser aprovada, pelo menos três dos quatro corpos de provas devem obter nota 4 e nenhum deles pode obter nota 1. Caso um dos corpos-de-prova obtenha nota 1, a amostra deve ser reprovada. Para os corpos-de-prova que obterem notas 2 e 3, a ABNT – NBR 9952 (2014) estabelece que deve ser feito ensaio de estanqueidade conforme apresentado na Figura 17

Figura 16: Equipamento para verificação da estanqueidade à água após ensaio de impacto



Fonte: ABNT NBR 9952, 2014

O corpo-de-prova, com nota 2 ou 3 no ensaio de impacto, deve ser inserido sobre o papel filtro previamente impregnado com fenolftaleína. Sobre a região solicitada no ensaio de impacto deve ser fixado um tubo de vidro com comprimento de 600mm. Entre a extremidade do tubo e o corpo-de-

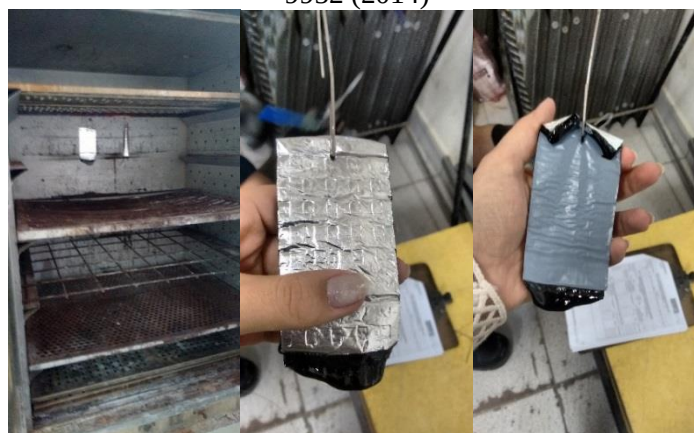
prova deve ser aplicado um selante de forma a vedar qualquer passagem da água entre tubo de vidro e corpo-de-prova. No tubo deve ser adicionado água contendo 5% de Na_2CO_3 até altura de 500mm, como apresentado na Figura 18. O tubo deve ser deixado nessa posição por 16 horas. Após este período, o papel filtro é examinado a fim de se constatar qualquer evidência de vazamento – como a solução contida no tubo é alcalina, se houver qualquer contato da solução com o papel filtro, a superfície apresentará uma coloração rosa. Caso não seja constatado vazamento em pelo menos três corpos-de-prova ensaiados, a amostra da manta asfáltica deve ser aprovada.

f) Escorrimento

Os corpos-de-prova devem ser confeccionados em seções retangulares de 100mm x 50mm, sendo necessário para este ensaio confecção de duas unidades. Os corpos-de-prova são colocados em estufa suspensos verticalmente pela menor dimensão com temperatura de 95°C por duas horas. Após este período os corpos-de-prova são retirados da estufa e deixados em repouso na posição horizontal para resfriar até atingir temperatura ambiente. Posteriormente os corpos-de-prova são avaliados visualmente observando-se se houve deslocamento de massa asfáltica ou pontos com acúmulo de material betuminoso na forma de gotas ou semicírculos.

Figura 17 Ensaio de escorrimento:

(a) Execução de ensaio; (b) e (c) análise de amostras após o ensaio— conforme ABNT NBR 9952 (2014)



(a)

(b)

(c)

Fonte: Autores, 2016

g) Estabilidade dimensional

Os corpos-de-prova são confeccionados em seções retangulares com dimensão de 400mmx50mm sendo retirados cinco corpos-de-prova da direção longitudinal e cinco da direção transversal. O ensaio consiste basicamente na medida da variação permanente da dimensão do corpo-de-prova livremente apoiado sobre um plano, logo após um ciclo de aquecimento. Em uma das extremidades do corpo-de-prova, na linha media, é fixada uma porca e na outra uma folha metálica de modo que a distância entre a porca e a folha seja de 350mm. Os corpos-de-prova são em placas de vidro previamente revestidas com pó ou outro material antiaderente para servir de material separador. Os corpos-de-prova são acondicionados nestas condições a temperatura e umidade relativa do ar controladas ($t=23\pm2^{\circ}\text{C}$; $\text{UR}=50\pm5\%$) por no mínimo 4 horas. Com uma haste rígida munida de esfera de aço (para apoio sobre a porca) e agulha com ponta incidente é traçado um arco de circunferência sobre a folha metálica de forma a marcar o ponto inicial. Em seguida os corpos-de-prova, sobre a placa de vidro, são colocados em estufa com temperatura de $80\pm2^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. Após as 72 horas em estufa, os corpos-de-prova são colocados novamente por 4 horas em temperatura e umidade relativa controladas

($t=23\pm 2^{\circ}\text{C}$; $UR=50\pm 5\%$) e após este período é traçado novo arco sobre a folha metálica com a haste e agulha. Com um micrômetro óptico é medida a distância entre os dois arcos.

Figura 18: Estabilidade dimensional, conforme ABNT NBR 9952 (2014):

(a) Demarcação do ponto inicial; (b) e (c) micrômetro óptico



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autores, 2016

h) Envelhecimento acelerado

Os corpos-de-prova são confeccionados em seções retangulares de 50mm x 150mm, sendo a dimensão de 150mm retirada da direção longitudinal da bobina. Para o ensaio são preparados cinco corpos-de-prova. Eles são colocados na posição horizontal sobre papel siliconado com a face de aderência da manta voltada para baixo. Em seguida são colocados em estufa, com temperatura de $80 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por período de quatro semanas. Após este período, os corpos-de-prova são retirados e colocados em repouso por duas horas em temperatura ambiente de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Figura 19: Amostras em ensaio de envelhecimento – conforme ABNT NBR 9952 (2014)



Fonte: Autores, 2016

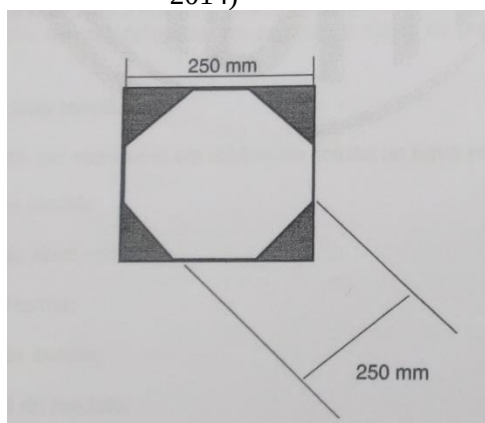
i) Flexibilidade após envelhecimento acelerado

Após ensaio de envelhecimento é feito novamente o ensaio de flexibilidade à baixa temperatura, conforme descrito no item d, para verificar se após o envelhecimento acelerado as amostras mantêm as mesmas características de flexibilidade.

j) Estanqueidade à água:

O corpo-de-prova é confeccionado em seção quadrada de 250mm x 250mm, devendo-se chanfrar as extremidades de forma que o corpo-de-prova tenha o formato final próximo a um polígono de oito lados, conforme Figura 21.

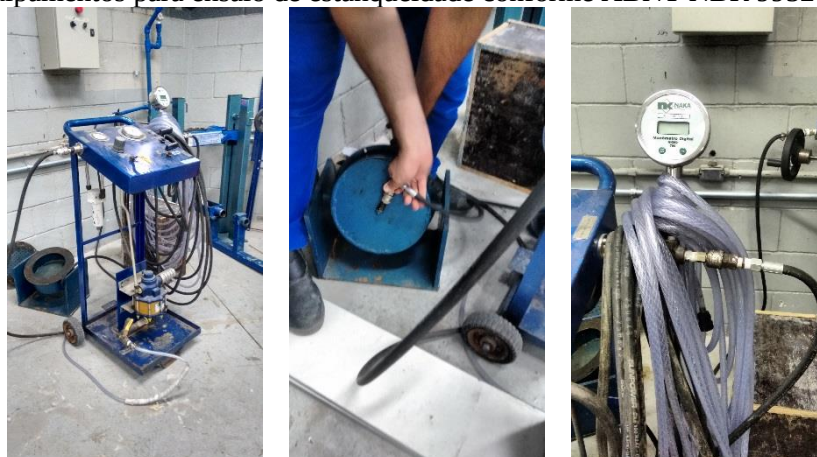
Figura 20: Geometria de corpo-de-prova para ensaio de estanqueidade (ABNT NBR 9952, 2014)



Fonte: ABNT NBR 9952, 2014

Para execução do ensaio é utilizado um conjunto contendo equipamento para fixação da manta, conector para entrada de água e permeâmetro para saída de água e controle de pressão, conforme apresentado na Figura 22

Figura 21: Equipamentos para ensaio de estanqueidade conforme ABNT NBR 9952 (2014)



Fonte: Autores, 2016

O corpo-de-prova deve ser fixado por meio de parafusos no equipamento de ensaio. A ABNT NBR 9952 (2014) sugere colocar o papel feltro de forma a identificar facilmente qualquer evidência de vazamento.

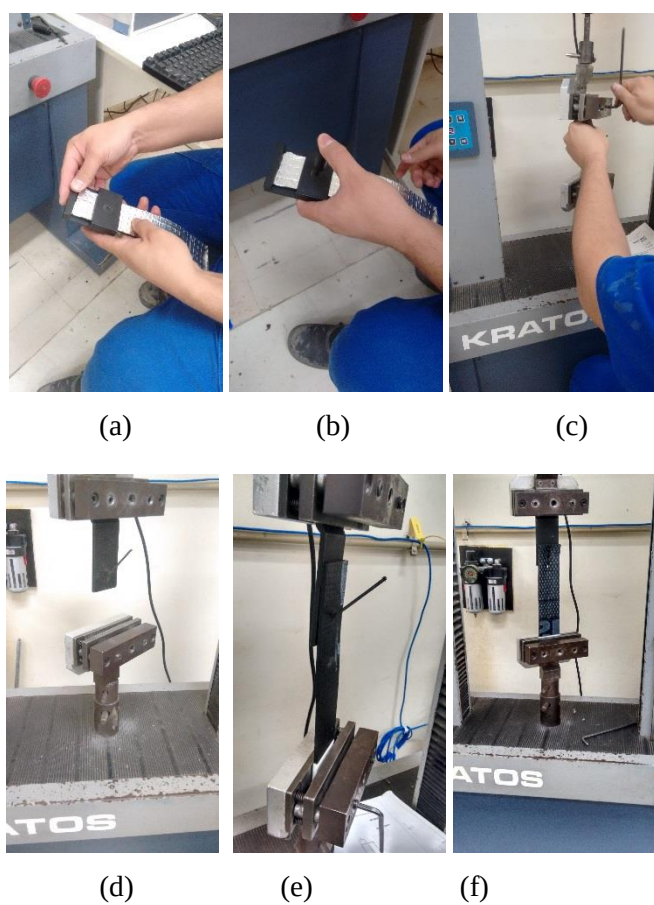
Após fixação do corpo-de-prova, o equipamento deve ser girado em 180° e fixado nesta posição para execução do ensaio. Por meio de fonte reguladora de pressão, inicia-se o ensaio com pressão de 0,5bar (5m.c.a). Esta pressão é mantida por 60 minutos. Após este período, a pressão é ajustada de em 1bar (1m.c.a.) e mantida por mais 60 minutos. Em seguida, a pressão é ajustada para 0,5bar (5m.c.a.) a cada 30 minutos até atingir a pressão máxima da manta (conforme classificação ABNT – NBR 9952, 2014) ou apresentar vazamento.

k) Resistência ao rasgo:

Os corpos-de-prova devem ser confeccionados em seções retangulares com dimensões de 50mm x 250mm sendo retirados cinco unidades na direção longitudinal e cinco na direção transversal. Com auxílio de dispositivo para

perfuração e gabarito, o corpo-de prova é perfurado em uma das extremidades. Em seguida com o dispositivo para ensaio de resistência ao rasgo, o corpo-de-prova é fixado na garra superior do equipamento. O corpo-de-prova é tracionado até o rasgamento medindo-se a tensão no rasgo.

Figura 22: Resistência ao rasgo conforme ABNT NBR 9952 (2014):
(a) e (b) Perfuração do corpo-de-prova com gabarito; (c) e (d) Fixação de dispositivo para ensaio; (e) e (f) Ensaio em execução



Fonte: Autores, 2016

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo será descrito detalhadamente o programa experimental que teve por objetivo fazer um estudo comparativo entre sistema de manta asfáltica aderido à maçarico e sistema de manta asfáltica autoadesivo.

O programa consistiu na confecção de protótipos que simulam o sistema completo de impermeabilização (base, regularização, primer e manta). A base utilizada foi de placa de substrato-padrão, confeccionadas pelo laboratório LA Falcão Bauer conforme ABNT - NBR 14082 (2004). As placas foram regularizadas com argamassa de cimento e areia no traço em volume de 1 : 3 (cimento: areia) sobre chapisco vassourado aditivado com adesivo polimérico.

Os sistemas de manta foram aplicados sobre a regularização com primer asfáltico base água e primer asfáltico base solvente em 48 placas.

As placas tiveram variação de umidade superficial na regularização. Para isto, os sistemas foram aplicados com idades da regularização de 1, 2, 3 e 7 dias respectivamente. Além disso, os sistemas foram aplicados também em placas saturadas (100% de umidade) e em placas totalmente secas (0% de umidade). As placas foram submetidas à ensaio de estanqueidade e posteriormente de aderência dos sistemas.

Alguns parâmetros foram considerados constantes durante o estudo de forma a padronizar a superfície e também a aplicação dos sistemas. Os parâmetros considerados constantes foram:

- a) Tipo de substrato: substrato padrão conforme ABNT NBR 14082 (2004);
- b) Argamassa de regularização: composição, processo de produção e forma de lançamento;
- c) Aplicação dos sistemas: Todos os sistemas foram aplicados no mesmo ambiente, mas mesmas condições de temperatura e umidade e pelo mesmo operário respeitando-se recomendações de aplicação do fabricante.

Para o ensaio de estanqueidade os parâmetros constantes foram:

- a) Metodologia e material de vedação das placas: Todas foram vedadas com manta asfáltica e asfalto aquecido pelo mesmo operário;
- b) Altura da lâmina d'água : foi utilizado uma altura de 5cm para a lâmina e um tubo com altura de 1,00m e diâmetro de 100mm para os testes em placas com aumento na pressão na emenda;
- c) Tempo de exposição: o teste foi mantido pelo período de 20 dias para as placas testadas como a lâmina e pelo período de 10 dias para as placas testadas com a lâmina e aumento de pressão na emenda.

Já para o ensaio de determinação de resistência de aderência à tração, os parâmetros constantes foram:

- a) Procedimento de corte dos sistemas – serra-copo de bancada com baixa rotação (200rpm) com diâmetro de 60mm;
- b) Tipo de adesivo: à base de epóxi de alta viscosidade;
- c) Pastilhas: Pastilha metálica circular com diâmetro de 50mm;
- d) Equipamento: Dinamômetro de tração da marca SOLOTEST com capacidade de carga 5000N

Quanto aos sistemas foram consideradas as variáveis:

- a) Manta asfáltica: Foi utilizado em um sistema manta asfáltica para aplicação à quente com maçarico e no outro manta asfáltica para aplicação à frio – autoadesiva;
- b) Primer: Foi utilizado para ambos os sistemas como primer emulsão asfáltica e solução asfáltica;
- c) Umidade superficial: Para ambos os sistemas a aplicação foi feita sobre regularização com idade de 1, 2, 3 e 7 dias bem como regularização 100% saturada e 100% seca.

3.1. MATERIAIS

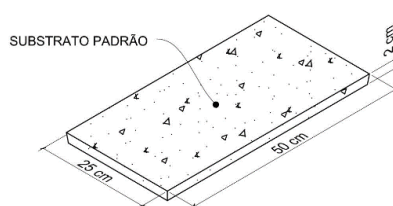
A seguir são descritos os materiais utilizados.

3.1.1. Substrato

O substrato utilizado como base foram placas de substrato padrão, moldadas pelo laboratório LA Falcão Bauer, conforme parâmetros da ABNT –

NBR 14 082 (2004). As placas são armadas com dimensões de 25cm x 50 cm x 2cm e com cura mínima de 28 dias, conforme figura 24:

Figura 23: Substrato padrão



Fonte: Autores. 2016

3.1.2. Argamassa

A argamassa utilizada para regularização foi de consistência seca, executada no traço em volume de 1: 3 (cimento: areia média) conforme recomendado pelo fabricante dos sistemas. A relação água/cimento adotada foi de 0,35. A argamassa de regularização foi aplicada sobre composto adesivo no traço em volume de 1:3 (cimento:areia) aditivado com adesivo polimérico com diluição 2:1 (água:adesivo). Os materiais utilizados na produção da argamassa e composto adesivo foram cimento CP III E 32, areia média seca e adesivo à base de copolímero de Poliacetato de Vinila (PVA). Foi adotado espessura de 2cm da regularização, conforme recomendação do fabricante do sistema de impermeabilização.

Figura 24 Materiais argamassa regularização:
(a);(b) Cimento e areia; (c) Adesivo polimérico



(a)

(b)

(c)

Fonte: Autores, 2016

3.1.3. Primer

Como imprimação dos sistemas foram utilizados, para efeito de estudo comparativo, emulsão asfáltica e solução asfáltica. O consumo adotado foi de 0,400L/m² aplicado em uma única demão, conforme recomendação do fabricante.

Figura 25: Primers:
(a) Emulsão asfáltica; (b) Solução asfáltica



(a)

(b)

Fonte: Autores, 2016

3.1.4. Mantas asfálticas

Para confecção dos protótipos foram utilizados sistemas com manta asfáltica aderida à maçarico e autoadesiva, conforme descrito abaixo:

Manta asfáltica PP: Manta asfáltica estruturada com não-tecido de poliéster, classificação tipo II, asfalto C e espessura de 4mm, conforme classificação ABNT – NBR 9952 (2014).

Manta asfáltica autoadesiva PP: Manta asfáltica produzida a partir de modificação física do asfalto com mescla de polímeros especiais e na face inferior alto teor de elastômeros que proporciona aderência ao substrato de aplicação. É

estruturada com não-tecido de poliéster, classificação tipo II, asfalto C e espessura de 4mm, conforme classificação ABNT – NBR 9952 (2014).

As informações de classificação das mantas conforme ABNT – NBR 9952 (2014) foram obtidas com o fabricante e confirmadas através de ensaios de caracterização realizados pelo laboratório CONCREMAT, conforme apresentado no ANEXO 7.

Figura 26: Mantas asfálticas:
(a) Autoadesiva; (b) Aderida à maçarico



(a)

(b)

Fonte: Autores, 2016

3.1.5. Adesivo epóxi

O adesivo utilizado para colagem das pastilhas no ensaio determinação de resistência de aderência à tração foi adesivo estrutural de alta viscosidade à base de resina epóxi, conforme recomendação da ABNT – NBR 13528 (2010).

Figura 27: Adesivo epóxi de alta viscosidade



Fonte: Autores, 2016

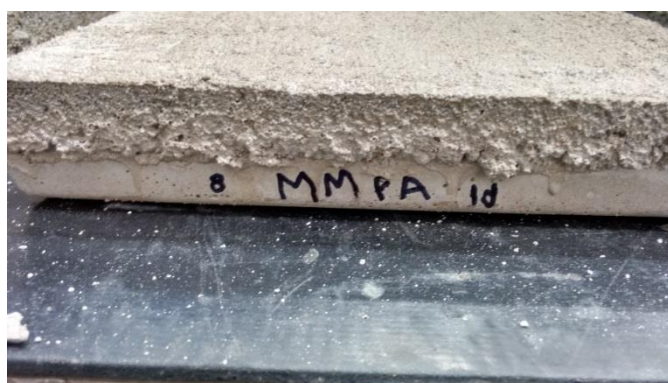
3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seguir são apresentados detalhadamente os procedimentos metodológicos do programa experimental.

3.2.1. Identificação das placas

Para realização do estudo comparativo foram utilizadas 48 placas. Aplicou-se sistema de manta asfáltica aderido à maçarico em 24 placas, sendo 12 placas com emulsão asfáltica como primer e 12 com solução asfáltica como primer nas respectivas idades. Da mesma forma, foi aplicado sistema de manta asfáltica autoadesivo nas 24 placas restantes sendo 12 placas com emulsão asfáltica como e 12 com solução asfáltica como primer nas respectivas idades. Para cada idade foram utilizadas duas placas. Para identificação das amostras foram utilizados números e siglas. Os números foram utilizados em ordem crescente sendo de 1 a 12 sistema de manta aplicada à maçarico e de 13 a 24 sistemas de manta autoadesivo. As siglas utilizadas foram MM para “Manta aplicada à Maçarico”, MA para “Manta autoadesiva”, PS para “Primer asfáltico base solvente” (solução) e PA para “Primer asfáltico base água” (emulsão) seguida da respectiva idade da regularização. Desta forma, por exemplo, para uma amostra de sistema de manta asfáltica aplicada à maçarico com primer água adotou-se a sigla “MMPA”, conforme apresentado na figura 28. A identificação de todas as placas é apresentada no Apêndice, tabela 7A.

Figura 28: Identificação das placas



Fonte: Autores, 2016

3.2.2. Preparo da argamassa de regularização e composto adesivo

A argamassa de regularização das placas foi preparada em misturador mecânico de eixo inclinado (betoneira) pré-umedecido com capacidade de 400 litros, sendo cada mistura efetuada com 40 litros de cimento, 120 litros de areia e 14 litros de água com tempo de mistura entre 10 e 15 minutos, conforme apresentado na Figura 29:

Figura 29 Dosagem argamassa:
(a)cimento; (b) areia; (c) mistura em betoneira



(a)

(b)

(c)

Fonte: Autores, 2016

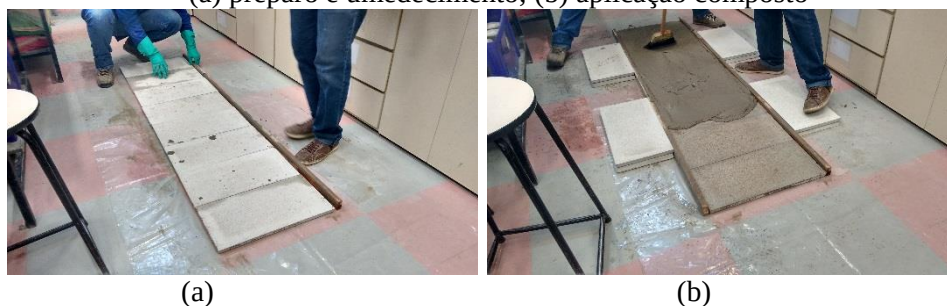
A argamassa de regularização foi elaborada na proporção 1:3 (cimento: areia) com consistência “seca” e espessura de 2cm, conforme recomendação do fabricante dos sistemas de manta asfáltica.

O composto adesivo foi elaborado no traço 1: 3 (cimento e areia), aditivado com adesivo polimérico na proporção 2:1 (água:adesivo).

3.2.3. Aplicação da argamassa de regularização e composto adesivo

Para aplicação da argamassa de regularização as placas foram previamente limpas e umedecidas. Aguardou-se a secagem superficial das placas (perda do brilho da superfície) e aplicou-se o composto adesivo de forma “vassourada”, conforme apresentado na Figura 30

Figura 30 Composto adesivo:
(a) preparo e umedecimento; (b) aplicação composto



Fonte: Autores, 2016

Após aplicação do composto, aplicou-se e compactou-se a argamassa de regularização sobre as placas obedecendo-se a espessura de 2cm. A espessura foi controlada através de taliscas previamente instaladas e o acabamento foi sarrafeado.

Figura 31: Argamassa de regularização



Fonte: Autores, 2016

3.2.4. Umidade superficial

Para controle da umidade superficial em cada idade, foi feito regularização de uma placa de referência com composto adesivo e argamassa de regularização com a mesma composição das placas de amostra. A placa referência foi armazenada nas mesmas condições das placas utilizadas como amostras.

Para as placas saturadas (100% umidade), após 24 horas de cura da regularização, as placas foram imersas em tanque com água e deixadas por 48 horas.

Figura 32: Placas imersas em tanque com água



Fonte: Autores, 2016

Para obter as placas secas (0% de umidade), após 24 horas de cura da regularização, foram colocadas em estufa com temperatura a 80 °C por 24 horas

Figura 33: Placas em estufa



Fonte: Autores, 2016

Antes da aplicação do primer nas placas de idade de 1, 2, 3 e 7 dias, a umidade superficial foi aferida pela placa de referência. O processo foi feito através de pesagem de uma amostra da placa de referência úmida e posteriormente pesagem da mesma amostra seca.

Figura 34: Placa referência para aferição da umidade



Fonte: Autores, 2016

A secagem da amostra foi feita através de estufa em temperatura 100°C por período de 8 horas. Com a massa úmida e seca da amostra, a umidade superficial das placas nas respectivas idades foi obtida através da equação 1 apresentada a seguir:

$$W = \left[\frac{P_{sat} - P_{sec}}{P_{sec}} \right] * 100 \quad (1)$$

Onde:

W= umidade superficial (%);

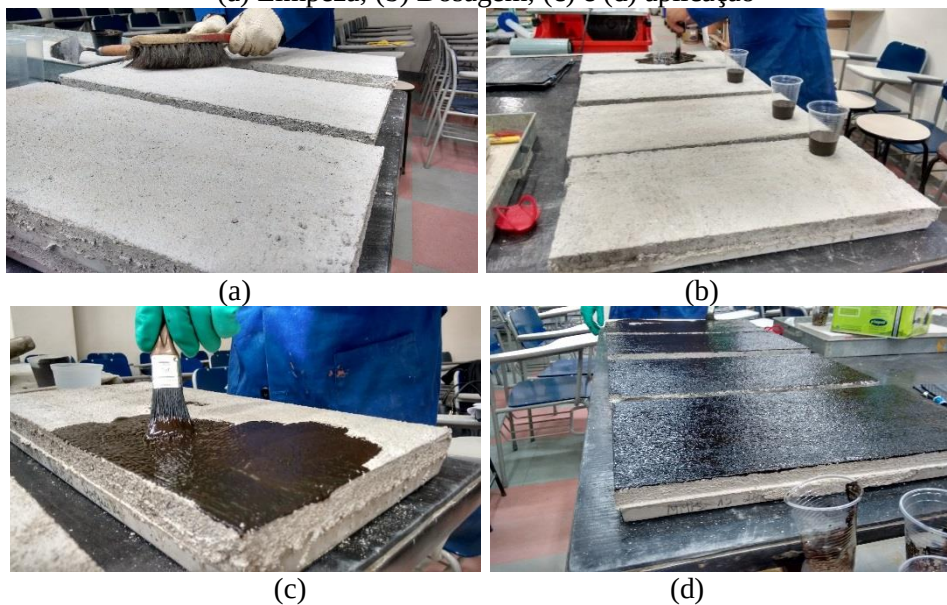
P_{sat} = Peso da amostra com umidade (g)

P_{sec} = Peso da amostra após secagem em estufa (g)

3.2.5. Aplicação do primer

A aplicação do primer foi feita nas respectivas idades de 1, 2, 3 e 7 dias, após aferição da umidade, respeitando-se o consumo recomendado pelo fabricante. O consumo indicado que é de 0,400L/m², aplicado numa única demão, conforme apresentado Figura 35

Figura 35 Aplicação do primer:
(a) Limpeza; (b) Dosagem; (c) e (d) aplicação



Fonte: Autores, 2016

Para as placas saturadas (100% umidade), retirou-se as placas do tanque e aguardou-se secagem superficial para posterior aplicação do primer no consumo recomendado, conforme apresentado na Figura 36

Figura 36: Secagem superficial das placas saturadas



Fonte: Autores, 2016

Nota-se durante a aplicação, que o primer base água tem maior dificuldade para penetração no substrato saturado do que o primer base solvente.

Figura 37: Primer nas placas saturadas:
(a) Primer base água; (b) Primer base solvente



(a)



(b)

Fonte: Autores, 2016

Nas placas secas (0% umidade), após retira da estufa, aguardou-se o resfriamento da superfície para posterior aplicação do primer no consumo recomendado, conforme apresentado na Figura 38

Figura 38 Primer nas placas secas:
(a) Dosagem; (b) Aplicação



(a)



(b)

Fonte: Autores, 2016

Conforme recomendação do fabricante, aguardou-se o período mínimo de 6 horas para posterior aplicação dos sistemas de manta asfáltica.

3.2.6. Aplicação mantas asfálticas

A seguir é apresentado a metodologia utilizada para aplicação dos sistemas de manta asfáltica aderida à maçarico e autoadesiva. As mantas foram cortadas em seções de 25 x 30 cm de forma a se obter nas amostras uma sobreposição de 10cm no centro da placa, conforme apresentado na Figura 39:

Figura 39: Demarcação e corte das mantas



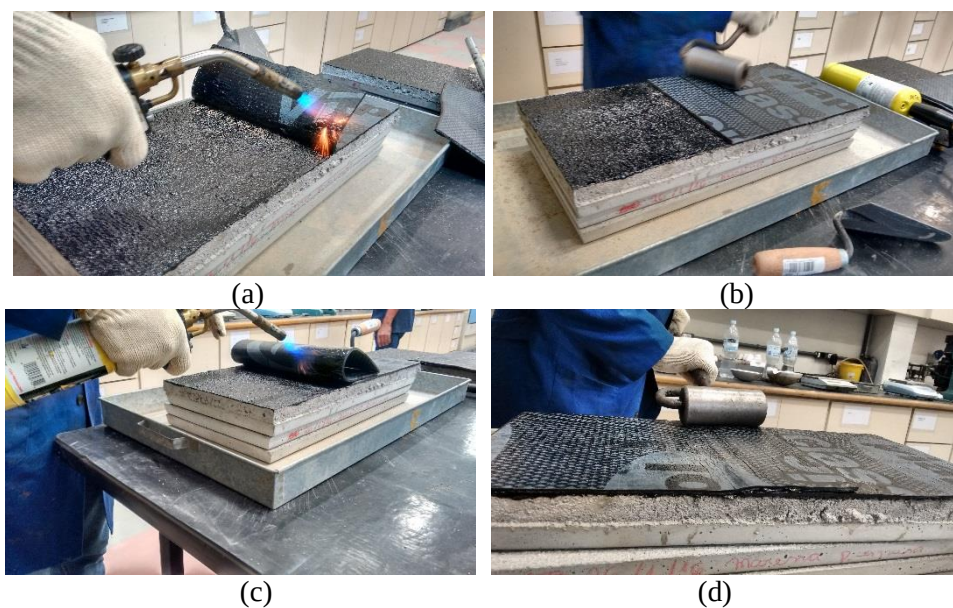
Fonte: Autores, 2016

3.2.6.1. Manta asfáltica aderida à maçarico

Conforme recomendação do fabricante, para aplicação da manta aderida com maçarico foi utilizado um maçarico pequeno à gás GLP.

Com o auxílio da chama do maçarico aqueceu-se simultaneamente a superfície imprimada e a face inferior da manta observando-se o “encolhimento” do filme de polietileno para aderência adequada entre manta e primer. Em seguida foi feita a remoção do ar através de rolete metálico.

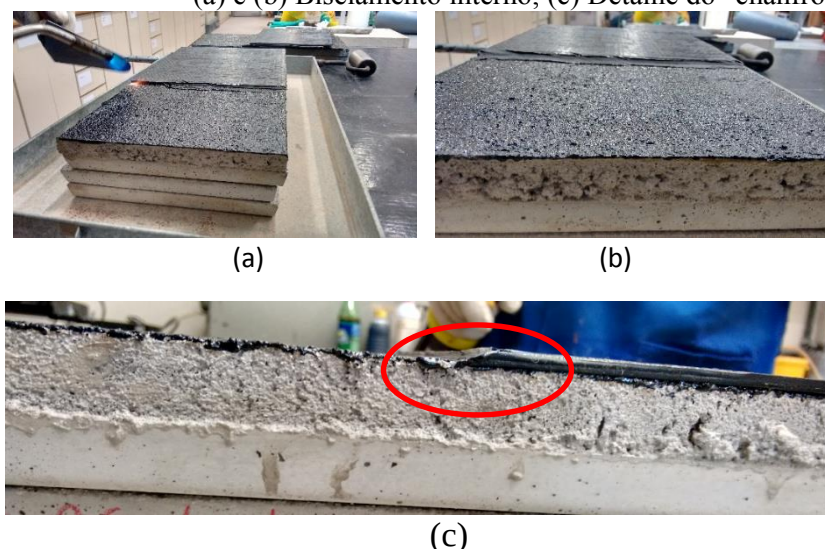
Figura 40 Colagem manta maçarico:
(a) e (c) Aquecimento; (b) e (d) Remoção do ar



Fonte: Autores, 2016

Conforme recomendação da ABNT – NBR 9952 (2014) e do fabricante, na emenda foi feito sobreposição de 10cm e “biselamento” da manta. O processo de biselamento foi feito através do aquecimento simultâneo da manta e colher de pedreiro, deslizando-se a face inferior da colher sobre a manta de forma a obter um “chanfro” de aproximadamente 45° na superfície da manta, conforme apresentado na Figura 41:

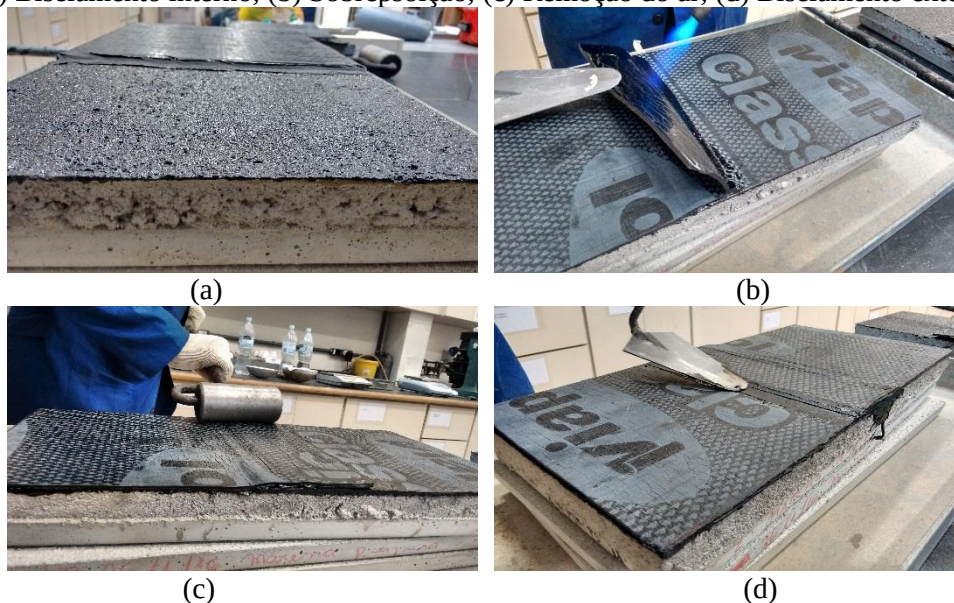
Figura 41 Biselamento:
(a) e (b) Biselamento interno; (c) Detalhe do “chanfro”



Fonte: Autores, 2016

Para o estudo, o biselamento na emenda foi feito interno e externo conforme apresentado na Figura 42

Figura 42 Execução Biselamento:
(a) Biselamento interno; (b) Sobreposição; (c) Remoção do ar; (d) Biselamento externo



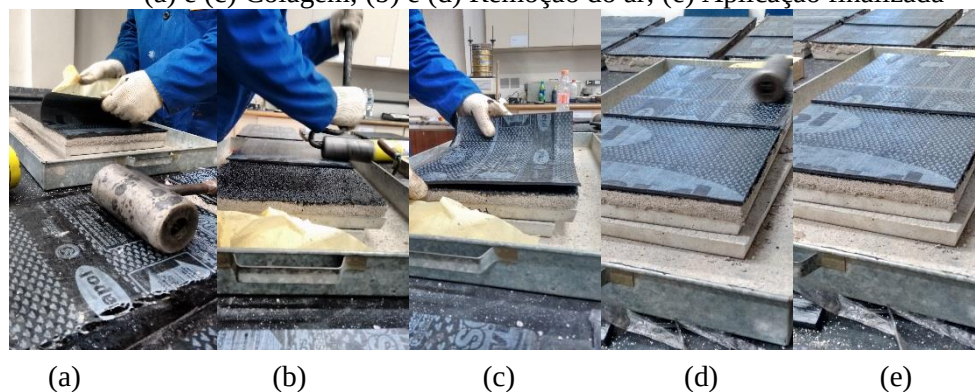
Fonte: Autores, 2016

3.2.6.2. Manta asfáltica autoadesiva

Conforme recomendação do fabricante, a manta autoadesiva foi aplicada a frio. Removeu-se o filme siliconado e colou-se a manta sobre a placa previamente imprimada fazendo-se forte pressão com as mãos e posteriormente com o rolo metálico de forma a remover o ar.

O filme foi removido primeiramente da primeira metade da manta e após colagem e remoção do ar da primeira metade, procedeu-se a colagem da segunda metade, conforme recomendação do fabricante.

Figura 43 Manta autoadesiva:
(a) e (c) Colagem; (b) e (d) Remoção do ar; (e) Aplicação finalizada



Fonte: Autores, 2016

Na emenda foi feito sobreposição de 10 cm e forte pressão com rolete, dispensando-se o biselamento, conforme orientação do fabricante.

Figura 44: Sobreposição



Fonte: Autores, 2016

3.3. ENSAIOS

A seguir é descrito detalhadamente a execução dos ensaios.

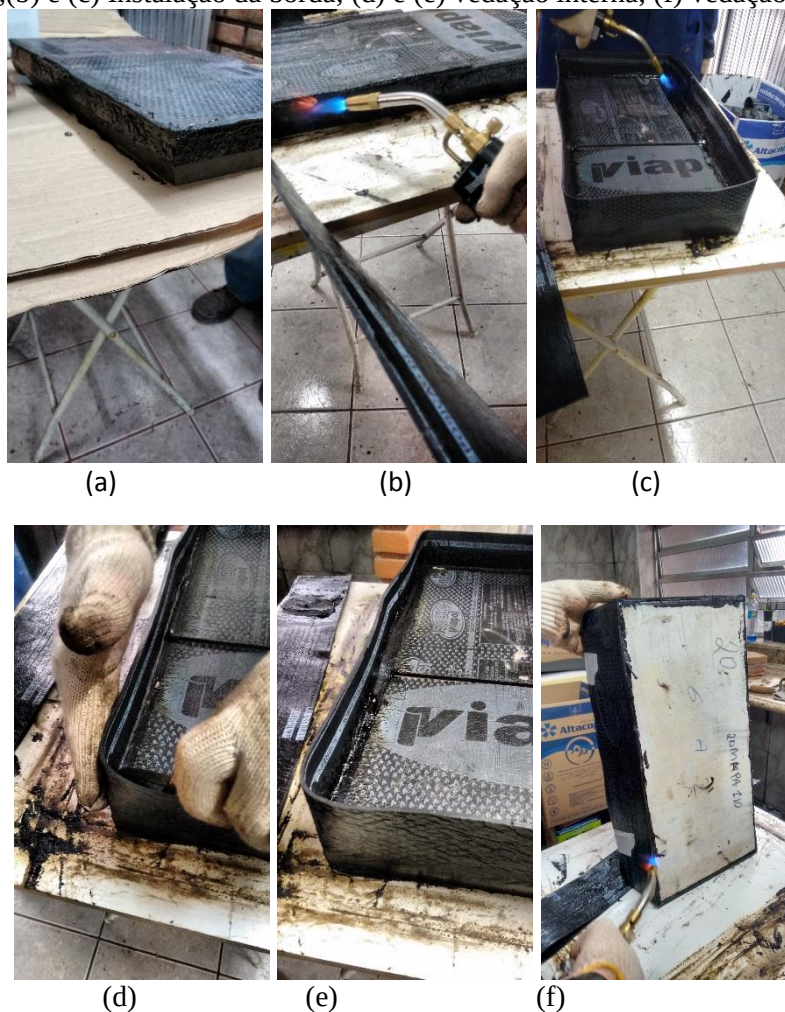
3.3.1. Estanqueidade

O ensaio de estanqueidade foi feito através da lâmina d'água, conforme recomendado pela ABNT – NBR 9574 (2008). A norma recomenda um período mínimo de 72 horas para testes em campo. Para efeito do estudo comparativo dos

sistemas, o teste foi executado por 20 dias nas placas testadas com lâmina e por 10 dias nas placas testadas com lâmina e aumento de pressão na emenda.

Para execução do ensaio, instalou-se uma borda com manta asfáltica em todo o perímetro das placas para criar sustentação e impedir escoamento da água pelas laterais. Também vedou-se todas as junções entre a placa e a borda com asfalto aquecido.

Figura 45 Preparo para ensaio de estanqueidade:
(a),(b) e (c) Instalação da borda; (d) e (e) vedação interna; (f) vedação externa



Fonte: Autores, 2016

As placas foram suspensas de forma a facilitar a inspeção diária e a lâmina de água adotada foi de 5cm.

Foi inserido na água um pigmento de papel azul para coloração da água. Caso houvesse algum vazamento não identificado na inspeção a placa ficaria

manchada. Foi colocado também um pouco de cimento de forma a alterar o pH da água evitando assim proliferação de insetos.

Figura 46 Teste de estanqueidade:
(a) Pigmento na água; (b) Placas suspensas



(a)

(b)

Fonte: Autores, 2016

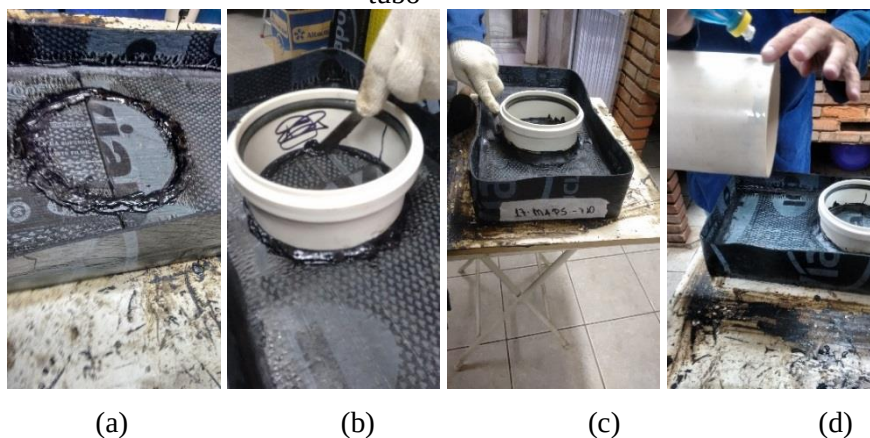
Considerando que a sobreposição das emendas é o ponto mais crítico para ambos os sistemas selecionou-se duas placas, sendo uma de cada sistema com primer solvente, para aumento da pressão na emenda.

As placas selecionadas foram placas com idade de 7 dias da regularização, visto que é idade mínima recomendada pela ABNT – NBR 9574 (2008) para aplicação de sistemas asfálticos.

O processo foi feito através da fixação de tubo de PVC de esgoto com diâmetro de 150mm e com altura de 1,00m nas duas placas. Para fixação do tubo, foi instalado inicialmente uma luva de esgoto de PVC com anel de vedação e diâmetro de 150mm, devidamente vedada e fixada com asfalto aquecido na face interna e externa. Após instalação e vedação da luva, aplicou-se detergente neutro no tubo para conexão com a luva.

Figura 47 Instalação do tubo para aumento de pressão:

(a) Fixação da luva (b) vedação interna da luva; (c) Vedação externa da luva; (d) Fixação do tubo

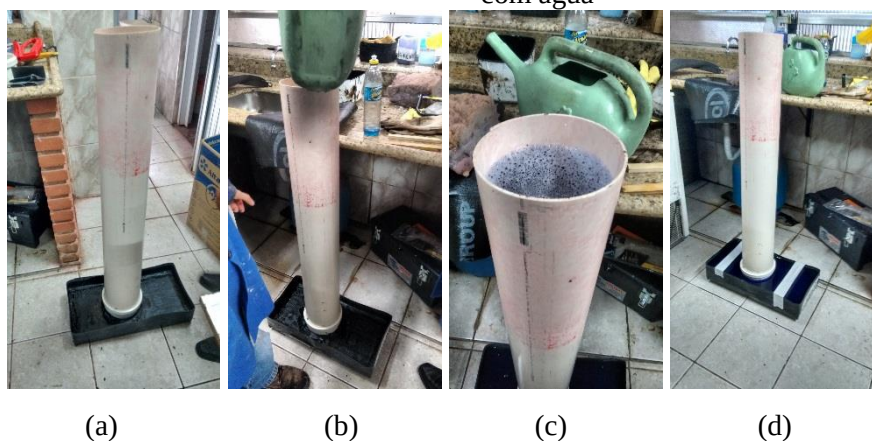


Fonte: Autores, 2016

Instalado o tubo, colocou-se água de forma a preencher todo o volume do tubo verificando se havia vazamento na base da luva. Após confirmação da vedação, colocou-se água também na placa fora do tubo conforme apresentado na Figura 48

Figura 48 Instalação do tubo em emenda:

(a) Fixação; (b) e (c) Preenchimento com água; (d) Preenchimento total com água



Fonte: Autores, 2016

O tubo com altura de 1,00m e diâmetro de 150mm exerceu uma carga aproximada de 18kgf na emenda.

Figura 49 Placas em teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda:
(a) Manta aderida à maçarico com primer solvente; (b) manta autoadesiva com primer solvente



(a)

(b)

Fonte: Autores, 2016

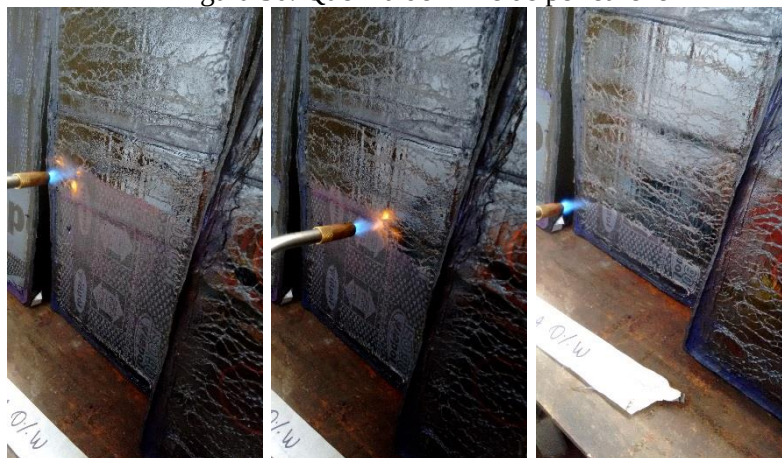
O teste de estanqueidade com lâmina d' água teve duração de 20 dias. Para as placas com aumento de pressão na emenda o ensaio teve duração de 10 dias.

3.3.2. Resistência de aderência à tração

O teste para determinação da resistência de aderência à tração foi feito com adaptação da metodologia descrita na norma de ensaio de aderência de argamassa de revestimento - ABNT – NBR 13528 (2010). Esta adaptação foi feita pois não existe hoje uma norma vigente que estabeleça metodologia para ensaio de aderência em sistemas de mantas asfálticas e os estudos desenvolvidos na área até o momento são com adaptação da mesma norma, como os artigos publicados por Oliveira & Santos (2013) e Joffily & Pereira (2013) no 13º Simpósio de Impermeabilização. O teste foi executado em todas as placas logo após o teste de estanqueidade.

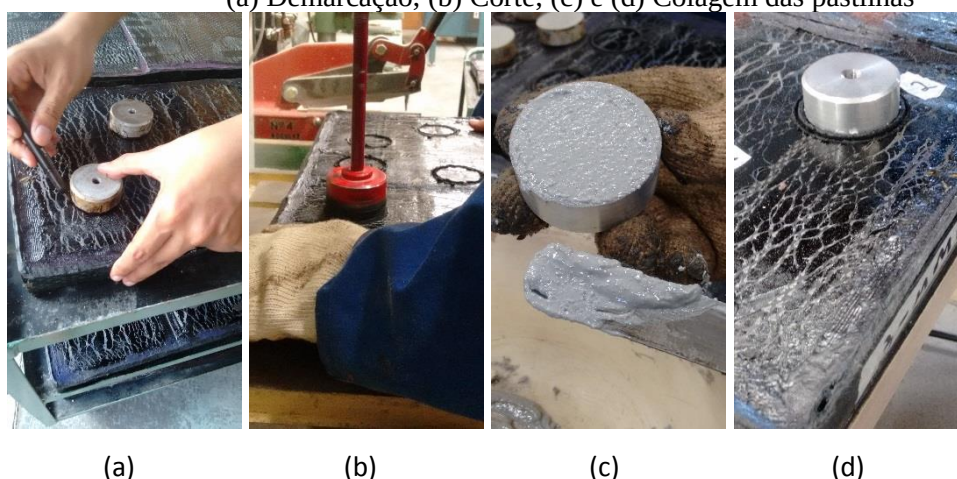
Para execução do teste, foi removida a borda instalada no teste de estanqueidade tomando-se o cuidado para não danificar a amostra. O filme de polietileno da manta também foi queimado para permitir a colagem das pastilhas, conforme apresentado na Figura 50:

Figura 50: Queima do filme de polietileno



Fonte: Autores, 2016

Os cortes foram executados previamente à colagem das pastilhas. Para evitar trepidações e aquecimento do asfalto, os cortes foram feitos com serra-copo de bancada com baixa rotação (200 rpm), evitando-se desta forma o aquecimento do asfalto ou danos aos corpos-de-prova. A colagem das pastilhas foi feita com adesivo epóxi de alta viscosidade, conforme recomendação da norma ABNT – NBR 13528 (2010), aguardando-se o período de secagem de 24 horas para início do teste.

Figura 51 Preparo para teste de aderência:
(a) Demarcação; (b) Corte; (c) e (d) Colagem das pastilhas

(a)

(b)

(c)

(d)

Fonte: Autores, 2016

Para o teste de aderência os pontos foram devidamente identificados com números em ordem crescente da esquerda para direita e debaixo para cima. Este sistema foi adotado para todas as amostras:

Figura 52 : Identificação dos pontos



Fonte: Autores, 2016

Após secagem do adesivo o teste de determinação da resistência de aderência à tração foi feito com dinamômetro.

Figura 53: Ensaio de determinação de resistência à aderência



Fonte: Autores, 2016

O cálculo da resistência de aderência à tração (MPa) foi feito dividindo-se o valor da carga obtida (N) pela área corpo-de-prova (60mm²), conforme recomendação da ABNT - NBR 13528 (2010) e apresentado na equação 2:

$$Ra = \left[\frac{F}{A_{cp}} \right] \quad (2)$$

Onde:

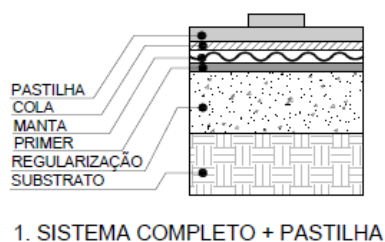
Ra = Resistência de aderência à tração (MPa);

F = Carga obtida no dinamômetro (N);

Acp = Área do corpo-de-prova (mm²).

Para as interfaces de ruptura foi considerado o sistema conforme figura 53, sendo possível verificar com mais detalhes as possíveis interfaces de ruptura no item 7. Apêndice, figura 7.1.

Figura 54: Interfaces avaliadas no teste de aderência



Fonte: Autores, 2016

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios realizados nos sistemas de impermeabilização com manta asfáltica durante o programa experimental, estanqueidade e determinação da resistência de aderência à tração.

4.1. ESTANQUEIDADE

Neste item são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de estanqueidade dos sistemas. O ensaio de estanqueidade com lâmina foi mantido por um período de 20 dias e o de aumento de pressão na emenda por 10 dias.

4.1.1. Sistema de manta asfáltica aderida à maçarico

Os resultados do teste de estanqueidade com lâmina d'água das mantas aderidas à maçarico são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6: Resultados teste de estanqueidade como lâmina d'água – sistema MM

PLACA	IDADE REGULARIZAÇÃO	UMIDADE (%)	ESTANQUE
1 MMPS 100%W	-	100	SIM
1' MPS 100%W			SIM
2 MMPS 1D	1 dia	4,96	SIM
2' MMPS 1D			SIM
3 MMPS 2D	2 dias	4,50	SIM
3' MMPS 2D			SIM
4 MMPS 3D	3 dias	3,90	SIM
4' MMPS 3D			SIM
5 MMPS 7D	7 dias	3,15	SIM
5' MMPS 7D			
6 MMPS 0%W	-	0	SIM
6' MMPS 0%W			SIM
7 MMPS 100%W	-	100	SIM
7' MMPS 100%W			SIM
8 MMPS 1D	1 dia	4,96	SIM
8' MMPS 1D			SIM
9 MMPS 2D	2 dias	4,50	SIM
9' MMPS 2D			SIM
10 MMPS 3D	3 dias	3,90	SIM
10' MMPS 3D			SIM
11 MMPS 7D	7 dias	3,15	SIM
11' MMPS 7D			SIM
12 MMPS 0%W	-	0	SIM
12' MMPS 0%W			SIM

Fonte: Autores, 2016

As amostras de mantas aderidas à maçarico no teste de estanqueidade com a lâmina d'água ao longo dos 20 dias, com aplicação de primer base água ou base solvente, não apresentaram sinais de vazamento e/ou variação do volume de água durante o teste. Desta forma todas as amostras foram consideradas estanques.

4.1.1.1. Aumento de pressão na emenda

O resultado do teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda é apresentado na Tabela 7:

Tabela 7: Resultado teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda
- Sistema MMPS

PLACA	IDADE REGULARIZAÇÃO	UMIDADE (%)	ESTANQUE
5 MMPS 7D	7 dias	3,15	SIM

Fonte: Autores, 2016

A amostra de sistema de manta asfáltica aderida à maçarico com primer solvente, submetida à ensaio de estanqueidade com aumento de pressão na emenda, não apresentou vazamento ao longo do ensaio que perdurou 10 dias.

4.1.2. Sistema de manta asfáltica autoadesivo

Os resultados do teste de estanqueidade com lâmina d'água das mantas autoadesivas são apresentados na Tabela 8:

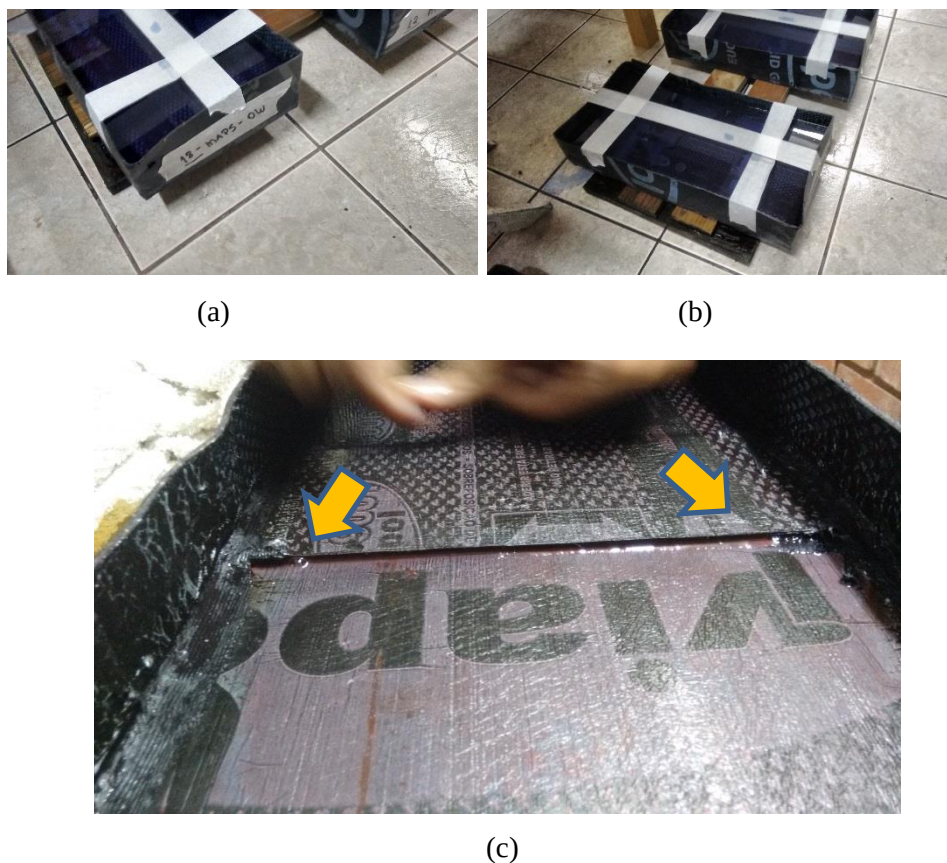
Tabela 8: Resultados teste de estanqueidade como lâmina d'água – Sistema MA

PLACA	IDADE REGULARIZAÇÃO	UMIDADE (%)	ESTANQUE	OBSERVAÇÕES
13MAPS 100%W	-	100	SIM	
13'MAPS100%W			SIM	
14 MAPS 1D	1 dia	4,96	SIM	
14' MAPS 1D			SIM	
15 MAPS 2D	2 dias	4,50	SIM	
15' MAPS 2D			SIM	
16 MAPS 3D	3 dias	3,90	NÃO	Vaz.. Com 3 dias
16' MAPS 3D			SIM	
17 MAPS 7D	7 dias	3,15		
17'MAPS 7D			SIM	
18 MAPS 0%W	-	0	NÃO	Vaz. com 5 dias
18'MAPS 0%W			SIM	
19MAPA100%W	-	100	SIM	
19'MAPA100%W			SIM	
20 MAPA 1D	1 dia	4,96	SIM	
20'MMPA 1D			SIM	
21 MAPA 2D	2 dias	4,50	SIM	
21' MAPA 2D			SIM	
22 MAPA 3D	3 dias	3,90	NÃO	Vaz. com 2 dias
22' MAPA 3D			NÃO	Vaz. com 2 dias
23 MAPA 7D	7 dias	3,15	SIM	
23' MAPA 7D			SIM	
24 MAPA 0%W	-	0	NÃO	Vaz. com 2 dias
24' MAPA 0%W			SIM	

Fonte: Autores, 2016

As amostras de mantas autoadesivas no teste de estanqueidade com a lâmina d'água ao longo dos 20 dias, apresentaram vazamento em cinco placas. Destas cinco placas duas são com sistemas com primer base solvente e três com primer base água. Após a inspeção das placas que apresentavam vazamento, foi possível observar que o ponto principal para permeabilidade da água eram as emendas nas sobreposições, conforme pode ser observado na Figura 55:

Figura 55 Vazamento característico das placas do sistema MA:
 (a) Identificação da placa; (b) Vazamento sob a placa e (c) Água acumulada na emenda



Fonte: Autores, 2016

4.1.2.1. Aumento de pressão na emenda

O resultado do teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda é apresentado na Tabela 9:

Tabela 9: resultado teste de estanqueidade com aumento de pressão na emenda - Sistema MAPS

PLACA	IDADE REGULARIZAÇÃO	UMIDADE (%)	ESTANQUE	OBSERVAÇÕES
17 MAPS 7D	7 dias	3,15	NÃO	Vazamento identificado ao final do ensaio (10 dias).

Fonte: Autores, 2016

A amostra de sistema de manta asfáltica autoadesiva com primer solvente submetida à ensaio de estanqueidade com aumento de pressão na emenda, não apresentou vazamento visual ao longo dos 10 dias. Entretanto, foi identificado vazamento na placa no preparo para o teste de aderência.

4.2. RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Neste item são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência à tração.

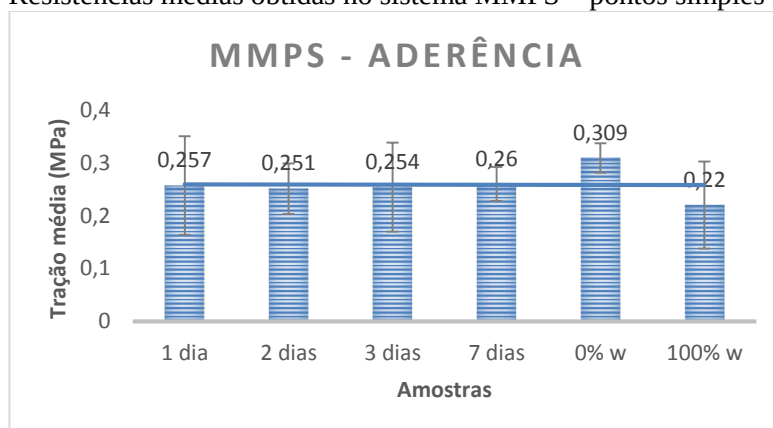
4.2.1. Sistema de manta asfáltica aderida à maçarico

A seguir apresenta-se os resultados obtidos nos testes de resistência de aderência à tração do sistema de manta asfáltica aderida à maçarico.

4.2.1.1. Sistema de manta asfáltica aderida à maçarico com primer solvente (MMPS)

Neste item apresenta-se gráficos das resistências médias obtidas no sistema MMPS. O resultado bem como forma de ruptura de cada ponto ensaiado pode ser verificado com mais detalhes no item 7. Apêndice (tabelas 7.2 a 7.7 e 7.14 a 7.19).

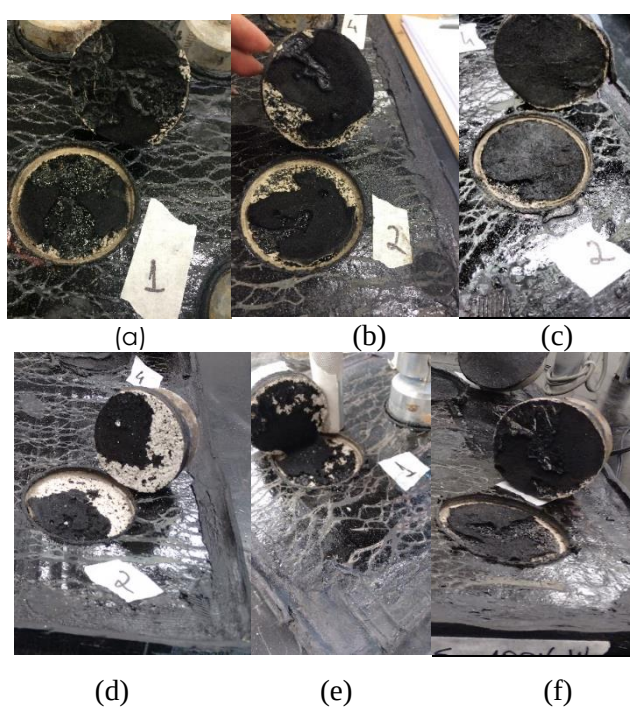
Figura 56: Resistências médias obtidas no sistema MMPS – pontos simples



Fonte: Autores, 2016

É possível observar, através da Figura 56, com exceção da placa 100% saturada, uma pequena variação da resistência de aderência entre as placas com idades 1,2,3, e 7 dias, além da uniformidade da curva média. No teste observou-se também a forma de ruptura do sistema com o primer solvente. Mesmo nas placas com maior umidade, a forma de ruptura predominante é na manta asfáltica, conforme apresentado na Figura 57:

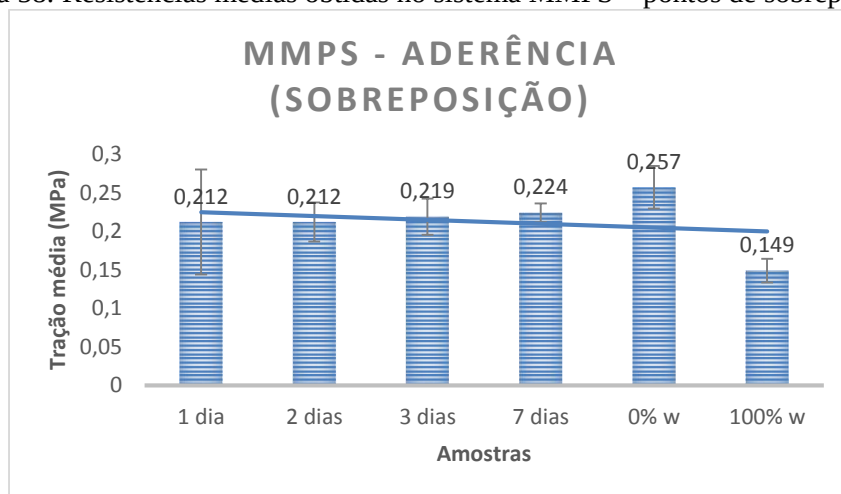
Figura 57: Forma de ruptura dos corpos-de-prova de sistemas MMPS
(a) 1 dia; (b) 2 dias; (c) 3 dias; (d) 7 dias; (e) 0%w e (f) 100%w



Fonte: Autores, 2016

Para os pontos de sobreposição (emendas) observou-se uma leve perda de resistência com relação aos pontos simples mantendo-se o mesmo comportamento com pequena variação nas tensões, conforme verificado na figura 58:

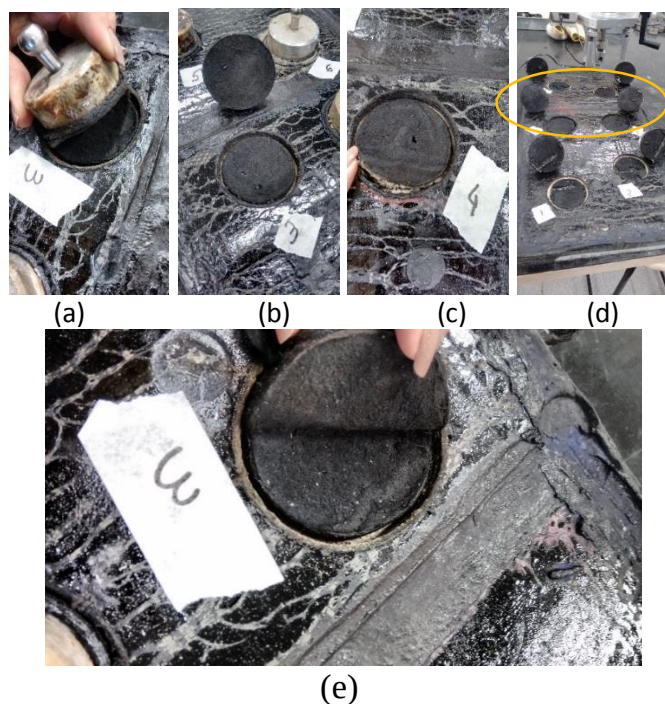
Figura 58: Resistências médias obtidas no sistema MMPS – pontos de sobreposição



Fonte: Autores, 2016

Já a forma de ruptura dos pontos de sobreposição deu-se predominantemente na manta, próximo à interface da sobreposição das camadas manta/manta. Esta forma de ruptura foi verificada em todas as idades inclusive na placa 100% saturada, como é apresentado na figura 59:

Figura 59: Forma de ruptura MMPS – pontos de sobreposição
(a) 1 dia; (b) 2 dias; (c) 7 dias; (d) 100% w; (e) Forma de ruptura predominante em todas as idades



Fonte: Autores, 2016

Em função das resistências médias e até mesmo da forma de ruptura para o sistema MMPS é possível observar que não há influência significativa da umidade superficial na aderência do sistema. Isto foi confirmado também através de estudo estatístico feito através do método de Análise de Variância (ANOVA), como pode ser verificado no item 7. Apêndice (tabela 7.51). Para estudo de ANOVA, foram consideradas as seguintes características:

Fator controlável: Umidade

Níveis do fator controlável: Umidade nas respectivas idades, conforme consta no item 7. Apêndice, tabela 7.50;

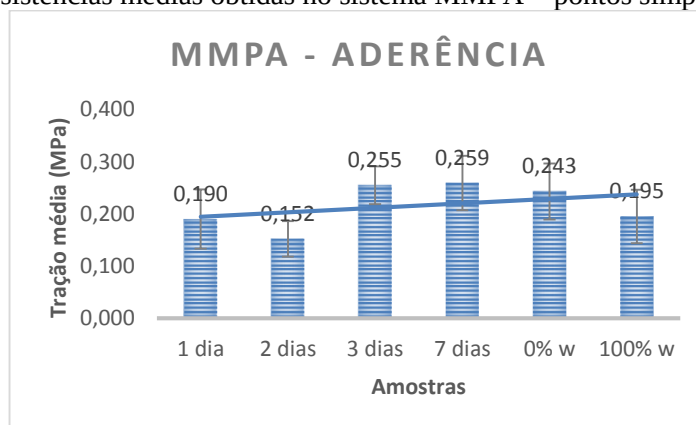
Variável de resposta: Aderência;

Repetições: 8 valores para cada nível

4.2.1.2. Sistema de manta asfáltica aderida à maçarico com primer água

Neste item apresenta-se gráficos das resistências médias obtidas no sistema MMPA. O resultado bem como forma de ruptura de cada ponto ensaiado pode ser verificado com mais detalhes no item 7. Apêndice (tabelas 7.8 a 7.13 e 7.20 a 7.25).

Figura 60: Resistências médias obtidas no sistema MMPA – pontos simples



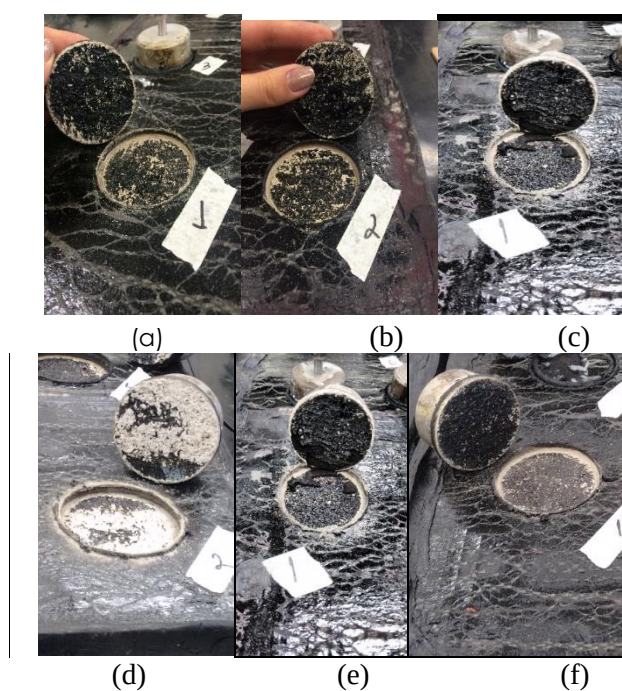
Fonte: Autores, 2016

É possível observar, através da Figura 60, que há um acréscimo de resistência em amostras com menor umidade, entretanto entre as idades de 3 e 7 dias não houve uma diferença significativa para o sistema com primer base água e

que a curva média já não apresenta a mesma uniformidade da curva obtida com o sistema MMPS. Observou-se também a forma de ruptura do sistema com primer água. Diferentemente do sistema com primer solvente, o rompimento predominante é na interface manta/primer conforme apresentado na Figura 61

Figura 61: Forma de ruptura MMPA

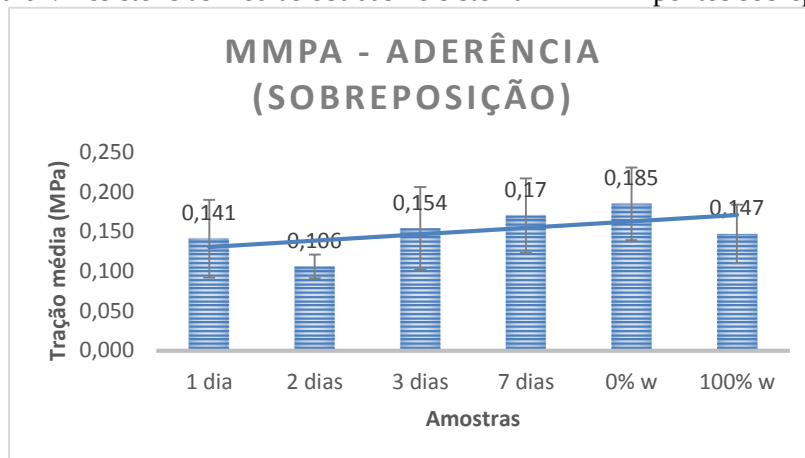
(a) 1 dia; (b) 2 dias; (c) 3 dias; (d) 7 dias; (e) 0%w e (f) 100%w



Fonte: Autores, 2016

Para os pontos de sobreposição (emendas) MMPA observou-se também uma leve perda de resistência com relação aos pontos simples, entretanto manteve-se as maiores resistências nas placas com menor umidade, conforme verificado na figura 62.

Figura 62: Resistências médias obtidas no sistema MMPA – pontos sobreposição

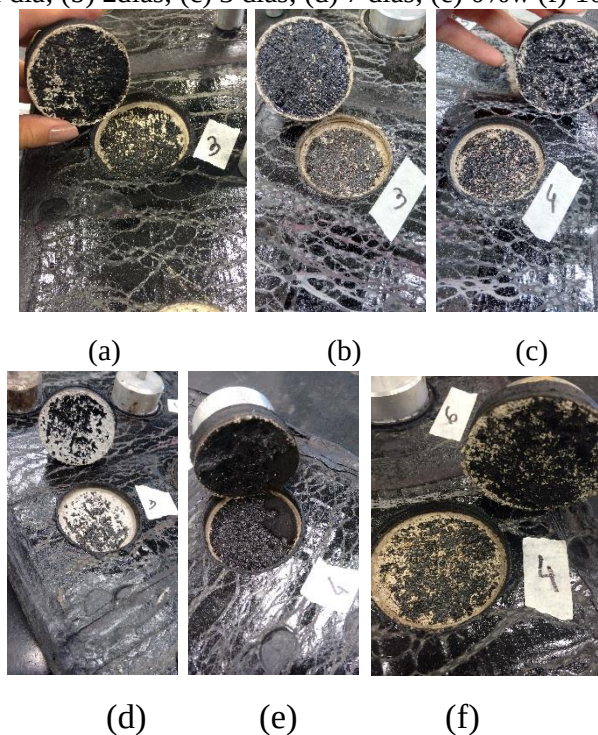


Fonte: Autores, 2016

Com relação a forma de ruptura dos pontos de sobreposição, também diferentemente do sistema MMPS, deu-se predominantemente na interface manta/primer, sendo que nas placas de menor umidade pode-se observar em menor proporção rompimento do primer e em alguns casos da manta, como é apresentado na figura 63:

Figura 63: Forma de ruptura MMPA – pontos de sobreposição

(a) 1 dia; (b) 2 dias; (c) 3 dias; (d) 7 dias; (e) 0%w (f) 100%w



Fonte: Autores, 2016

Para este sistema MMPA, diferentemente do sistema MMPS, nota-se que em função das resistências médias e até mesmo da forma de ruptura há influência significativa da umidade superficial na aderência do sistema. Isto foi confirmado também através de estudo estatístico feito através do método de Análise de Variância (ANOVA), como pode ser verificado no item 7.Apêndice, tabela 7.53.

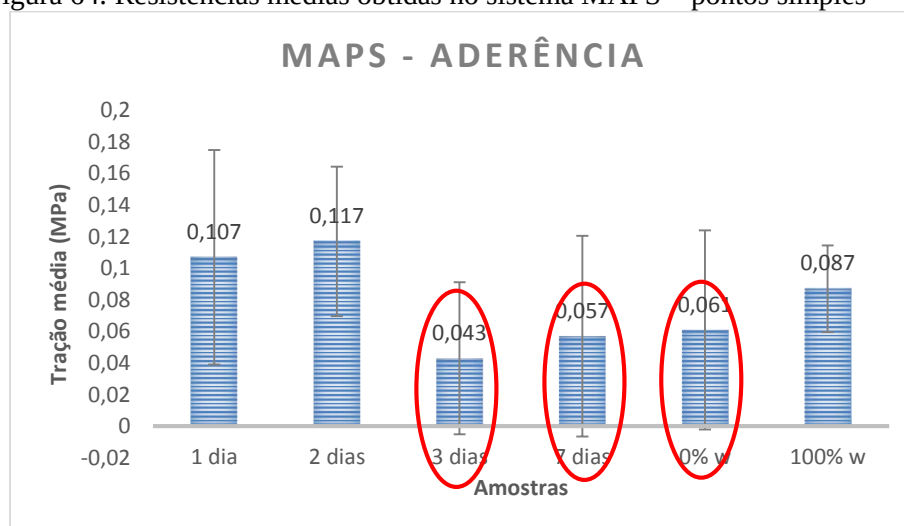
4.2.2. Sistema de manta asfáltica autoadesivo

A seguir apresenta-se os resultados obtidos nos testes de resistência de aderência à tração do sistema de manta asfáltica autoadesivo.

4.2.2.1. Sistema de manta asfáltica autoadesiva com primer solvente (MAPS)

Neste item apresenta-se gráficos das resistências médias obtidas no sistema MAPS. O resultado bem como forma de ruptura de cada ponto ensaiado pode ser verificado com mais detalhes no item 7. Apêndice, (tabelas 7.26 a 7.31 e 7.38 a 7.43).

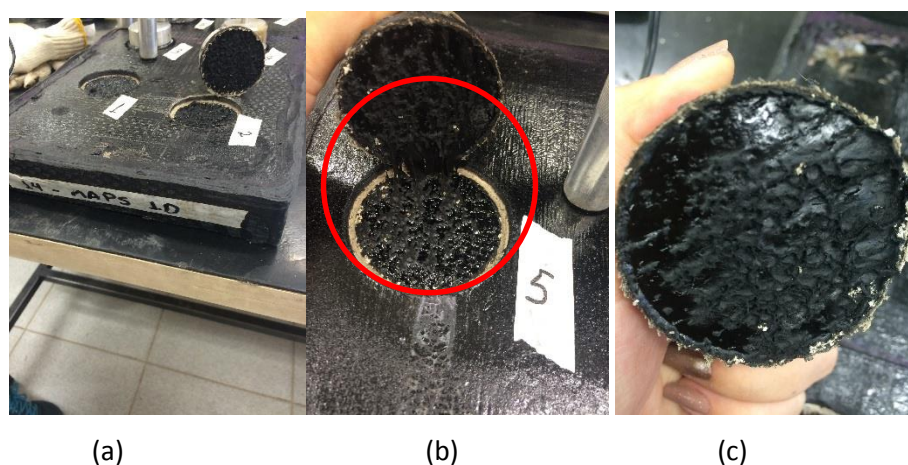
Figura 64: Resistências médias obtidas no sistema MAPS – pontos simples



Fonte: Autores, 2016

No sistema MAPS, houve vazamento no teste de estanqueidade nas idades de 3; 7 dias e nas placas com 0%w. Em função disso, para estas idades perdeu-se a referência para efeitos de estudos comparativos no teste de aderência. É possível observar que onde houve o vazamento a resistência de aderência à tração do sistema foi menor e além disso, observa-se também que para as idades das quais as placas não apresentaram vazamentos (1, 2 dias e 100% w) a resistência de aderência à tração tende a ser maior em placas com menor umidade superficial. Destaca-se ainda que o sistema comparado com o sistema aderido à maçarico, apresenta mesmo nas condições sem vazamento, aderência menor. No teste observou-se também a forma de ruptura do sistema com o primer solvente. Mesmo nas placas com maior umidade, a forma de ruptura predominante é na manta. Diferentemente do sistema MMPS, onde é totalmente perceptível o rompimento da manta e em alguns pontos até no estruturante, no sistema MAPS nota-se discretamente resíduos da manta e uma forte adesão entre as camadas manta/primer conforme apresentado na Figura 65:

Figura 65: Forma de ruptura sistema MAPS – pontos simples
(a) 1 dia; (b) 2 dias e (c) 100% w

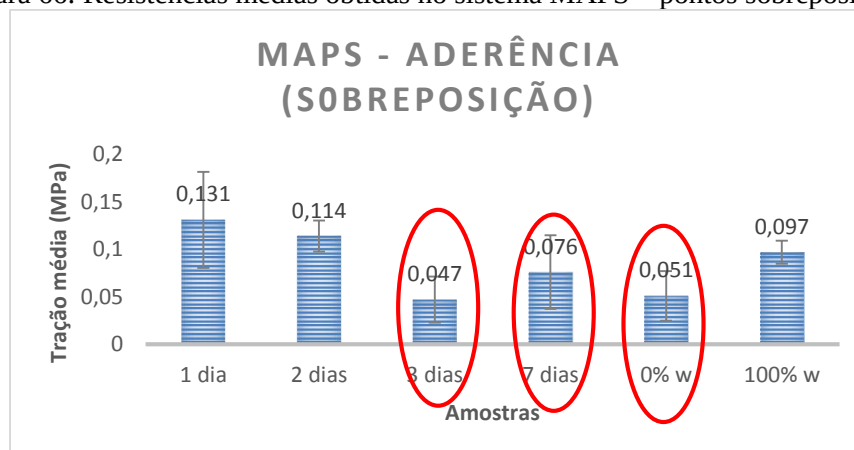


Fonte: Autores, 2016

Para os pontos de sobreposição, para as placas nas idades que não apresentaram vazamento, nota-se também as resistências maiores em placas com menor umidade

superficial, não havendo uma diferença significativa entre as idades de 1 e 2 dias. E da mesma forma que ocorreu com os pontos simples, as placas que apresentaram vazamento tiveram queda na tensão de resistência de aderência à tração, como pode ser verificado na Figura 66:

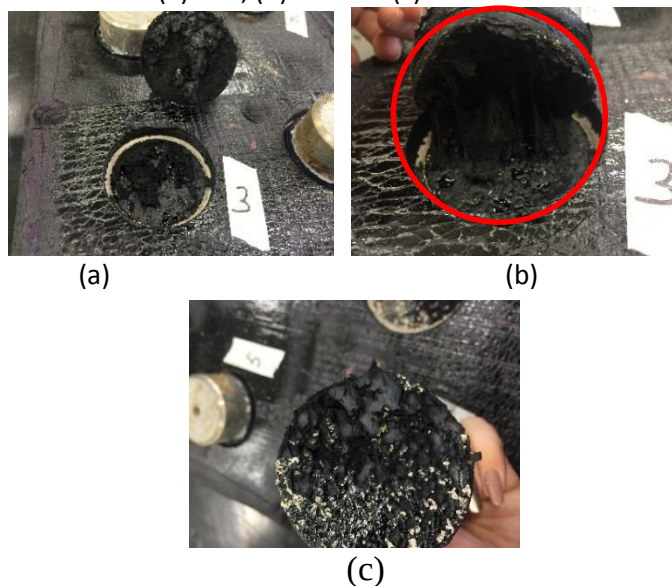
Figura 66: Resistências médias obtidas no sistema MAPS – pontos sobreposição



Fonte: Autores, 2016

A forma de ruptura é muito parecida com a dos pontos simples – sendo evidenciado uma forte adesão entre as camadas manta/primer, principalmente nas placas com menor umidade superficial, como apresentado na Figura 67:

Figura 67: Forma de ruptura sistema MAPS - pontos de sobreposição
(a) 1 dia; (b) 2 dias e (c) 100% w



Fonte: Autores, 2016

Devido à perda de referência em virtude do vazamento das placas nas idades de 3; 7 dias e 0%w não é possível fazer um estudo mais detalhado com relação à aderência.

Na placa utilizada para aumento de pressão no teste de estanqueidade, embora não tenha sido detectado vazamento visível durante inspeções no teste, constatou-se permeabilidade de água sob a manta durante o corte dos corpos-de-prova para teste de aderência. Todos os corpos-de-prova romperam durante o corte, como apresentado na Figura 68:

Figura 68: Teste de aderência da placa com aumento de pressão no teste de estanqueidade

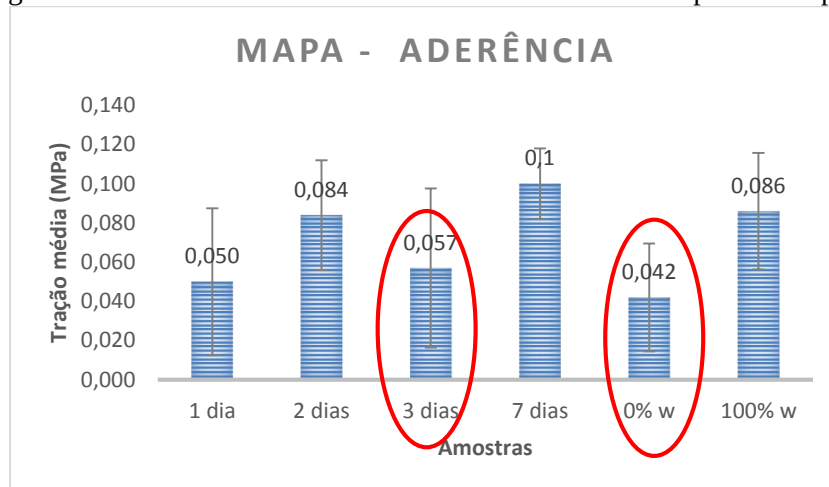


Fonte: Autores, 2016

4.2.2.2. Sistema de manta asfáltica autoadesiva com primer água (MAPA)

Neste item apresenta-se gráficos das resistências médias obtidas no sistema MAPA. O resultado bem como forma de ruptura de cada ponto ensaiado pode ser verificado com mais detalhes no item 7. Apêndice, (tabelas 7.32 a 7.37 e 7.44 a 7.49).

Figura 69: Resistências médias obtidas no sistema MAPA – pontos simples

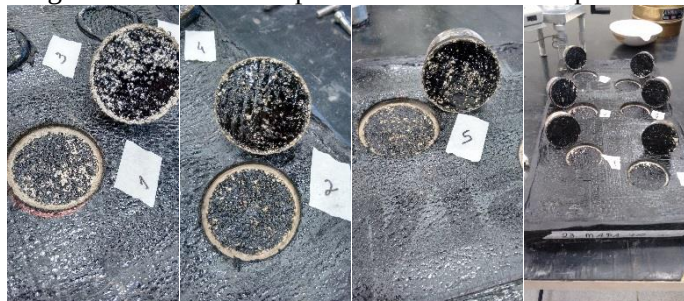


Fonte: Autores, 2016

No sistema MAPA, houve vazamento no teste de estanqueidade nas placas com idade de 3 dias e nas placas com 0%w. Em função disso, para estas idades também se perdeu a referência para efeitos de estudos comparativos no teste de aderência. É possível observar que onde houve o vazamento a resistência de aderência à tração do sistema também foi menor e que da mesma forma que o sistema MAPS e MMPA a tensão de aderência média tende a ser maior em placas com menor umidade superficial. Destaca-se ainda que o sistema quando comparado com o sistema aderido à maçarico com primer água (MMPA), apresenta mesmo nas condições sem vazamento, aderência menor. E da mesma forma que o sistema aderido à maçarico, o sistema com primer solvente (MAPS) continua apresentando maior resistência de aderência e melhor forma de ruptura nas placas.

Com relação a forma de ruptura para o sistema MAPA, mesmo nas placas com menor umidade, a forma predominante é na interface primer/manta o que ocorreu também no sistema MMPA. Diferentemente do sistema MAPS, onde observou-se uma adesão muito grande entre as camadas manta/primer, nota-se pouca aderência entre estas camadas independentemente da idade ou umidade superficial, conforme apresentado na Figura 70:

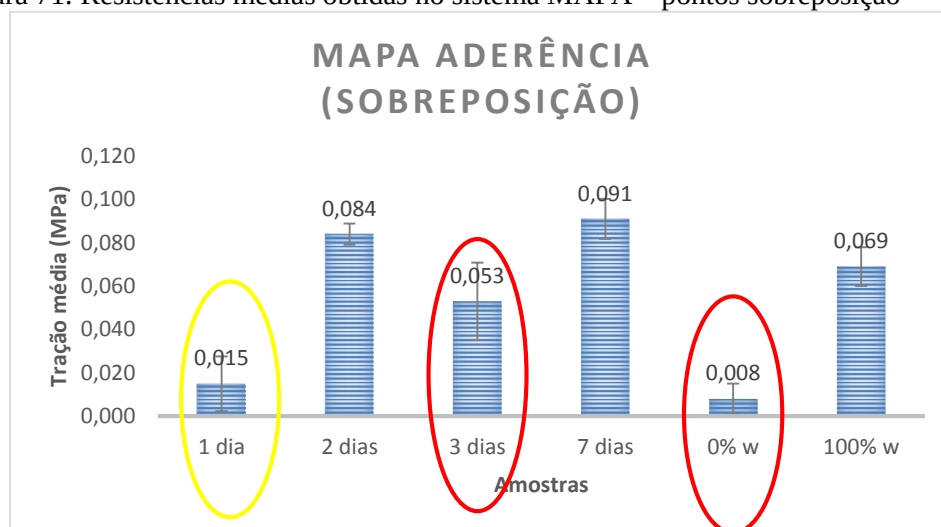
Figura 70: Forma de ruptura sistema MAPA - pontos simples



Fonte: Autores, 2016

Para os pontos de sobreposição do sistema MAPA observa-se que da mesma forma que para os pontos simples a aderência é comprometida nas placas com vazamento, como apresentado na Figura 71:

Figura 71: Resistências médias obtidas no sistema MAPA – pontos sobreposição



Fonte: Autores, 2016

Outro ponto que é possível notar, é que nas placas de idade de 1 dia não foi detectado vazamento visível durante o teste de estanqueidade. Entretanto, os corpos-de-prova para os pontos de sobreposição foram rompidos no corte durante o preparo para o ensaio de aderência. Provavelmente pode ter havido permeabilidade de água na sobreposição, no final do período de teste, mas não se

teve tempo suficiente para percolar toda a placa ou até mesmo para atravessar a regularização e placa de substrato-padrão.

Figura 72: Rompimento durante o corte de placas com permeabilidade de água sob manta

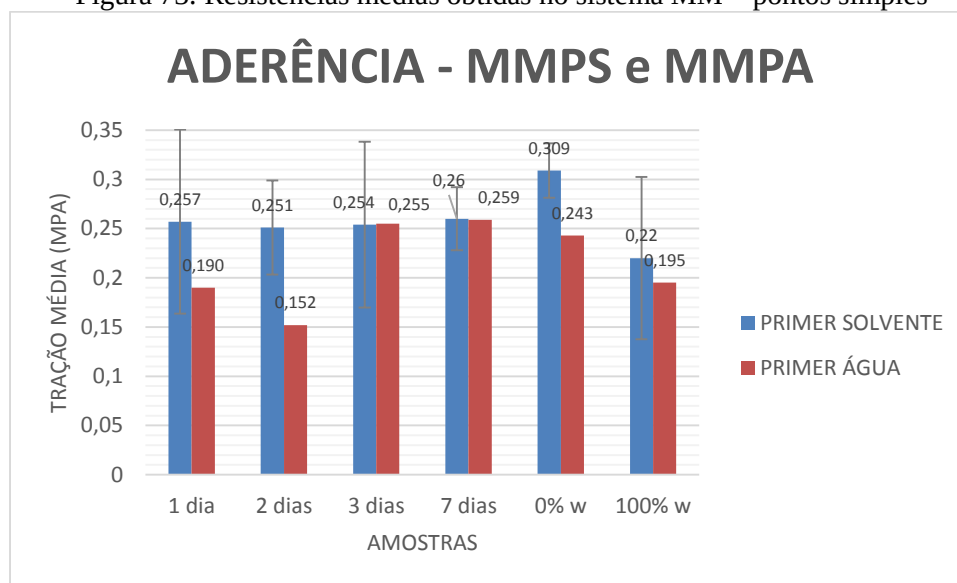


Fonte: Autores, 2016

4.2.3. Sistema autoadesivo x sistema aderido à maçarico

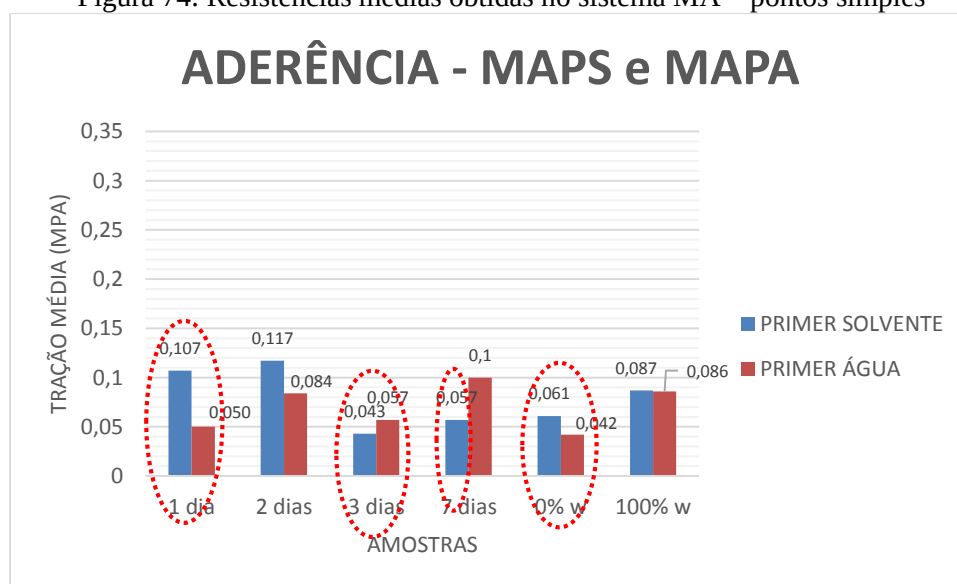
A seguir apresenta-se os gráficos comparativos de resistências médias de aderência à tração dos dois sistemas MM e MA dos pontos simples com respectivos primers:

Figura 73: Resistências médias obtidas no sistema MM – pontos simples



Fonte: Autores, 2016

Figura 74: Resistências médias obtidas no sistema MA – pontos simples



Fonte: Autores, 2016

É possível observar nas figuras 73 e 74 que ambos os sistemas apresentam maior resistência de aderência à tração com primer solvente. Observa-se também na idade de dois dias, idade esta que não apresentou vazamento em nenhum dos sistemas com primer solvente (MMPS e MAPS), que para o sistema

MAPS a resistência de aderência corresponde a aproximadamente 47% da resistência do sistema MMPS. Já para o primer água, considerando a idade de 7 dias, que também não apresentou vazamento nos dois sistemas (MMPA e MAPA) a resistência de aderência do sistema MAPA corresponde à aproximadamente 39% da resistência do sistema MMPA.

4.2.1. Resistência de aderência à tração - parâmetros de referência

Da mesma forma que não há vigente uma norma com metodologia definida para ensaios de aderência em sistemas de mantas asfálticas, também não há parâmetros de referência com relação aos valores. Entretanto, alguns fabricantes de mantas asfálticas estabelecem, com base em experiência de mercado e histórico de obras, alguns valores internos de referência. O Eng^o Anderson Oliveira - Coordenador da SIKA, por exemplo, cita como parâmetro interno resistência mínima de aderência de 0,1MPa para sistemas de mantas asfálticas. Já a Consultora e Especialista Irene Joffily acredita que o valor mínimo deva ser de 0,30MPa para áreas horizontais e se possível nas áreas verticais (paredes de piscinas e cortinas) seria interessante 0,50MPa em função da maior solicitação com relação à aderência, além do recebimento de sistema de revestimento argamassado (chapisco+reboco) sobre o sistema. A Gerente Técnica da VIAPOL, Eng^a Cirene Tofanetto, informou que em ensaios realizados em laboratórios da VIAPOL com sistema de manta asfáltica autoadesiva com o uso de soprador térmico e sistema de manta asfáltica aderida à maçarico obteve resultados de 0,26MPa e 0,17MPa respectivamente.

A ABNT – NBR 15575 (2013) cita ainda, no item 7.1.2.1, que no caso de sistemas de impermeabilização para coberturas com mantas ou membranas totalmente aderidas ao substrato e expostas às intempéries (sem proteção mecânica), a resistência mínima de aderência à tração deve ser de 0,2 MPa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo apresentam-se as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para novos estudos na área.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que foi atingido o objetivo de efetuar um estudo comparativo entre sistemas de manta asfáltica autoadesivo e aderido à maçarico descrito no início deste trabalho. De forma geral, considerando os dados avaliados neste estudo, o sistema autoadesivo não apresentou o mesmo desempenho do que o sistema tradicional aderido à maçarico. Além disso, pôde-se observar que:

- a) Os sistemas de Manta Maçarico com Primer Água (MMPA), Manta Autoadesivo com Primer Solvente (MAPS) e Manta Autoadesivo com Primer Água (MAPA) sofrem influência da umidade superficial no quesito aderência (resistência de aderência à tração e forma de ruptura);
- b) O primer solvente apresentou melhor desempenho em ambos os sistemas com relação a resistência de aderência à tração (pequeno acréscimo nas placas de menor umidade superficial) e forma de aderência entre as camadas. Para o sistema Manta Maçarico com Primer Solvente (MMPS), inclusive em placas com maior umidade superficial, o sistema não apresentou variação de desempenho sendo que com relação à aderência isto foi verificado também através de estudo estatístico por Análise de Variância;
- c) A resistência de aderência do sistema autoadesivo, independente do primer utilizado, é menor do que a do sistema aderido à maçarico

sendo menor em aproximadamente 53% com primer solvente e aproximadamente 61% com primer água. A aderência menor faz com que o sistema de impermeabilização seja menos solicitado no trabalho com a estrutura, em contrapartida, pode dificultar ainda mais identificação de pontos de vazamentos;

- d) Embora não se tenha parâmetros de valores de resistência de aderência à tração de sistemas de mantas asfálticas definidos por normas, verificou-se que o sistema Manta Maçarico (MM) supera em todas as idades a resistência mínima adotada como valor de referência interno por um dos fabricantes (0,1MPa) e o sistema Manta Autoadesivo (MA) fica muito próximo deste valor principalmente nas idades com menor umidade superficial; lembrando que neste estudo avaliou-se somente o comportamento dos sistemas em áreas horizontais;
- e) A sobreposição do sistema autoadesivo apresentou maior vulnerabilidade nos testes de estanqueidade sendo constatado vazamento por estas áreas independente da umidade superficial da placa. É válido ressaltar que o sistema Manta Autoadesivo (MA) apresenta melhor custo x benefício em áreas com restrições de uso de fogo e que a performance no quesito estanqueidade nas emendas pode ser melhorada com o uso de sopradores térmicos o que, embora não recomendado na ficha técnica do fabricante, já é feito por aplicadores que utilizam o sistema.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, abaixo, proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo:

- a) Para o sistema autoadesivo, executar programa experimental com as mesmas variáveis (umidade superficial e tipo de primer), porém somente com ensaio de aderência sendo possível desta forma avaliar o quesito aderência sem influência da permeabilidade de água após o ensaio de estanqueidade;
- b) Para o mesmo sistema do item a. executar o teste de estanqueidade, porém, com as emendas fundidas ou até mesmo termo-aquecidas com soprador térmico verificando desta forma desempenho da sobreposição;
- c) Para o sistema aderido à maçarico executar os mesmos testes de aderência e estanqueidade com as mesmas variáveis (umidade superficial e primer) após ensaio de envelhecimento acelerado, verificando desta forma se o sistema mantém suas características iniciais após envelhecimento. Para simulação do envelhecimento sugere-se simulação de ciclos com variação térmica;
- d) Para ambos os sistemas, executar programa experimental com as mesmas variáveis (umidade superficial e tipo de primer), porém considerando metodologia de ensaio de resistência de aderência à tração definida na norma de aderência para sistemas de mantas asfálticas. No período de desenvolvimento e conclusão desta pesquisa, a referida metodologia está em desenvolvimento e estudo pelo CB – 22 com reuniões mensais na sede do Instituto Brasileiro de Impermeabilização – IBI – SP, não tendo em vigência metodologia normatizada ou de referência para ensaios de aderência em sistemas de mantas asfálticas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARAÚJO, A.R; JOFFILY, I.A.L. **Estudo da amplitude térmica mensal nas mantas asfálticas da cidade de Brasília no ano de 2013**. TCC (Pós-Graduação de Tecnologia da Impermeabilização) Instituto IDD, São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14082 - Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução de substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaio**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

BAUER, E.; VASCONCELOS, P. H. C.O.; GRANATO, J.E. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais – Volume 2**. São Paulo: Ibracon, 2010.

CASACOR. **Acelere sua reforma com produtos da FEICON BATIMAT 2015**. São Paulo, 2015. Disponível em <http://casa.abril.com.br/materia/accelere-sua-reforma-com-produtos-da-feicon-batimat-2015> . Acesso em 24/03/2016 às 11:15.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho das edificações – Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Brasília, 2013. Disponível em http://cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf . Acesso em 21/03/16 às 16:00h.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia dúvidas sobre a norma de desempenho. Seminário Norma de desempenho – SINDUSCON SP.** São Paulo, 2015.

CUNHA, A. G.; NEUMAN, W. **Manual de Impermeabilização e isolamento térmico como projetar e executar.** Texsa, 1979.

CUNHA, E.H. **Impermeabilização.** Notas de aula (Graduação em Engenharia civil) PUC - Goiás, 2016.

EQUIPE DE OBRA – EDITORA PINI. **Materiais e ferramentas – Conhecendo os impermeabilizantes.** São Paulo, fevereiro 2013b. Disponível em <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-impermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-245388-1.aspx> .Acesso em 24/03/16 às 09:30h.

EQUIPE DE OBRA – EDITORA PINI. **Planejamento – Impermeabilização asfáltica.** São Paulo, junho 2013a. Disponível em <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/60/impermeabilizacao-asfaltica-saiba-como-calcular-o-consumo-e-a-289949-1.aspx> . Acesso em 24/03/16 às 09:11h.

GIRONNEWS, Portal. **Impermeabilização – Viapol lança manta asfáltica autocolante.** São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.gironews.com/construcao/impermeabilizacao-31279/>. Acesso em 24/03/2016 às 11:00h

GRANATO, J. E. **Tipos e Sistemas de Impermeabilização.** Notas de Aula (Pós-Graduação em Tecnologia da Impermeabilização) - Instituto IDD - São Paulo, 2013.

JOFFILY, I.A.L.; PEREIRA, M. B. **Avaliação da aderência de sistemas argamassados sobre mantas asfálticas – Instituto Brasileiro de Impermeabilização - 13º Simpósio de Impermeabilização.** São Paulo, 2013.

LIMA, J. **Tecnologia da Impermeabilização TDI 02 – NBR 9574.** Notas de Aula (Pós-Graduação em Tecnologia da Impermeabilização) - Instituto IDD - São Paulo, 2015.

MELLO, L.S.L. **Impermeabilização – materiais, procedimentos e desempenho**. TCC (Graduação de Engenharia civil com ênfase Ambiental) Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

NETO, A.C.D. **Impermeabilização Flexível**. Construção Mercado – Negócios de Incorporação e Construção. São Paulo: PINI, 2004. Disponível em <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/156/falta-de-informacao-sobre-comportamento-e-desempenho-dos-materiais-alem-315974-1.aspx> . Acesso em 14/02/2016 às 18:30h.

PEZZOLO, V. **Impermeabilização com manta asfáltica**. Disponível em www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/127/artigo64518-1.asp. Acesso em 09/02/2016 às 18h.

PINI WEB. **Habitação - NBR 15575 – Norma de Desempenho**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/habitacao/esta-em-vigor-a-nbr-15575-norma-de-desempenho-292738-1.aspx> .Acesso em 21/03/16 às 15:50h.

PLÁ, C. F.O. **Impermeabilização e isolamento**: Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Riograndense, 2010. Disponível em: <https://edificacoes.files.wordpress.com/2010/03/impermeabilizacao.pdf> . Acesso em 09/02/2016 às 11:30h.

OLIVEIRA, A.M.O.; SANTOS, J. L.A. **Aderência entre mantas asfálticas – Instituto Brasileiro de Impermeabilização - 13º Simpósio de Impermeabilização**. São Paulo, 2013.

STORTE, M. **Apostila de Impermeabilização**. São Paulo: Notas de aula, 2015.
TÉCHNE. **Tecnologia, Proteção Uniforme**. São Paulo, março 2011a. Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/168/artigo285858-1.aspx>. Acesso em 24/03/16 às 09:20h.

TÉCHNE. **Tecnologia, Proteção Uniforme**. São Paulo, março 2011b. Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/168/artigo285858-1.aspx>. Acesso em 24/03/16 às 09:40h.

VEDACIT. **Manual técnico, 48ª Edição**. Ficha de produto, São Paulo 2016.

VIAPOL EUCLID GROUP. **Classic Poliéster Manta asfáltica**. Ficha técnica de produto. São Paulo, 2014.

VIAPOL EUCLID GROUP. **Manta autocolante Viapol**. Ficha técnica de produto. São Paulo, 2015.

7. APÊNDICE

Tabela 7.1: Identificação das amostras

PLACA	IDADE/UMIDADE	IDENTIFICAÇÃO
1	100% W	MMPS
1'	100%w	MMPS
2	1 dia	MMPS
2'	1 dia	MMPS
3	2 dias	MMPS
3'	2 dias	MMPS
4	3 dias	MMPS
4'	3 dias	MMPS
5	7 dias	MMPS
5'	7 dias	MMPS
6	0%W	MMPS
6'	0% W	MMPS
7	100%W	MMPA
7'	100%W	MMPA
8	1 dia	MMPA
8'	1 dia	MMPA
9	2 dias	MMPA
9'	2 dias	MMPA
10	3 dias	MMPA
10'	3 dias	MMPA
11	7 dias	MMPA
11'	7 dias	MMPA
12	0% W	MMPA
12'	0% W	MMPA
13	100% W	MAPS
13'	100% W	MAPS
14	1 dia	MAPS
14'	1 dia	MAPS
15	2 dias	MAPS
15'	2 dias	MAPS
16	3 dias	MAPS
16'	3 dias	MAPS
17	7 dias	MAPS
17'	7 dias	MAPS
18	0% W	MAPS
18'	0% W	MAPS
19	100% W	MAPA
19'	100% W	MAPA
20	1 dia	MAPA
20'	1 dia	MAPA
21	2 dias	MAPA
21'	2 dias	MAPA
22	3 dias	MAPA
22'	3 dias	MAPA
23	7 dias	MAPA
23'	7 dias	MAPA
24	0% W	MAPA
24'	0%W	MAPA

Tabela 7.2: Resultados aderência sistema MMPS 1 dia

PLACA	PRIMER SOLVENTE				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
2	1 DIA	1	553	0,196	60% primer / 40% Manta
		2	797	0,282	Cola
		3	405	0,143	60% manta / 40% primer
		4	449	0,159	60% manta e primer / 40% manta
2'		5	961	0,340	70% manta 30% manta e primer
		6	1009	0,357	70% manta 30% manta e primer
		7	625	0,221	80% primer / 20% manta
		8	1092	0,386	80% primer / 20% manta
Média			727,71	0,257	
DP				0,09349	
Umidade				4,96%	

Tabela 7.3: Resultados aderência sistema MMPS 2 dias

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
3	2 DIAS	1	832	0,294	100% manta
		2	887	0,314	80% manta / 20% primer
		3	845	0,299	80% manta e 20% primer
		4	655	0,232	80% primer / 20% manta
5		454	0,161	60% primer 40% manta	
6		595	0,210	70% primer / 30% manta	
7		698	0,247	50% manta / 30% manta e primer / 20% primer	
8		722	0,255	90% manta / 10% primer	
	Média		711,00	0,251	
	DP			0,04786	
	Umidade			4,50%	

Tabela 7.4: Resultados aderência sistema MMPS 3 dias

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
4	3 DIAS	1	698	0,247	100% manta
		2	609	0,215	98% manta / 2% manta e primer
		3	544	0,192	70% manta e primer / 30% manta
		4	240	0,085	80% manta / 20% primer
4'		5	949	0,336	98% manta e primer / 2% manta
		6	1032	0,365	80% manta / 20% manta e primer
		7	786	0,278	85% manta e primer / 10% primer/5% manta
		8	882	0,312	75% manta / 25% primer
Média			717,50	0,254	
DP				0,08430	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.5: Resultados aderência sistema MMPS 7 dias

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
5	7 DIAS	1	752	0,266	80% manta e primer / 20% primer
		2	784	0,277	80% manta / 20% primer
		3	758	0,268	50% manta / 50% primer
		4	885	0,313	90% manta / 10% primer
5'		5	786	0,278	60% primer / 40% manta
		6	695	0,246	80% manta e primer / 20% primer
		7	640	0,226	70% manta e 30% primer
		8	572	0,202	80% primer / 20% manta
Média			734,00	0,260	
DP				0,03200	
Umidade				3,15%	

Tabela 7.6: Resultados aderência sistema MMPS 0%W

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
6	0%W	1	800	0,283	90% manta / 5% promer / 5% primer e manta
		2	1064	0,376	50% manta / 30% primer / 20% manta e primer
		3	811	0,287	80% manta / 15% primer / 5% manta e primer
		4	876	0,310	80% manta / 15% primer / 5% manta e primer
6'		5	893	0,316	80% manta / 20% primer
		6	862	0,305	70% manta / 20% primer / 10% manta e primer
		7	829	0,293	80% manta / 20% primer
		8	845	0,299	100% manta
Média			766,88	0,309	
DP				0,02765	
Umidade				0,00%	

Tabela 7.7: Resultados aderência sistema MMPS 100%W

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
1	100%W	1	786	0,278	100% manta
		2	685	0,242	60% manta / 40% primer e manta
		3	968	0,342	80% manta / 20% manta e primer
		4	411	0,145	98% manta / 2% manta e primer
1'		5	261	0,092	100% primer e manta
		6	354	0,125	60% manta / 40% manta e primer
		7	701	0,248	100% primer e manta
		8	802	0,284	90% primer e manta / 10% manta
Média			520,75	0,220	
DP			0,08256		
Umidade			Aprox 100%		

Tabela 7.8: Resultados aderência sistema MMPA 1 dia

Tabela 705 - Resultados das ensaio sistema mantas e primers					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
8	1 DIA	1	731	0,259	95% manta e primer / 5% primer
		2	829	0,293	98% manta e primer / 2% primer
		3	416	0,147	100% Manta e primer
		4	483	0,171	98% manta e primer / 2% primer
8'		5	505	0,179	100% manta e primer
		6	315	0,111	100% manta e primer
		7	600	0,212	98% manta e primer / 2% primer
		8	427	0,151	100% manta e primer
Média		496,71	0,190		
DP		0,05687			
Umidade		4,96%			

Tabela 7.9: Resultados aderência sistema MMPA 2 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
9	2 DIAS	1	578	0,204	90% manta e primer / 10% primer
		2	435	0,154	80% manta e primer / 20% primer
		3	379	0,134	80% manta e primer / 20% primer
		4	377	0,133	80% manta e primer / 20% primer
5		574	0,203	100% manta e primer	
9'		6	456	0,161	100% manta e primer
		7	328	0,116	100% manta e primer
		8	306	0,108	100% manta e primer
Média			429,13	0,152	
DP				0,03414	
Umidade				4,50%	

Tabela 7.10: Resultados aderência sistema MMPA 3 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
10	3 DIAS	1	580	0,205	98% manta e primer / 2% manta
		2	537	0,190	80% manta / 20% manta e primer
		3	784	0,277	85% manta e primer / 10% primer/5% manta
		4	815	0,288	75% manta / 25% primer
5		750	0,265	70% manta e primer / 10% primer / 20% manta	
6		693	0,245	55% manta e primer / 45% manta	
7		781	0,276	55% manta / 45% manta e primer	
8		830	0,294	90% manta e primer / 10% manta	
Média			721,25	0,255	
DP				0,03617	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.11: Resultados aderência sistema MMPA 7 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
11	7 DIAS	1	788	0,279	70% primer / 30% manta e primer
		2	615	0,218	50% manta e primer / 50% primer
		3	859	0,304	90% manta e primer / 10% primer
		4	799	0,283	50% primer / 30% manta e primer / 20% manta
5		650	0,230	100% manta e primer	
11'		6	546	0,193	80% primer / 20% manta e primer
		7	587	0,208	60% manta / 40% manta e primer
		8	1006	0,356	80% primer/ 20% manta
Média			731,25	0,259	
DP				0,05229	
Umidade				3.15%	

Tabela 7.12: Resultados aderência sistema MMPA 0%W

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
12	0%W	1	610	0,216	90% primer / 10% manta e primer
		2	550	0,195	85% manta e primer / 15% primer
		3	685	0,242	70% manta e primer / 30% primer
		4	732	0,259	70% primer / 30% manta e primer
5		935	0,331	80% manta / 10% primer / 10% manta e primer	
6		910	0,322	90% manta e primer / 10% primer	
7		545	0,193	80% manta e primer / 10% primer / 10% MANTA	
8		525	0,186	90% manta e primer / 10% primer	
Média			620,88	0,243	
DP			0,05369		
Umidade			0.00%		

Tabela 7.13: Resultados aderência sistema MMPA 100%W

PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
7	100%W	1	723	0,256	100% primer e manta
		2	618	0,219	60% manta / 40% manta e primer
		3	432	0,153	100% primer e manta
		4	293	0,104	90% primer e manta / 10% manta
7'		5	705	0,249	100% primer e manta
		6	682	0,241	100% primer e manta
		7	502	0,178	100% primer e manta
		8	455	0,161	100% primer e manta
Média			494,38	0,195	
DP				0,05114	
Umidade				Aprox 100%	

Tabela 7.14: Resultados aderência sistema MMPS - Sobreposição 1 dia

PLACA	PRIMER SOLVENTE				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
2	1 DIA	1	371	0,131	80% manta 20% primer
		2	477	0,169	Rompimento cola
		3	587	0,208	Sobreposição
2'		4	842	0,298	Sobreposição
Média			600,00	0,212	
DP				0,06808	
Umidade				4,96%	

Tabela 7.15: Resultados aderência sistema MMPS - Sobreposição 2 dias

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
3	2 DIAS	1	557	0,197	40% Primer 60% manta
		2	519	0,184	100% manta/primer
		3	610	0,216	70% manta 30% primer
3'		4	710	0,251	80% manta 20% primer
Média			599,00	0,212	
DP				0,02538	
Umidade				4,50%	

Tabela 7.16: Resultados aderência sistema MMPS - Sobreposição 3 dias

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
4	3 DIAS	1	707	0,250	Sobreposição
		2	547	0,193	85% primer 15% manta
		3	605	0,214	98% manta 2% primer
4'		4	350	0,124	Rompimento cola
Média			619,67	0,219	
DP				0,02339	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.17: Resultados aderência sistema MMPS - Sobreposição 7 dias

PLACA	PRIMER SOLVENTE				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
5	7 DIAS	1	581	0,205	100% Primer
		2	676	0,239	60% manta 40% primer
		3	642	0,227	98% primer 2% manta
5'		4	640	0,226	70% manta 30% primer
Média			0,22	0,224	
DP				0,01209	
Umidade				3,15%	

Tabela 7.18: Resultados aderência sistema MMPS - Sobreposição 0%W

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
6	0%W	1	780	0.276	50% manta e primer / 40% primer 10% manta
		2	600	0.212	50% manta e primer / 40% primer 10% manta
3		725	0.256	95% Primer 5% manta	
6'		4	800	0.283	Sobreposição
Média			726,25	0,257	
DP				0,02755	
Umidade				0,00%	

Tabela 7.19: Resultados aderência sistema MMPS – Sobreposição 100%W

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
1	100%W	1	460	0,163	Sobreposição
		2	392	0,139	Sobreposição
3		470	0,166	Sobreposição	
4		367	0,130	Sobreposição	
Média			422,25	0,149	
DP				0,01549	
Umidade				Aprox 100%	

Tabela 7.20: Resultados aderência sistema MMPA – Sobreposição 1 dia

PLACA	PRIMER ÁGUA				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
8	1 DIA	1	347	0,123	90% manta/primer e 10% primer
		2	257	0,091	70% manta/primer e 30% primer
3		628	0,222	85% manta/primer e 15% primer	
8'		4	365	0,129	100% manta/primer
Média			399,25	0,141	
DP				0,04890	
Umidade				4,96%	

Tabela 7.21: Resultados aderência sistema MMPA – Sobreposição 2 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
9	2 DIAS	1	324	0,115	100% manta/primer
		2	251	0,089	95% manta/primer 5% primer
3		269	0,095	100% manta / primer	
9'		4	357	0,126	100% manta / primer
Média			300,25	0,106	
DP				0,01499	
Umidade				4.50%	

Tabela 7.22: Resultados aderência sistema MMPA – Sobreposição 3 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
10	3 DIAS	1	600	0,212	95% manta/primer 5% primer
		2	251	0,089	90% manta/primer 10% manta
10'		3	560	0,198	
		4	336	0,119	
Média			436,75	0,154	
DP				0,05201	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.23: Resultados aderência sistema MMPA – Sobreposição 7 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
11	7 DIAS	1	526	0,186	50% primer / 50% manta primer
		2	546	0,193	60% manta/primer 40% primer
		3	253	0,089	100% manta/primer
11'		4	594	0,210	98% manta/primer 2% manta
Média		479,75	0,170		
DP		0,04712			
Umidade		3,15%			

Tabela 7.24: Resultados aderência sistema MMPA – Sobreposição 0% W

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
12	0%W	1	542	0,192	80% primer / 20% manta e primer
		2	380	0,134	80% primer / 20% manta e primer
3		724	0,256	90% manta / 10% manta e primer	
12'		4	447	0,158	70% manta e primer / 30% primer
Média			523,25	0,185	
DP				0,04577	
Umidade				0.00%	

Tabela 7.25: Resultados aderência sistema MMPA – Sobreposição 100% W

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
7	100%W	1	426	0,151	60% manta e primer / 40% primer
		2	259	0,092	70% manta e primer / 30% primer
3		554	0,196	60% manta e primer / 40% manta	
7'		4	424	0,150	98% manta e primer / 2% manta
Média			415,75	0,147	
DP				0,03703	
Umidade				Aprox 100%	

Tabela 7.26: Resultados aderência sistema MAPS – 1 dia

PLACA	PRIMER SOLVENTE				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
14	1 DIA	1	209	0,074	100% manta /primer
		2	407	0,144	100% manta /primer
		3	384	0,136	50% manta primer / 50% manta
		4	318	0,112	90% manta e primer / 10% manta
5		246	0,087	100% manta /primer	
6		120	0,042	98% manta / 2% substrato	
7		623	0,220	60% primer / 40% manta	
8		111	0,039	100% manta e primer	
	Média		251,38	0,107	
	DP			0,06015	
	Umidade			4,96%	

Tabela 7.27: Resultados aderência sistema MAPS – 2 dias

PRIMER SOLVENTE					
Placas	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
15	2 DIAS	1	293	0,104	100% manta e primer
		2	166	0,059	100% manta e primer
		3	122	0,043	100% manta e primer
		4	269	0,095	100% manta e primer
5		436	0,154	100% manta e primer	
15'		6	465	0,164	100% manta e primer
		7	371	0,131	100% manta e primer
		8	522	0,185	100% manta e primer
	Média		330,50	0,117	
DP			0,04733		
Umidade			4,50%		

Tabela 7.28: Resultados aderência sistema MAPS – 3 dias

PRIMER SOLVENTE					
Amostras		Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
16	3 DIAS	1	0	0,000	100% manta /primer
		2	0	0,000	100% manta /primer
		3	0	0,000	100% manta /primer
		4	0	0,000	100% manta /primer
5		208	0,074	90% manta e primer / 10% primer	
6		393	0,139	85% manta e primer / 15% primer	
7		188	0,066	95% manta e primer / 5% primer	
8		176	0,062	95% manta e primer / 5% primer	
Média			120,63	0,043	
DP				0,04805	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.29: Resultados aderência sistema MAPS – 7 dias

PRIMER SOLVENTE					
	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
17 *	7 DIAS	1	0	0,000	-
		2	0	0,000	-
		3	0	0,000	-
		4	0	0,000	-
5		249	0,088	100% manta e primer	
6		242	0,086	100% manta e primer	
7		268	0,095	100% manta / primer	
8		520	0,184	100% manta / primer	
	Média		159,88	0,057	
	DP			0,06355	
	Umidade			3,15%	

Tabela 7.30: Resultados aderência sistema MAPS – 0%W

PRIMER SOLVENTE					
Amostras		Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
18	0%W	1	371	0,131	98% manta e primer / 2% primer
		2	248	0,088	100% manta e primer
		3	325	0,115	90% manta e primer e 10% primer
		4	431	0,152	95% manta e primer / 5% primer
5		0	0,000	-	
6		0	0,000	-	
7		0	0,000	-	
8		0	0,000	-	
Média			171,88	0,061	-
DP			0,06305		
Umidade			0,00%		

Tabela 7.31: Resultados aderência sistema MAPS – 100%

PRIMER SOLVENTE					
	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
13	100%W	1	165	0,058	100% manta / primer
		2	290	0,103	100% manta / primer
		3	189	0,067	100% manta / primer
		4	283	0,100	100% manta / primer
13´		5	229	0,081	100% manta / primer
		6	265	0,094	100% manta / primer
		7	397	0,140	100% manta / primer
		8	139	0,049	100% manta / primer
Média			227,25	0,087	
DP				0,02740	
Umidade				Aprox 100%	

Tabela 7.32: Resultados aderência sistema MAPA – 1 dia

PLACA	PRIMER ÁGUA				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
20	1 DIA	1	100	0,035	100% Manta e primer
		2	101	0,036	100% Manta e primer
		3	169	0,060	100% Manta e primer
		4	145	0,051	100% Manta e primer
5		0	0,000	-	
6		156	0,055	100% Manta e primer	
7		390	0,138	100% Manta e primer	
8		78	0,028	100% Manta e primer	
20´					
	Média			148,29	0,050
	DP			0,03754	
Umidade			4,96%		

Tabela 7.33: Resultados aderência sistema MAPA – 2 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
21	2 DIAS	1	218	0,077	100% Manta e primer
		2	315	0,111	100% Manta e primer
		3	334	0,118	100% Manta e primer
		4	190	0,067	100% Manta e primer
21´		5	273	0,097	100% Manta e primer
		6	305	0,108	100% Manta e primer
		7	91	0,032	100% Manta e primer
		8	168	0,059	100% Manta e primer
Média		236,75	0,084		
DP				0,02798	
Umidade				4,50%	

Tabela 7.34: Resultados aderência sistema MAPA – 3 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
22	3 DIAS	1	151	0,053	100% manta e primer
		2	113	0,040	95% manta e 5% primer
		3	201	0,071	95% manta e 5% primer
		4	276	0,098	95% manta e 5% primer
5		204	0,072	100% manta e primer	
6		0	0,000	-	
7		346	0,122	100% manta e primer	
8		0	0,000	-	
Média			161,375	0,057	
DP				0,04055	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.35: Resultados aderência sistema MAPA – 7 dias

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
23	7 DIAS	1	293	0,104	100% manta e primer
		2	250	0,088	100% manta e primer
		3	330	0,117	100% manta e primer
		4	380	0,134	100% manta e primer
23		5	260	0,092	100% manta e primer
		6	220	0,078	100% manta e primer
		7	300	0,106	100% manta e primer
		8	230	0,081	100% manta e primer
Média			282,88	0,100	
DP				0,01786	
Umidade				3,15%	

Tabela 7.36: Resultados aderência sistema MAPA – 0%W

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
24	0%W	1	142	0,050	100% manta/primer
		2	193	0,068	100% manta/primer
		3	233	0,082	100% manta/primer
		4	177	0,063	100% manta/primer
5		88	0,031	100% manta/primer	
6		17	0,006	100% manta/primer	
7		96	0,034	100% manta/primer	
8		0	0,000	-	
Média			118,25	0,042	
DP			0,02751		
Umidade			0,00%		

Tabela 7.37: Resultados aderência sistema MAPA –100%W

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (N)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
19	100%W	1	264	0,093	100% manta e primer
		2	300	0,106	100% manta e primer
		3	298	0,105	100% manta e primer
		4	354	0,125	100% manta e primer
19 ´		5	310	0,110	100% manta e primer
		6	130	0,046	100% manta e primer
		7	130	0,046	100% manta e primer
		8	155	0,055	100% manta e primer
Média		223,25	0,086		
DP				0,02980	
Umidade				Aprox 100%	

Tabela 7.38: Resultados aderência sistema MAPS – 1 dia sobreposição

PLACA	PRIMER SOLVENTE				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
14	1 DIA	1	525	0,186	60% manta e 40% primer
		2	320	0,113	50% manta e primer / 50% manta
		3	410	0,145	100% manta e primer
14'		4	230	0,081	100% manta e primer
Média			371,25	0,131	
DP				0,01931	
Umidade				4,96%	

Tabela 7.39: Resultados aderência sistema MAPS – 2 dias sobreposição

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
15	2 DIAS	1	215	0,076	100% manta
		2	270	0,095	100% manta
		3	464	0,164	100% manta e primer
15´		4	343	0,121	100% manta
Média			323,00	0,114	
DP				0,01648	
Umidade				4,50%	

Tabela 7.40: Resultados aderência sistema MAPS – 3 dias sobreposição

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
16	3 DIAS	1	0	0,000	-
		2	0	0,000	-
3		315	0,111	90% manta e primer / 10% primer	
4		217	0,077	90% manta e primer / 10% primer	
16'					
Média			133,00	0,047	
DP				0,02430	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.41: Resultados aderência sistema MAPS – 7 dias sobreposição

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
17	7 DIAS	1	0	0,000	-
		2	0	0,000	-
3		359	0,127	80% primer e manta / 20% primer	
4		498	0,176	70% primer e manta / 30% primer	
17'					
Média			214,25	0,076	
DP				0,03887	
Umidade				3,15%	

Tabela 7.42: Resultados aderência sistema MAPS – 0%W sobreposição

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
18	0%W	1	247	0,087	98% manta e primer / 2% primer
		2	331	0,117	98% manta e primer / 2% primer
3			0,000	-	
4			0,000	-	
18'					
			144,50	0,051	
				0,02609	
				0,00%	

Tabela 7.43: Resultados aderência sistema MAPS –100%W sobreposição

PRIMER SOLVENTE					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
13	100%W	1	250	0,088	100% manta e primer
		2	315	0,111	100% manta e primer
13'		3	358	0,127	100% manta e primer
		4	178	0,063	100% manta e primer
Média			275,25	0,097	
DP				0,01203	
Umidade				Aprox 100%	

Tabela 7.44: Resultados aderência sistema MAPA – 1 dia sobreposição

PLACA	PRIMER ÁGUA				
	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
20	1 DIA	1	165	0,058	100% manta e primer
		2	0	0,000	-
3			0,000	-	
20'		4		0,000	-
Média			41,25	0,015	
DP				0,01263	
Umidade				4,96%	

Tabela 7.45: Resultados aderência sistema MAPA – 2 dias sobreposição

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
21	2 DIAS	1	211	0,075	100% manta e primer
		2	283	0,100	100% manta e primer
		3	232	0,082	95% manta 5% primer
21'		4	220	0,078	100% manta e primer
Média			236,50	0,084	
DP				0,00493	
Umidade				4,50%	

Tabela 7.46: Resultados aderência sistema MAPA – 3 dias sobreposição

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
22	3 DIAS	1	250	0,088	100% manta
		2	234	0,083	100% manta
		3	117	0,041	100% manta
22'		4	0	0,000	-
Média			150,25	0,053	
DP				0,01783	
Umidade				3,90%	

Tabela 7.47: Resultados aderência sistema MAPA – 7 dias sobreposição

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
23	7 DIAS	1	250	0,088	100% manta e primer
		2	187	0,066	100% manta e primer
		3	315	0,111	85% manta e primer / 15% primer
23'		4	280	0,099	100% manta e primer
Média			258,00	0,091	
DP				0,00831	
Umidade				3,15%	

Tabela 7.48: Resultados aderência sistema MAPA – 0% W sobreposição

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
24	0%W	1	92	0,033	100% manta e primer
		2	0	0,000	-
		3	0	0,000	-
24'		4	0	0,000	-
Média			23,00	0,008	
DP				0,00704	
Umidade				0,00%	

Tabela 7.49: Resultados aderência sistema MAPA – 100% W sobreposição

PRIMER ÁGUA					
PLACA	Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
19	100%W	1	280	0,099	100% manta e primer
		2	115	0,041	100% manta e primer
		3	230	0,081	100% manta e primer
19'		4	200	0,071	100% manta e primer
Média			206,25	0,073	
DP				0,01060	
Umidade				Aprox 100%	

ANÁLISE DE VARIÂNCIA – SISTEMA MMPS

Tabela 7.50: Resultados de aderência sistema MMPS

PRIMER SOLVENTE					
1 (4,96%)	2 (4,50%)	3 (3,90%)	7 (3,15%)	100%w	0%w
0,196	0,294	0,247	0,266	0,278	0,283
0,282	0,314	0,215	0,277	0,242	0,376
0,143	0,299	0,192	0,268	0,342	0,287
0,159	0,232	0,085	0,313	0,145	0,310
0,340	0,161	0,336	0,278	0,092	0,316
0,357	0,210	0,365	0,246	0,125	0,305
0,221	0,247	0,278	0,226	0,248	0,293
0,386	0,255	0,312	0,202	0,284	0,299

Tabela 7.51: ANOVA sistema MMPS

PRIMER SOLVENTE						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
1DIA	8	2,083834	0,260479	0,008819		
2DIAS	8	2,012027	0,251503	0,002619		
3DIAS	8	2,030421	0,253803	0,008125		
7DIAS	8	2,077114	0,259639	0,001171		
100%W	8	1,75734	0,219667	0,007791		
0%W	8	2,47294	0,309117	0,000865		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,033157	5	0,006631	1,353818	0,261047	2,437693
Dentro dos grupos	0,205727	42	0,004898			
Total	0,238884	47				

F < F CRÍTICO

ANÁLISE DE VARIÂNCIA – SISTEMA MMPA

Tabela 7.52: Resultados de aderência sistema MMPA

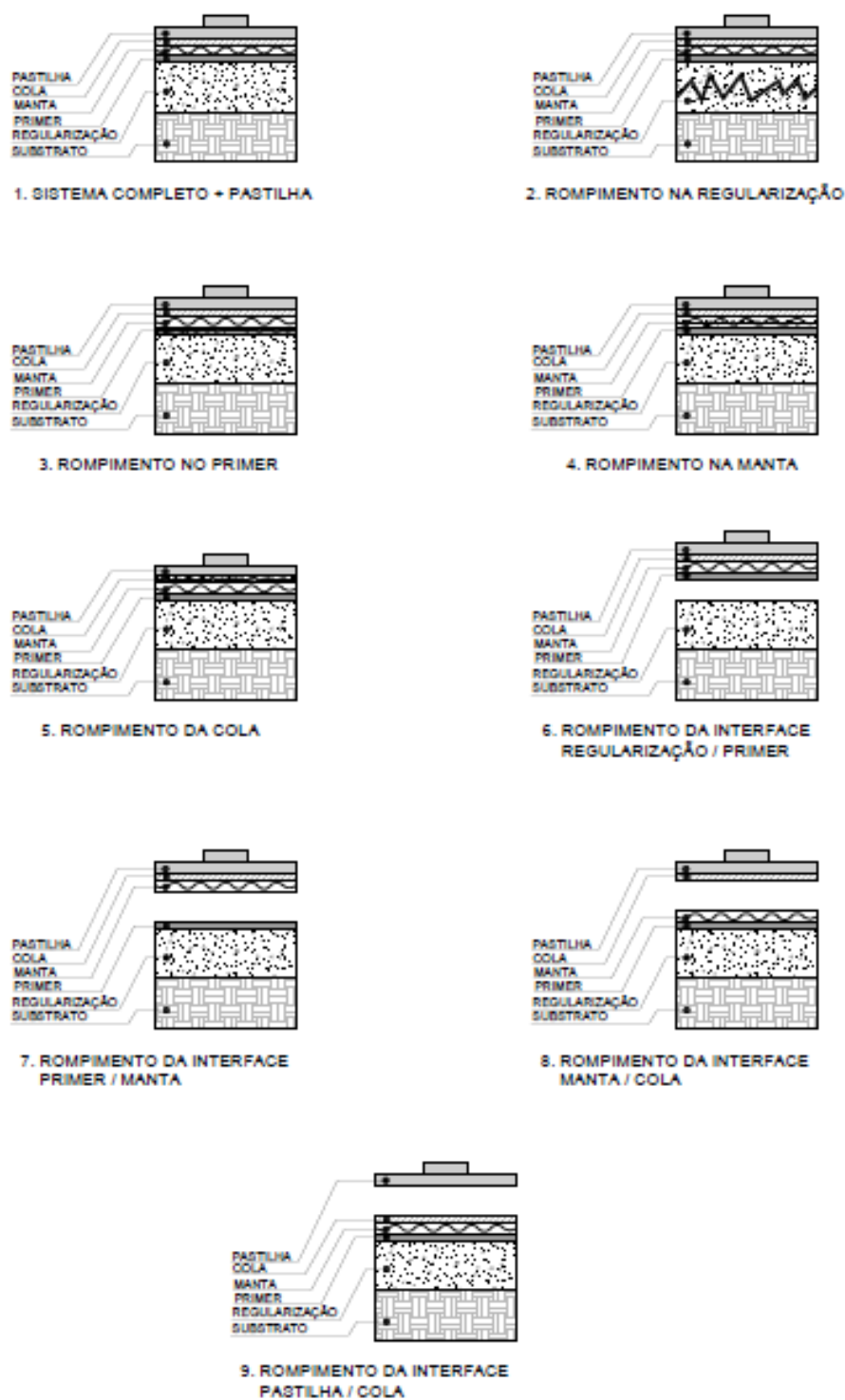
PRIMER ÁGUA					
1 (4,96%)	2 (4,50%)	3 (3,90%)	7 (3,15%)	100%w	0%w
0,260	0,200	0,300	0,280	0,260	0,210
0,290	0,150	0,190	0,200	0,220	0,170
0,150	0,130	0,100	0,300	0,150	0,240
0,170	0,130	0,340	0,280	0,100	0,220
0,180	0,200	0,280	0,210	0,250	0,330
0,110	0,160	0,250	0,140	0,240	0,290
0,210	0,120	0,280	0,210	0,180	0,190
0,150	0,110	0,290	0,360	0,160	0,170

Tabela 7.53: ANOVA sistema MMPA

PRIMER ÁGUA						
RESUMO						
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
1DIA	8	1,52	0,19	0,003629		
2DIAS	8	1,2	0,15	0,0012		
3DIAS	8	2,03	0,25375	0,005713		
7DIAS	8	1,98	0,2475	0,004879		
100%W	8	1,56	0,195	0,0032		
0%W	8	1,82	0,2275	0,003279		
ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,062794	5	0,012559	3,441034	0,010738	2,437693
Dentro dos grupos	0,153288	42	0,00365			
Total	0,216081	47				

F > F CRÍTICO

Figura 7.1: Forma de ruptura dos corpos-de-prova dos sistemas de manta asfáltica



Fontes: Autores, 2016

8. ANEXOS

8.1. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS MANTAS ASFÁLTICAS

8.2. FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS