



**VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE UMIDADE
DO SUBSTRATO NA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA
MANTA ASFÁLTICA APLICADA A MAÇARICO.**

SÃO PAULO

2021



Sidney de Barros

Francisco Prisco Júnior

Antônio Carlos Ribeiro da Silva Júnior

**VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE UMIDADE
DO SUBSTRATO NA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA
MANTA ASFÁLTICA APLICADA COM MAÇARICO.**

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

Prof. Orientador: M.Sc. Luís César Siqueira De Luca.

SÃO PAULO

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por nos dar força para superar as nossas dificuldades. Aos nossos familiares por estarem ao nosso lado incentivando e compreendendo as nossas ausências, pela necessidade de se dedicar ao curso e ao estudo. Aos amigos que, com incentivos ou dados de investigação, contribuíram para a realização deste. Ao professor M.Sc. De Luca pelas orientações e assistência durante a execução do nosso trabalho de pesquisa. Aos coordenadores Ricardo e André que também nos orientaram e apoiaram nessa jornada. Agradecemos também a Viapol e a toda equipe do laboratório, por viabilizar e fornecer toda a estrutura e materiais utilizados na execução do programa experimental. Aos nossos colegas de curso que ao longo destes dois anos, dividiram conosco diversos conhecimentos e experiências. Aos mestres que nos transmitiram todo aprendizado e que, sempre estiveram solícitos para esclarecerem nossas dúvidas.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo verificar a interferência do índice de umidade do substrato quanto a sua resistência à aderência a tração da manta asfáltica, quando aplicada a maçarico. Este estudo mostra a relação da aderência da manta asfáltica Tipo III-B 4mm quando aplicada com utilização do maçarico em substratos padrões. Consideramos como variáveis o fator umidade superficial sobre a regularização fixadas em 2%, 5%, 10%, 15% e 20%, sem a utilização de primer e com a utilização de 4 primers diferentes, sendo 02 (dois) primers tipo emulsão (base água) e 02 (dois) primers tipo solução (base solvente), também utilizando as placas sem primer para cada umidade. O método de pesquisa utilizado foi o programa experimental, executado em laboratório específico baseado, pois utilizamos pastilhas prismática e não pastilhas redondas e também dividimos as placas fazendo um tipo de teste em cada metade delas, na norma ABNT 12171 de 01/2021 (esta norma prescreve o método e ensaio em laboratório para quantificar o potencial de aderência da camada impermeabilizante ao substrato padrão), através de 20 (vinte) protótipos do tipo substrato padrão (conforme norma ABNT – NBR 14081-2 de 2015), que simulam o sistema de impermeabilização (base, regularização, imprimação e manta asfáltica). Nestas placas foram checados os índices de umidades e ao atingir o índice proposto aplicamos, em metade da placa, o primer e na outra metade a manta (sem a utilização do primer), este método foi repetido para cada tipo de primer e para cada índice de umidade. Nas metades que foram aplicados os primers, houve o hiato, um tempo para sua devida cura e após isto realizado a aplicação da manta asfáltica com a utilização de maçarico a gás. Foram coladas 10 (dez) pastilhas em cada placa padrão, 05 (cinco) na metade sem primer e 05 (cinco) na outra metade com primer, conforme a norma ABNT – NBR 13528 - 2010 totalizando 200 (duzentos) testes de arrancamento. As medições foram executadas através do aparelho Aderímetro da Solotest onde foram feitos os testes para verificar a resistência a aderência a tração nos corpos de provas. E os resultados obtidos, demonstrou que para os primers base água os melhores resultados foram obtidos nas placas com maiores percentual de umidades e para os primers base de solvente os melhores resultados foram obtidos nas placas com menor percentual de umidades, podemos afirmar também que todos os primers tiveram resultados bem satisfatórios quanto a resistência a aderência a tração em todas as faixas de umidades testadas. As placas sem primer tiveram aderência bem menor a base quando comparadas com as bases com primer, mas quando levado em consideração apenas a umidade, a variação foi muito pequena.

Palavras-chave: impermeabilização, manta asfáltica, primer e aderência.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Camadas do sistema de impermeabilização	18
Figura 2. Custo de impermeabilização	19
Figura 3. Penetração da impermeabilização	24
Figura 4. Mistura do concreto	26
Figura 5. Manta asfáltica	28
Figura 6. Composição da manta asfáltica	31
Figura 7. Regularização	35
Figura 8. Manta asfáltica – Detalhe e preparo do substrato	35
Figura 9. Placas padrão	41
Figura 10. Placas padrão regularizada	41
Figura 11. Placas padrões regularizadas encharcadas	42
Figura 12. Insuflador de ar quente	43
Figura 13. Estufa	43
Figura 14. Aparelho TM-170 Aquameter	44
Figura 15. Aplicação de primer nas placas padrões regularizadas	44
Figura 16. Aplicação da manta nas placas padrões	45
Figura 17. Pastilhas coladas com epoxi	45
Figura 18. Aparelho Aderímetro da Solotest	46
Figura 19. Execução do teste de aderência e placa já testada	46
Figura 20. Placas após a execução dos testes	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos ADPs	22
Tabela 2. Parâmetro de ensaio para manta asfáltica	32
Tabela 3. Características da manta tipo III-B – 4mm	38
Tabela 4. Características técnicas do primer 1 – emulsão	38
Tabela 5. Características técnicas do primer 2 – emulsão	39
Tabela 6. Características técnicas do primer 3 – solução	39
Tabela 7. Características técnicas do primer 4 – solução	39
Tabela 8. Resultados dos ensaios com umidade a 2%	47
Tabela 9. Resultados dos ensaios com umidade a 5%	49
Tabela 10. Resultados dos ensaios com umidade a 10%	50
Tabela 11. Resultados dos ensaios com umidade a 15%	52
Tabela 12. Resultados dos ensaios com umidade a 20%	53
Tabela 13. Resultados dos ensaios sem primer e com todos os primers	55
Tabela 14. Resultados dos ensaios com todas as umidades	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Umidade a 2%	48
Gráfico 2. Umidade a 5%	49
Gráfico 3. Umidade a 10%	51
Gráfico 4. Umidade a 15%	52
Gráfico 5. Umidade a 20%	54
Gráfico 6. Resultado dos ensaios sem primer e com todos os primers	55
Gráfico 7. Resultado dos ensaios com todas as umidades	56

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTAS DE TABELAS	6
LISTA DE GRÁFICOS	7
SUMÁRIO	8
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2. OBJETIVOS	12
1.2.1. Objetivo geral	12
1.2.2. Objetivos específicos	12
1.3. HIPÓTESE	12
1.4. JUSTIFICATIVAS	13
1.4.1. Tecnológicas	13
1.4.2. Econômicas	13
1.4.3. Sociais	14
1.4.4. Ecológica	14
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO	17
2.2. PRIMER	20
2.2.1. Tipos de materiais empregados em serviços de imprimação.....	21

2.2.1.1. Asfalto diluído de petróleo (ADP).....	21
2.2.1.2. Emulsões asfálticas especiais para imprimação	22
2.2.1.3. Desempenho da imprimação	23
2.2.2. Aderência e coesão	24
2.2.3. Imprimação em superfícies concretadas	25
2.2.4. Tipos de primers existente no mercado.....	27
2.3. MANTA ASFÁLTICA	28
2.4. RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO	33
2.5. SUBSTRATO	34
3. PROGAMA EXPERIMENTAL	37
3.1. MATERIAIS UTILIZADOS	37
3.1.1. Manta Asfáltica	37
3.1.2. Primer	38
3.1.3. Substrato	39
3.1.4. Argamassa	40
3.1.5. Adesivo epóxi	40
3.2. Execução	40
3.2.1. Preparos das placas	41
3.2.2. Umidade superficial	42
3.2.3. Aplicação do primer	44
3.2.4. Aplicação da manta asfáltica	44
3.2.5. Colagem das pastilhas	45
3.2.6. Execução do teste de aderência à tração	46
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
4.1 RESULTADOS DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO DOS ENSAIOS	47
4.1.1. Com substratos com umidade de 2%	47
4.1.2. Com substratos com umidade de 5%	48
4.1.3. Com substratos com umidade de 10%	50
4.1.4. Com substratos com umidade de 15%	51
4.1.5. Com substratos com umidade de 20%	53

4.2. RESULTADOS DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DOS ENSAIOS COM SUBSTRATOS COM TODOS O PRIMERS E UMIDADES	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO

A temática principal deste trabalho é o estudo da aplicação de manta asfáltica com maçarico em substratos com diferentes umidades e utilizando primers, solução, emulsão e sem a utilização de primer.

A impermeabilização muitas vezes é simplesmente entendida como a adoção de técnicas e procedimentos cujo objetivo é formar barreira físico-química, para impedir infiltração de fluídos nocivos, que agredem o sistema estrutural da edificação. Como definido na Norma Brasileira 9575/2010, “Conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra ação deletéria de fluídos, vapores e umidade”.

O emprego de mantas asfálticas como sistema impermeável em lajes e estruturas de concreto é o método mais comumente empregado, em função do baixo módulo de rigidez desse sistema, e assim, não colapsando com as deformações características das estruturas de concreto.

A NBR 9574-2008 “Execução de Impermeabilização”, prega que para esse sistema impermeável ser eficaz quanto a aderência, a superfície onde a manta será aplicada esteja seca, ou seja, a regularização desta superfície esteja curada completamente, sugere um período de sete dias de cura. Com a velocidade requerida para algumas obras atualmente nem sempre é possível a espera deste prazo, não obstante as atuais condições meteorológicas.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

O índice de umidade do substrato interfere na resistência à aderência a tração da manta asfáltica aplicada sobre ele com maçarico?

1.2. OBJETIVOS

Neste item serão apresentados os objetivos deste trabalho, iniciando por objetivo geral e passando por objetivo específico e terminando em hipótese.

1.2.1. Objetivo Geral

Verificar a interferência do índice de umidade do substrato na resistência à aderência à tração da manta asfáltica, aplicada com o maçarico.

1.2.2. Objetivo Específico

Verificar a interferência da utilização de primer ou não e do tipo de primer (emulsão e solução), aplicada em substratos com diferentes níveis de umidade, quanto à resistência de aderência à tração da manta asfáltica aplicada com maçarico.

1.3. HIPÓTESE

Presume-se que com a utilização de primer esta aderência seja maior e a utilização de primer à base de solvente proporcionará maior penetração, por consequência melhor resistência, nas bases menos saturadas, pois possuem viscosidade maior, e assim são mais viscosos que os produtos à base de água que possuem viscosidade menor, e portanto mais fluído, os produtos com base d'água, deverão colmatar e homogeneizar melhor os corpos de prova com maior teor de umidade e assim proporcionará maior aderência à tração da manta asfáltica aplicada com maçarico nos substratos mais saturados.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item serão apresentadas as justificativas deste trabalho, iniciando por tecnológicas e passando por econômicas, sociais e terminando em justificativas ecológicas.

1.4.1. Tecnológicas

Segundo a matéria “Custo da impermeabilização x Quando é executada” (Revista Arquitetura e Construção, 2005), a diferença de uma impermeabilização bem executada durante a obra para uma impermeabilização que tem que ser refeita quando a edificação já está habitada é até 15 vezes mais custosa, isto quer dizer que, quanto maior for às informações que tivermos sobre impermeabilizações melhor poderá ser as especificações para se realizar boas práticas de impermeabilização durante a obra.

Esta pesquisa deve contribuir com informações para a impermeabilização de manta asfáltica, colada a maçarico, com o uso de um primer adequado que promova uma maior aderência da manta ao substrato, seja ele seco ou saturado, tendo assim uma maior vida útil do sistema.

1.4.2. Econômicas

Com a utilização de materiais mais apropriados nos locais e condições das superfícies a serem impermeabilizadas, podemos verificar que, a melhor aderência da manta asfáltica na base, evitando o seu descolamento, e desta forma facilitar a verificação da origem da possível infiltração, evitando que a água não percorra grande distância da sua origem, proporcionando maior facilidade na localização quando da execução do reparo a ser efetuado, e assim, gerando menor custo na manutenção corretiva.

1.4.3. Sociais

Usando de um sistema que garanta uma aderência maior ao substrato, deve-se gerar uma impermeabilização com vida útil maior. Quando houver necessidade de manutenção, esta deve ser em pontos localizados, portanto, a interferência no entorno do ambiente utilizado pelas pessoas, será menor.

1.4.4. Ecológicas

Devido a uma manutenção mais localizada e o fato de dar uma vida útil mais longa ao sistema, fazendo com que a reimpermeabilização aconteça em um prazo maior, havendo uma diminuição de resíduos gerados.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a execução desse trabalho fez-se um levantamento/análise de material bibliográfico e após isso utilizou-se o método de pesquisa - programa experimental seguindo norma ABNT 12171 de 01/2021 (esta norma prescreve o método e ensaio em laboratório para quantificar o potencial de aderência da camada impermeabilizante ao substrato padrão). Que seguiu as etapas abaixo descritas:

- Produziu 20 amostras de substrato padrão conforme ABNT – NBR 14082;
- Após a cura das placas de concreto (adotamos sete dias), realizou-se a regularização das placas, utilizando argamassa de cimento e areia, no traço de 1:3;
- Aplicação dos primers, base solvente e base água, sobre metade de cada placa, lado rústico, com as umidades pré-estabelecidas de 2%, 5%, 10%, 15% e 20%;
- Aplicou-se a manta asfáltica tipo III-B 4mm com maçarico nas metades das placas sem a aplicação de primer e com umidade pré-estabelecidas de 2%, 5%, 10%, 15% e 20%;

- Após a cura do primer aplicou-se a manta asfáltica com maçarico nas metades das placas que receberam os primers;
- Foi colado com epóxi um total de 200 pastilhas nas 20 placas, sendo 10 em cada placa, 05 na metade sem primer e 5 na metade com primer;
- Executou-se os testes de arrancamento em todas as amostras, para saber qual delas proporciona melhor resistência à aderência à tração;
- Análises de Resultados por nível de umidade;
- Análises de Resultados por utilização ou não de primer;
- Análises de Resultados por tipo de primer, água e solvente;
- Análises de Resultados levando em conta o tipo de primer para cada nível de umidade;
- Análises de Resultados Gerais;

1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Neste item apresenta-se o conteúdo de cada capítulo, como segue abaixo.

O Capítulo 1 apresenta a Introdução, o Problema de Pesquisa, seus Objetivos, as principais Justificativas da realização deste estudo, os Procedimentos Metodológicos e o Cronograma.

O Capítulo 2 é sobre a revisão bibliográfica e trata do Sistema de Impermeabilização, Primers, Manta Asfáltica, Resistência à Aderência à Tração e Substratos.

O Capítulo 3 trata sobre o programa experimental empregado neste trabalho, contendo uma explanação sobre os Materiais Utilizados no Experimento (Manta Asfáltica, Primer, Substrato, Argamassa, Adesivo Epóxi) e a forma como foi feita a execução do Programa Experimental falando sobre o Preparo das Placas, Umidade Superficial, Aplicação do Primer, Aplicação da Manta Asfáltica, Colagem das Pastilhas e a execução dos Testes de Aderência à Tração.

O Capítulo 4 é a Apresentação e Análise dos Resultados deste estudo utilizando como base os ensaios obtidos nos testes de resistência à aderência a tração nos níveis de umidade pré-estabelecido e com os primers utilizados, mostrando através de gráficos e tabelas os resultados obtidos.

O Capítulo 5 contém as Considerações Finais sobre o estudo e Sugestões para Trabalhos Futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresentará a fundamentação teórica pertinente ao tema, iniciando por Sistema de Impermeabilização passando por Primer, Manta Asfáltica, Resistência à Aderência à Tração e Substratos.

2.1. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

“Conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluídos, de vapores e da umidade.” (NBR9575,2010).

Uma das grandes preocupações da construção civil é impedir a infiltração de fluídos nas estruturas, evitando danos à armadura do concreto e ataques às alvenarias e revestimentos. Sem os devidos cuidados na impermeabilização, a estrutura pode sofrer com a umidade, fungos e mofo, diminuindo a vida útil da edificação. A própria água pode agir como meio de degradação nas peças de concreto servindo de veículo condutor de agentes agressivos ou carreamento de produtos provenientes da hidratação do cimento.

A impermeabilização é um sistema responsável por selar, colmatar ou vedar os materiais porosos e suas falhas, sejam elas motivadas por movimentos estruturais ou por deficiências técnicas de preparo e de execução, segundo Vedacit (2010).

A impermeabilização muitas vezes não é tratada com a devida importância nas construções ou, até mesmo, não é utilizada pelo fato de, na maioria das vezes, estar fora do alcance visual após a conclusão da obra (forumdaconstrucao.com.br).

Um sistema de impermeabilização na construção é de fundamental importância para a segurança da edificação e para a integridade física do usuário, além de tornar os ambientes salubres e mais adequados à prevenção de doenças respiratórias. Os agentes trazidos pela água e os poluentes existentes no ar, causam

danos irreversíveis a estrutura além de prejuízos financeiros, principalmente quando envolve a recuperação estrutural (forumdaconstrucao.com.br).

Segundo ABNT – NBR 9574 (2008), os sistemas de impermeabilização são divididos em dois tipos. Sistemas Rígidos e Sistemas Flexíveis.

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

De acordo com a ABNT - NBR 9575 (2010), as camadas auxiliares e complementares à impermeabilização são: a camada de regularização, a camada de imprimação, a camada de impermeabilização, a camada berço, a camada de amortecimento, a camada drenante, a proteção térmica, a camada separadora e a proteção mecânica.

As camadas mais usuais são: camada de regularização, de imprimação (primer), impermeável (manta asfáltica), camada separadora (filme de polietileno ou papel Kraft betumado), proteção mecânica e contrapiso, conforme observa-se na Figura 1.

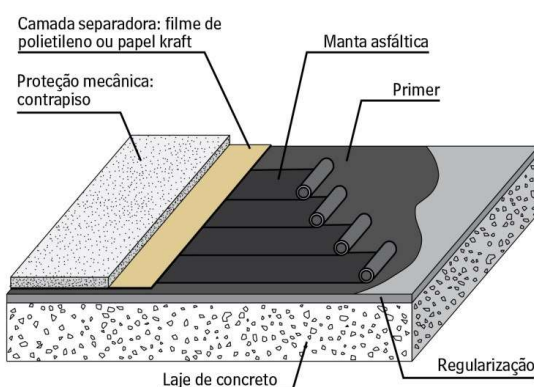


Figura 1: Camadas do sistema de impermeabilização (Catálogo Viapol 2007)

A especificação do impermeabilizante correto depende de vários fatores que devem ser levados em conta quando da especificação, são eles, movimentação estrutural, exposição aos fenômenos climáticos, existência ou não de trânsito (de veículos e/ou pessoas) e exposição a agentes químicos são algumas variáveis levadas em consideração. (POLOZZO, 2012).

Segundo Wilson Neves, gestor executivo do IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização) um projeto bem feito e um serviço bem executado, evitam bastante os chamados de assistência técnica, ou pós obra. É importante verificar se a empresa age corretamente dentro do que a resolução Conama 307 exige. (Neves: 2011).

De acordo com Oliveira (2015), quanto mais atraso para o planejamento e conseguinte execução dos processos relacionados à impermeabilização, mais caro o processo final. Falhas no projeto e execução da impermeabilização em um empreendimento poderá elevar seu custo em até 15 vezes mais, sendo que no valor global este custo implicará em até 3% do valor da obra, conforme observa-se na Figura 2.

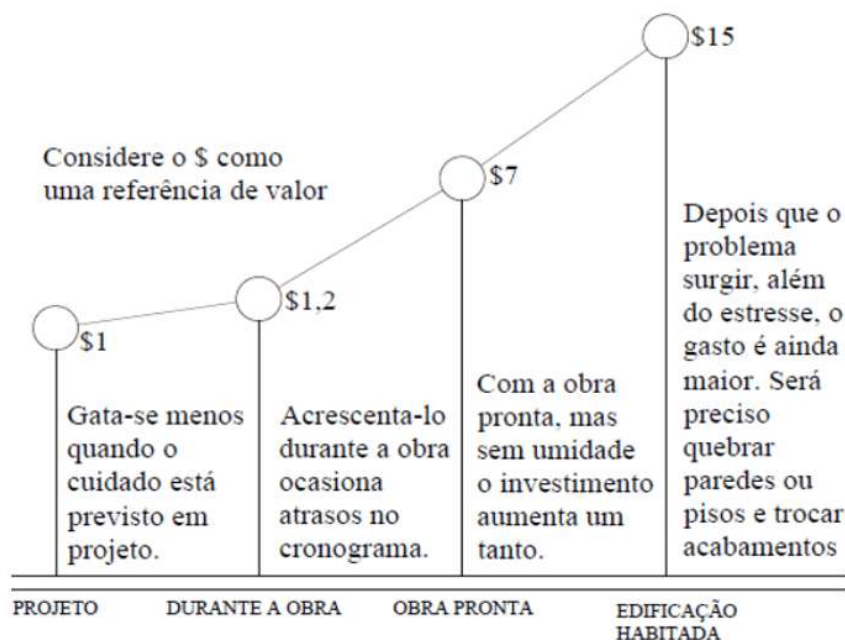


Figura 2: Custo de impermeabilização, Righi (2009, p.17).

2.2. PRIMER

A imprimação consiste na aplicação de uma fina película de material betuminoso (asfaltos modificados, solventes orgânicos, plastificantes) que visa colmatar e homogeneizar a superfície a receber o sistema impermeável, de modo que ela fique mais coesa. Como também promover melhor aderência entre a base e a manta asfáltica (trecho do artigo da revista Infraestrutura Urbana, edição 31, 10/2013; Catálogo Técnico Viapol do material Ecoprime).

A norma seguida pelos fabricantes de primer é a ABNT - NBR 9686 (2006).

A NBR 9686 - 2006 - Solução e emulsão asfálticas empregadas como material de imprimação na impermeabilização, é uma norma do tipo especificação, norma que se destina a fixar condições exigíveis para encomenda, fabricação e aceitação e/ou recebimento de matérias-primas, produtos semiacabados ou acabados, ou especificação Técnica que são documento que estabelece requisitos técnicos a serem atendidos por um produto, processo ou serviço. (3.4 ABNT ISO/IEC Guia 2:1998). Portanto esta norma não fixa ou recomenda parâmetros ou limites de aplicação do produto, limitando-se apenas a recomendar requisitos mínimos de fabricação.

Pouca literatura ou pesquisa, a respeito da importância da imprimação para o sistema impermeável em obras convencionais em concreto; porém “obras em terras”, como rodovias de revestimento asfáltico é um item de suma importância. Notadamente a coesão de superfícies de interfaces, com intuito de promover “ótima” aderência entre a da base e camada impermeável propriamente dita.

No Brasil, geralmente utiliza-se o asfalto diluído de petróleo, (ADP) do tipo Cura Média (CM-30) como sendo o tipo de asfalto utilizado na composição dos primers comerciais, à base de solvente.

Em obras de pavimentação define-se imprimação como sendo. O lançamento de um material betuminoso em uma base pronta que recebe um

revestimento asfáltico qualquer. A camada “imprimada” possui uma adesão mecânica que provavelmente é resultado de uma combinação de mecanismos que ocorrem simultaneamente à promoção de aderência. Esses mecanismos podem ser classificados em uma das três categorias: intertravamento mecânico, físico-químico de adesão causada pela energia livre de superfície de materiais e colagem causada por meio de reações químicas em sua interface (MORAES *et al.*, 2011).

Mas os hidrocarbonetos presentes nos materiais betuminosos componentes do ADP, tornam a imprimação a base de solvente uma questão ambiental importante.

Emulsões Especiais para Imprimação (EAI), e uma maior restrição na utilização do asfalto diluído na imprimação.

De acordo com a SINICESP (2013), seguindo uma tendência mundial de redução de emissões de poluentes na atmosfera para redução do efeito estufa e visando a uma melhora na qualidade dos itens de saúde, meio ambiente e segurança dos colaboradores envolvidos nos serviços de imprimação, as associadas da ABEDA (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto) desenvolveram uma Emulsão Asfáltica Catiônica capaz de substituir, com ganhos de desempenho, o ADP-CM 30 ou CM 70 para esse tipo de serviço. Essa nova emulsão recebeu a denominação de Emulsão Asfáltica para Imprimação (EAI). Tal medida pode contribuir para o acordo da 21ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (COP 21) realizada em 2015 que estabeleceu metas de redução de poluentes na atmosfera.

2.2.1. Tipos de materiais empregados em serviços de imprimação

2.2.1.1. Asfalto diluído de petróleo (ADP)

Os ADPs são classificados pelo Departamento Nacional de Combustível (DNC/2016) de acordo com a velocidade de cura em três categorias: Cura Rápida (CR), Cura Média (CM) e Cura Lenta (CL). Eles são produzidos pela adição de um diluente volátil, geralmente nafta, querosene ou gasolina, com sua

proporção em torno de 25 a 45%, com o objetivo de reduzir temporariamente sua viscosidade, facilitando sua aplicação, sendo que os ADPs CL não são produzidos no Brasil. Quanto à viscosidade, são subdivididos conforme observa-se na Tabela 1.

Asfaltos diluídos de cura rápida e média	Viscosidade Cinemática a 60°C, cSt	Viscosidade do resíduo a 60°C, P
CR- 30 (média)	30-60	300-1200
CR- 70 (média)	70-140	600-2400
CR- 250 (rápida)	150-590	600-2400

Tabela 1 - Classificação dos ADPs de Cura Rápida e Cura Média Asfálticas. (Fonte: Petrobrás BR (2016))

No Brasil, o ADP mais utilizado é o CM-30, recomendado para serviços de imprimação, indicado para superfícies com textura fechada e deve ser aplicado à taxa que varia de 0,8 a 1,6 L/m².

Como se observa da tabela, o asfalto diluído de cura rápida (chamado de Cutback) apresenta uma porcentagem em massa significativa de diluente e o seu uso contribui consideravelmente para o aumento das emissões atmosféricas. As perdas por evaporação no caso dos asfaltos de cura rápida são estimadas em 95% em massa do diluente, enquanto em um asfalto de cura média a perda por evaporação é de 70% e em um asfalto de cura lenta apenas 25% em massa de diluente são perdidos por evaporação (EIIP, 2001).

2.2.1.2. Emulsões asfálticas especiais para imprimação

Quimicamente a emulsão é definida como uma mistura heterogênea de dois ou mais líquidos, os quais normalmente não se dissolvem um no outro, mas quando são mantidos em suspensão por agitação ou, mais frequentemente, por

pequenas quantidades de substâncias conhecidas como emulsificantes, formam uma mistura estável (dispersão coloidal) (BR Petrobras, 2016).

As emulsões asfálticas são dispersões de CAP em fase aquosa estabilizadas com tensoativos, onde o tempo de ruptura depende, dentre outros fatores, da quantidade e do tipo do agente emulsificante e a viscosidade depende principalmente da qualidade do ligante residual. A quantidade de asfalto pode variar entre 60 a 70% (BERNUCCI et al., 2008).

Nos últimos 4 anos as EAIs, em conformidade com as especificações da ANP (Agência Nacional do Petróleo, 2012), apresentam características próprias das emulsões:

- viscosidade do ligante asfáltico baixa; frações de solvente em teores máximos de 15% que reduzem a emissão de voláteis;
- mesmo com baixa penetração, oferecem uma superfície de ancoragem na base formada pela película asfáltica;
- aumentam a resistência ao descolamento da mesma frente à ação dos pneus do maquinário em trânsito sobre o serviço, ou do tráfego liberado na via antes da aplicação do revestimento asfáltico.

O emprego das EAIs melhora as condições de aplicação e proporciona cura em tempo mais reduzido, em média 24 horas, não requer diluição do produto, sendo aplicada em temperatura ambiente, contribui com a política de saúde, meio ambiente e segurança do trabalhador. Seu uso é incentivado e bem visto, pois reduz substancialmente a emissão de voláteis no meio ambiente, contribuindo assim para diminuição da poluição do ar e redução do efeito estufa (BETUNEL, 2016).

2.2.1.3. Desempenho da imprimação:

O fator determinante para o bom desempenho da imprimação reside na espessura da camada de primer que efetivamente penetrou na base preparada, como podemos ver na Figura 3.



Figura 3 – Penetração da imprimação

Existem vários fatores que interferem na penetração da imprimação betuminosa: tipo e taxa de ligante, teor de umidade de compactação, massa específica aparente seca máxima, tipo de solo, umidade do solo no momento da imprimação e irrigação prévia da superfície. Outros fatores relativos ao desempenho da imprimação podem ser citados. (Almeida Fernando Dácio de, 2017)

2.2.2. Aderência e coesão

Segundo a teoria elástico-linear de Boussinesq e Burmister, preconizam as seguintes hipóteses:

- 1 – Todas as camadas são homogêneas, isotrópicas e possuem comportamento elástico linear ao longo de sua espessura;
- 2 - O carregamento é uniforme e distribuído sobre carga circular;
- 3 - Existe perfeita aderência entre as camadas garantindo que o sistema funcionará monoliticamente. (notas de aula mecânica do solo, Botura Mércia, Escola Politécnica USP 2003)

A aderência corresponde à interação de interface entre dois substratos. Assim, no caso dos pavimentos asfálticos, a interação base-revestimento é dada pela imprimação

Já a coesão do solo, caracterizada pelo cisalhamento do solo, é dada pela força de atração entre as superfícies de suas partículas, podendo ser real ou aparente. A coesão real é resultado do efeito de agentes cimentantes, como teor de óxidos e de argilas silicatadas (MULLINS et al., 1990).

A coesão aparente é resultado da tensão superficial da água nos capilares do solo formando meniscos de água entre as partículas dos solos parcialmente saturados que tendem a aproximá-las entre si. A coesão aparente constitui uma parcela da resistência ao cisalhamento de solos parcialmente saturados (FREDLUND e RAHARDJO, 1993). As características de cisalhamento do solo são representadas pela coesão do solo, pelo ângulo de atrito interno e pela resistência do solo ao cisalhamento (ORTIGÃO, 1995).

O ângulo de atrito interno do solo representa as características friccionais entre as suas partículas, sendo definido como o ângulo máximo que a força transmitida ao solo pode fazer com a força normal à superfície de contato, sem que haja o cisalhamento do solo no plano de ruptura. O ângulo de atrito interno do solo depende de fatores como grau de compactação, percentagem e tipo de solo, tamanho e forma dos grãos do solo (CAPUTO, 2014).

Sendo assim, a imprimação tem a função de melhorar a coesão na camada de solo que é atingida pela penetração do ligante, bem como conferir a superfície da camada imprimada aderência necessária para receber a camada final de revestimento asfáltico, fazendo com que a estrutura suporte melhor os esforços e solicitações do tráfego. (Almeida Fernando Dácio de, 2017)

2.2.3. Imprimação em superfícies concretadas

O concreto no estado fresco é caracterizado como o material recém-misturado, sendo que ele se apresenta no estado plástico, ou seja, ainda com a capacidade de propiciar a moldagem, com aplicação de cargas, permanecendo moldado após cessar a aplicação da carga.

As principais características do concreto nesta fase, podem ser apresentadas como trabalhabilidade, coesão, segregação e exsudação.

Define-se como, coesão a propriedade pela qual os concretos se mantêm misturados, isto é, seus componentes não se separam.

Avalia-se a coesão do concreto, pelo aspecto visual da mistura conforme observa-se na Figura 4. (notas de aula apostila dosagem de argamassa e concreto IPT 2003)



Figura 4 – Mistura do concreto

Em concretos convencionais, na prática da obra, uma das maneiras mais utilizadas de se verificar a boa coesão do concreto, é através do teor ideal de argamassa, uma vez que a coesão é aumentada com o aumento de material fino do concreto. Embora bastante prática, esta avaliação, por ser visual, depende muito da experiência do profissional, tornando-se deste modo, em uma fonte de imprecisão de erro na avaliação.

Os fatores que influenciam a coesão do concreto são a granulometria, a quantidade de pasta, os métodos de transporte, o lançamento e o adensamento.

A exsudação pode ser entendida como a perda imediata de água após o adensamento, sendo causada principalmente pela falta de finos no concreto, o que acarreta problemas a uma correta hidratação do cimento.

Forma uma camada porosa de concreto na superfície, reduzindo sua resistência e durabilidade.

A segregação pode ser definida como a separação dos constituintes de uma mistura, fazendo com que a mistura deixe de ser uniforme.

Existem dois tipos de segregação a dos agregados e a da pasta.

O bom controle do concreto no estado fresco, com relação à trabalhabilidade e a minimização da exsudação, levará fatalmente a um concreto de melhor ou pior qualidade no estado endurecido, que na prática é o que realmente se busca. (artigo da revista ABCP 2001 – Concreto impermeável)

Para avaliar a penetração do primer no concreto, por aproximação consideramos em nossa tese, o concreto como um solo argiloso muito coesivo, ou seja, os grãos muito finos, quase farináceos, e se aderem firmemente uns aos outros, não podendo ser reconhecidos a olho nu. Os espaços vazios entre as partículas são muito pequenos, e por causa de sua estrutura esses solos apresentam alta resistência à penetração de água, absorvendo-a muito lentamente, aproximando-se de uma camada concretada.

E como discorrido acima nas obras em terra, o teor de umidade da base, é fator determinante para a interface base/sistema impermeável, determinando a penetração do primer, e assim determinando a aderência.

2.2.4. Tipos de primes existentes no mercado:

Primer base Solvente - “Pintura impermeabilizante a base de asfalto modificado (ADP*) com polímeros elastômeros, dispersos em solventes (querosene, gasolina*), desenvolvido especialmente para pintura de ligação (primer) para impermeabilizações com mantas asfálticas elastoméricas” (ficha técnica do produto Primer Viapol versão 1/13 2013).

Primer base Água - “Pintura de imprimação a base d’água composta de asfaltos modificados (ADP*) e aditivos isentos de solventes, com baixo teor de compostos orgânicos voláteis, com secagem rápida para aplicação a frio, sobre superfícies de concreto, argamassas, alvenaria e outros”.
(ficha técnica do produto Ecoprimer Viapol versão 2/2/2017).

2.3. MANTA ASFÁLTICA

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

A manta asfáltica, que se observa na Figura 5, é um tipo de impermeabilizante feito a partir de asfaltos modificados, armados com filme de polietileno, fibra de vidro ou filme de poliéster. Quando aplicado em superfícies, deixa a estrutura vedada contra a ação da água.



Figura 5: Manta asfáltica (Catálogo Viapol 2013)

Hoje a manta asfáltica é um dos materiais mais utilizados no Brasil para impermeabilizar lajes e telhados devido a sua maneira eficaz de proteger, evitando infiltrações, as quais podem trazer problemas estruturais e a proliferação de fungos.

Existem diversos tipos de mantas asfálticas, ou seja, cada um dos materiais estruturantes que compõem as mantas possui características próprias, que podem conferi-las maior resistência à perfuração ou ao puncionamento, entre outras. Sendo assim, a especificação correta da manta asfáltica para cada área é fundamental para o sucesso do sistema de impermeabilização.

A manta asfáltica é fabricada por diversos fornecedores e comercializada em rolos, geralmente com 1m de largura e 10m de comprimento, tendo espessura variável (conforme especificação) de 3 a 5 mm.

Suas características de peso, espessura, alongamento e resistência são pré-definidas durante a fabricação.

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 a quente, 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 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 a 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.

A massa asfáltica é produzida a partir do cimento asfáltico de petróleo (CAP) 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:

- 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 a 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:

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

- Vêu 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 a manta. É utilizado em mantas de custo inferior empregadas em áreas de menor deformação.

- 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;

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). A composição da manta asfáltica podemos ver na Figura 6.

Composição da Manta Asfáltica

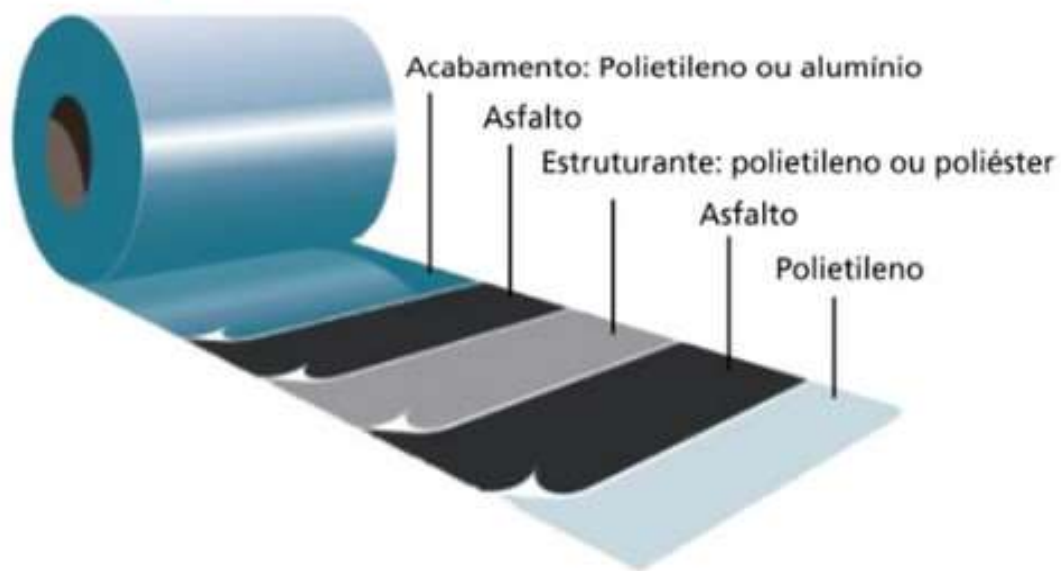


Figura 6: Composição da manta asfáltica (Catálogo Viapol 2013)

Para estabelecer padrões e melhorar o controle de qualidade das diversas mantas disponíveis no mercado, a ABNT - NBR 9952 (2014) estabelece parâmetros mínimos para ensaios das mantas asfálticas, segundo Tabela 2 abaixo:

Parâmetros de ensaio							
Ensaio			Unidade	Tipos			
				I	II	III	IV
1. Espessura (mínimo)			mm	3 mm	3 mm	3 mm	4 mm
2. Resistência à tração e alongamento - Carga máxima (longitudinal e transversal)	Tração (mínimo)		N	80	180	400	550
	Alongamento (máximo)		%	2	2	30	35
3. Absorção d'água - Variação em massa (máximo) ⁶⁾			%	1,5	1,5	1,5	1,5
4. Flexibilidade à baixa temperatura ^{1), 5)}	Tipos	A	°C	-10	-10	-10	-10
		B		-5	-5	-5	-5
		C		0	0	0	0
5. Resistência ao impacto ²⁾ 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 ³⁾		Os corpos de prova, após ensaio, não devem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação.				
	Mantas asfálticas protegidas ou autoprotégidas ⁴⁾						
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado ⁵⁾	Tipos	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

¹⁾ Em mantas asfálticas autoprotégidas, o ensaio de flexibilidade é feito dobrando-se a amostra de forma a manter a face autoprotégida em contato com o mandril e verificando-se a ocorrência de fissuras no lado da massa asfáltica.

²⁾ 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.

³⁾ Exposição do corpo de prova a 400 h de intemperismo, ciclos de 4 h de ultravioleta a 60 °C e a 4 h de condensação d'água a 50 °C.

⁴⁾ Desconsiderar envelhecimento que possa ocorrer na camada antiaderente.

⁵⁾ Os ensaios de flexibilidade devem ser efetuados nas temperaturas estabelecidas na tabela 1.

⁶⁾ Para o ensaio de absorção de água em manta asfáltica autoprotégida com geotêxtil, este deve ser desconsiderado.

Tabela 2: Parâmetro de ensaio para manta asfáltica (Catálogo Viapol 2013)

A Manta asfáltica Tipo III - Impermeabilizante industrializada feita a base de asfaltos modificados com polímeros plastoméricos e estruturada com um não tecido de filamentos de poliéster agulhado previamente estabilizado com resina termo fixada. Caracteriza-se pela alta resistência à tração, e ao rasgamento, características que se apresentam de forma homogênea por toda a manta, reduzindo os riscos de falhas localizadas na impermeabilização. (catálogo técnico Viapol, produto manta asfáltica preta, poliéster tipo III).

2.4. RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO

É a máxima tensão que um determinado material suporta, ao sofrer deformação por tração sem colapsar. Pode ser definido também como limite de plasticidade. (Notas de aula de estruturas de concreto¹, Universidade de São Paulo).

Aderência consiste na interação de interfaces entre duas superfícies, no caso, a interação entre a base considerada (regularização) a imprimação e a manta.

A NBR 16548 de 07/2017 - Materiais de impermeabilização - Determinação da resistência à tração e alongamento prescreve o método para a determinação da resistência à tração e alongamento de materiais impermeabilizantes. O ensaio consiste em submeter corpos de prova obtidos em amostras de materiais impermeabilizantes, moldados conforme normas específicas ou recomendação do fabricante, a força de tração até a ruptura, o ensaio é executado com um dinamômetro e registrando-se as forças de tração e as correspondentes deformações de alongamento.

Com relação à aderência a impermeabilização pode ser classificada como aderida, não aderida e parcialmente aderidas. A NBR 9575 (ABNT, 2010), descreve como:

Impermeabilização aderida: materiais ou produtos aplicáveis às partes construtivas, totalmente aderidas ao substrato.

Impermeabilização não aderida: materiais ou produtos aplicáveis às partes construtivas, totalmente não aderidas ao substrato

Impermeabilização parcialmente aderida: materiais ou produtos aplicáveis às partes construtivas, parcialmente aderidas ao substrato.

Não existe uma aderência mínima por norma para mantas aderidas a maçarico com proteção mecânica, mas existe para mantas exposta que é a NBR 15575-5-5 de 03/2021, que no item 7.1.2.1 Método de avaliação, determina que a resistência de aderência à tração mínima para mantas expostas a intempéries, sem proteção mecânica (aluminizadas ou ardosiadas), deve ser de 0,2 Mpa.

O IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização) junto com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) estão para definir as resistências mínimas de aderência à tração das mantas asfálticas aderidas a maçarico com índices de resistência para horizontal e um índice maior para a vertical.

2.5. SUBSTRATO

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 pelos fabricantes devem ser rigorosamente seguidos.

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 permitida 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 ferragens. 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 com aditivo adesivo na proporção 2:1 (água: adesivo). 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), como observa-se na Figura 7.

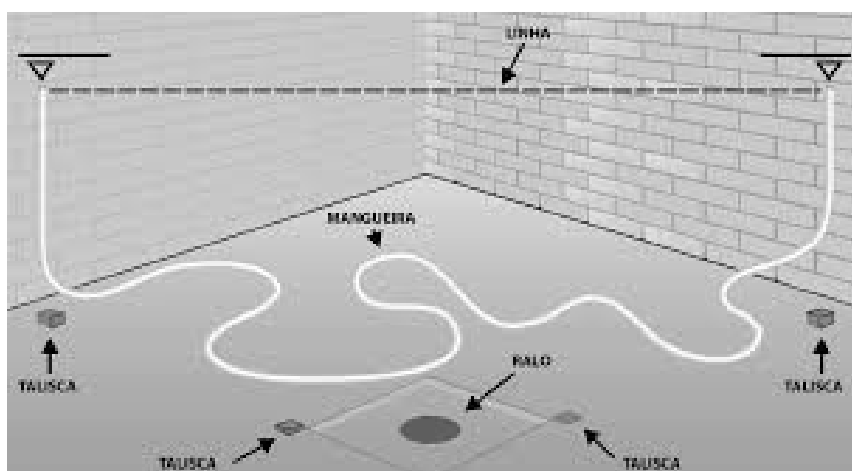


Figura 7: Regularização.

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).

Nos vãos como portas, batentes e contramarco a regularização deverá avançar no mínimo 50cm para seu interior, respeitando-se o caimento de áreas externas. É recomendado que áreas externas tenham no mínimo 6,00cm 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), como observa-se na Figura 8.

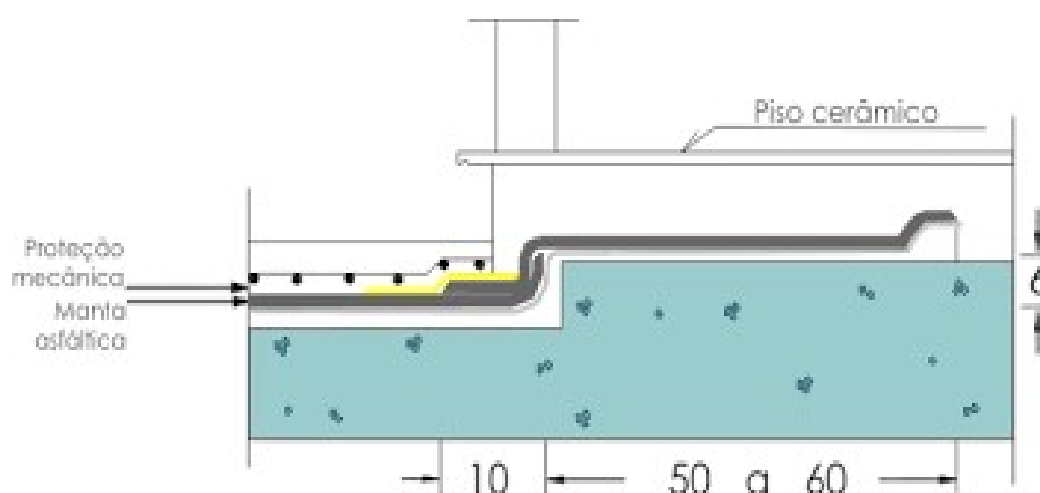


Figura 8: Manta asfáltica – Detalhe e preparo do substrato

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 descolamento 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).

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo está detalhado o programa experimental para verificar a interferência do índice de umidade do substrato na resistência à aderência à tração da manta asfáltica, aplicada a maçarico.

Todo os testes foram feitos no laboratório de um fabricante de impermeabilizantes seguindo norma ABNT 12171 de 01/2021 (esta norma prescreve o método e ensaio em laboratório para quantificar o potencial de aderência da camada impermeabilizante ao substrato padrão) com o auxílio dos técnicos que trabalham no laboratório e com materiais fornecidos pelo mesmo fabricante. Todas as mantas e primers utilizados atendem a ABNT: NBR 9952.

3.1. MATERIAIS UTILIZADOS

Neste item serão apresentados os materiais que compuseram o programa experimental, iniciando por manta asfáltica passando por primers, substrato, argamassa e adesivo epóxi.

3.1.1. Manta asfáltica

Na confecção dos protótipos foram utilizados manta asfáltica Tipo III de 4mm aderida à maçarico - ABNT – NBR 9952 (2014), conforme Tabela 3.

Características Técnicas do Produto		
Parâmetros	Unidade	Tipo III
Espessura	mm	3 e 4
Resistência à tração longitudinal e transversal (mínimo)	N	400
Alongamento na Longitudinal e transversal (mínimo)	%	30
Absorção d'água (máxima)	%	1,5
Flexibilidade à baixa Temperatura	°C	Classe A = -10 Classe B = -5 Classe C = 0
Resistência ao impacto	J-Joule	4,90
Escorrimento ao Calor (mínimo)	°C	95
Estabilidade dimensional (máxima)	%	1
Flexibilidade após envelhecimento (mínimo)	°C	Classe A = 0 Classe B = 5 Classe C = 10
Estanqueidade (mínimo)	m.c.a	15
Resistência ao rasgo (mínimo)	N	120

Tabela 3 – Características da manta tipo III B – 3 e 4mm

3.1.2. Primer

As imprimações das amostras foram feitas com 02 (dois) tipos diferentes de emulsão asfáltica, aqui chamados de P1 e P2, e 02 (dois) tipos diferente de solução asfáltica, aqui chamados de P3 e P4. O consumo foi de 0,400l/m² aplicado em uma única demão, conforme recomendação do fabricante. As características dos primers usados estão abaixo:

Primer 1 a base de água (P1 água) características conforme Tabela 4.

Características	Primer 1
Cor	Marrom escuro
Viscosidade (segundos em COPO FORD 4)	10 - 18
Teor de Não Voláteis (% em massa)	22 - 26
Densidade (g/cm ³)	1,00 - 1,04

Tabela 4 -Características técnicas do primer 1 - emulsão

Primer 2 a base de água (P2 água) características conforme Tabela 5.

Características	Primer 2
Cor	Marrom escuro
Viscosidade (segundos em COPO FORD 4)	11 - 20
Teor de Não Voláteis (% em massa)	25 - 29
Densidade (g/cm ³)	0,90 - 1,10

Tabela 5 -Características técnicas do primer 2 - emulsão

Primer 3 a base de solvente (P3 solvente) características conforme Tabela 6.

Características	Primer 3
Cor	Preto
Viscosidade (segundos em COPO FORD 4)	40 - 80
Teor de Não Voláteis (% em massa)	43 - 52
Densidade (g/cm ³)	mínimo 0,97

Tabela 6 -Características técnicas do primer 3 - solução

Primer 4 a base de solvente (P4 solvente) características conforme Tabela7.

Características	Primer 4
Cor	Preto
Viscosidade (segundos em COPO FORD 4)	40 - 60
Teor de Não Voláteis (% em massa)	55 - 65
Densidade (g/cm ³)	mínimo 0,94

Tabela 7 -Características técnicas do primer 4 - solução

3.1.3. Substrato

Substrato padrão conforme ABNT NBR 14081-2: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios, 2015. São 20 placas de concreto com espessura de 20 mm e dimensões de 25 cm x 50 cm e com cura mínima de 28 dias. As placas foram regularizadas com argamassa de cimento e areia no traço em volume de 1:3 (cimento: areia).

3.1.4. Argamassa

A argamassa utilizada para regularização foi no traço em volume de 1: 3 (cimento: areia média) conforme recomendado pelo fabricante dos sistemas de Impermeabilização. A espessura dessa regularização foi de 20mm.

3.1.5. Adesivo Epóxi

O adesivo utilizado para colagem das pastilhas no ensaio de resistência a aderência à tração foi o adesivo a base de resina epóxi, conforme recomendação da ABNT – NBR 13528-3 (2019).

3.2. EXECUÇÃO

Neste item serão apresentados os passos que compuseram a execução do programa experimental, iniciando pelo preparo das placas e passando pela umidade superficial, aplicação do primers, aplicação das mantas asfáltica e colagem das pastilhas.

Neste programa experimental fizemos os testes baseado na norma 12171, 01/2021. Utilizamos as placas padrões fazendo testes diferentes em cada metade das placas e utilizamos pastilhas prismáticas em vez de cilíndricas para o arrancamentos, segundo as informações adquiridas com os especialistas Anderson Oliveira e com o José Eduardo Granato ambos disseram que o uso da pastilha prismática não interfere no resultado dos testes pois depois que se divide a carga com a área da pastilha, seja ela cilíndrica ou prismática, dará o mesmo resultado.

3.2.1. Preparo das placas

Para a realização do programa experimental foram produzidas 20 placas padrões conforme ABNT NBR 14081-2:2015, conforme observa-se na Figura 9.



Figura 9: Placas padrão

Regularizadas com traço em volume de 1: 3 (cimento: areia média) com espessura de 20mm, conforme observa-se na Figura 10. Foi verificado que a umidade superficial das placas varia de acordo com sua rugosidade, quando a superfície da argamassa está mais fechada (lisa) a dificuldade da evaporação da umidade é maior que a superfície desempenada com os poros mais abertos, sendo assim adotamos a aplicação da regularização com a argamassa de consistência seca e assim tivemos os poros mais aberto.



Figura 10: Placas padrão regularizada

3.2.2. Umidade superficial

As placas padrões teriam que estar com suas umidades superficial conforme estabelecidas para o experimento que eram:

- 04 Placas com 2% de umidade
- 04 Placas com 5% de umidade
- 04 Placas com 10% de umidade
- 04 Placas com 15% de umidade
- 04 Placas com 20% de umidade

Para obter estas porcentagens de umidade foi controlado, assim que feito as regularizações, a umidade superficial das placas. Depois de 7 (sete) dias de cura da regularização as placas foram saturadas, conforme Figura 11.



Figura 11 Placas padrões regularizadas encharcadas.

E começamos a medir e a secar as placas para chegar nas umidades esperadas, para isso, utilizamos um insuflador de ar quente conforme observa-se na Figura 12.



Figura 12: Insuflador de ar quente

E para atingir umidades menores utilizamos também a estufa conforme observa-se na figura 13.



Figura 13: Estufa

No laboratório de concreto o experimento teve início com a medição da umidade de cada placa padrão regularizadas, estas medições de umidade das placas foram feitas com aparelho de medir umidade modelo TM-170 Aquameter sem pinos como observa-se na figura 18. Este equipamento tem como faixa de medição de 0 a 80% e profundidade de medição de 20mm. Foram testadas as umidades das placas até chegar nos percentuais de umidade que já estavam previstas para os ensaios como observa-se na Figura 14.



Figura 14: Aparelho TM-170 Aquameter

3.2.3. Aplicação do primer

A aplicação dos primers foram feitas após a aferição das umidades pré-estabelecidas 2%, 5%, 10%, 15% e 20%, e em apenas metade de cada placa, conforme observa-se na Figura 15, respeitando-se o consumo recomendado pelo fabricante, o consumo indicado de $0,4001/m^2$, aplicado em uma única demão.



Figura 15: Aplicação de Primer nas placas padrões regularizados

3.2.4. Aplicação da manta asfáltica

O primer teve cura de 72 horas, e só após esse tempo, é que foi feito a aplicação da manta asfáltica poliéster tipo III-B 4mm feita com maçarico,

aquecendo tanto a base, placas padrão, quanto a manta asfáltica, em cada uma das 20 placas, sendo a aplicação feita conforme observa-se na Figura 16.



Figura 16: Aplicação da manta nas placas padrões

3.2.5. Colagem das pastilhas

Foi efetuado a colagem das pastilhas com a resina epóxi sobre a manta sendo, 10 (dez) pastilhas para cada placa, sendo 05 (cinco) na metade que não tem primer e 05 (cinco) na metade que tem primer conforme observa-se na Figura 17, sendo um total de 200 (duzentas) pastilhas, para efetuar o teste de aderência.



Figura 17: Pastilhas coladas com epóxi

3.2.6. Execução do teste de aderência à tração.

Após a cura do epóxi, 10 dias, foram feito o arrancamento das pastilhas com o aparelho Aderímetro da Solotest, conforme Figura 18 (aparelho para arrancamento hidráulico manual, para argamassas, com indicação digital de força e memória de pico, capacidade 500 kgf, resolução 1kgf).



Figura 18: Aparelho Aderímetro da Solotest.

Onde foram medidas as aderências à tração da manta que foram aplicadas ao substrato com diferentes percentuais de umidades e com diferentes tipos de primer conforme se observa na Figura 19.



Figura 19: execução dos testes de aderência e placa já testada.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados de resistência de aderência à tração dos ensaios realizados no sistema de impermeabilização com manta asfáltica aderida com maçarico durante o programa experimental.

4.1. RESULTADOS DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO DOS ENSAIOS

Neste item serão apresentados os resultados dos testes da resistência à aderência à tração da manta asfáltica aplicada com maçarico em substratos com vários índices de umidades, primers diferentes e sem primer.

4.1.1. Com substratos com umidades de 2%

Na Tabela 8 observa-se os resultados de resistência de aderência à tração da manta asfáltica, para os substratos com umidade 2% sem primer e para os quatro tipos de primers testados.

**MÉDIA DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO
COM UMIDADE DE 2%**

PRIMER	ADERÊNCIA (MPa)
Sem Primer	0,12
P1 Água	0,28
P2 Água	0,27
P3 Solvente	0,31
P4 Solvente	0,34
Média Geral	0,30
Desvio Padrão	0,03
Coeficiente de Variação	10,54%

Tabela 8 – Resultados dos ensaios com umidade a 2%

Ainda na Tabela 8 nota-se que a média geral (desconsiderando a média sem primer) foi 0,30 MPa e o desvio padrão foi de 0,03 MPa já o coeficiente de variação foi de 10,54%.

No Gráfico 1 existe uma representação destes resultados.

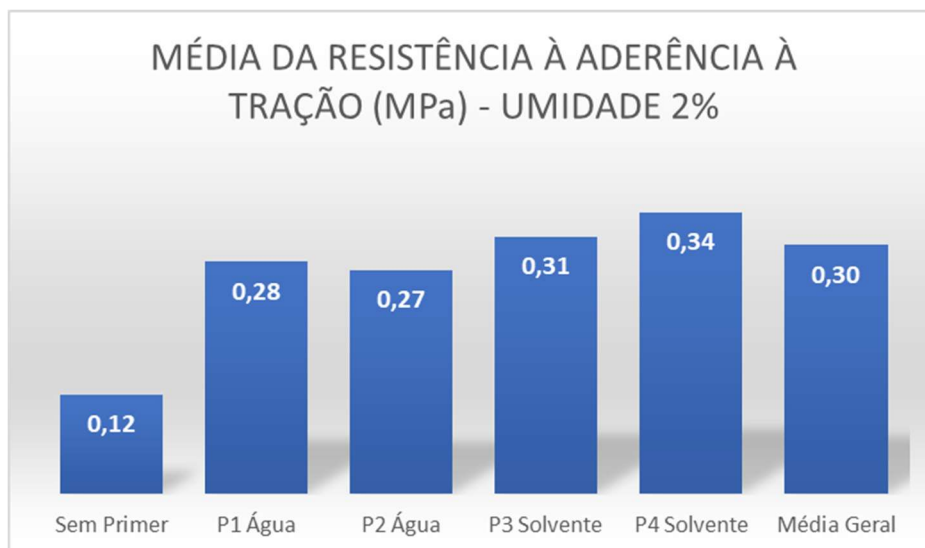


Gráfico 1 – Umidade a 2%

Observa-se nos resultados da Tabela 8 e no Gráfico 1, que os primers à base de solvente apresentaram um resultado de resistência de aderência à tração melhor que os primers à base de água para os substratos com umidade de 2%, ficando bem evidente que para um substrato com pouquíssima umidade o primer a base de solvente apresenta uma resistência aderência à tração maior, no caso deste ensaio chegando a 25,92% maior. Já o teste feito na parte sem primer apresentou um resultado muito menor que todos os primers testados chegando a ter uma diferença de 183,33% menos aderência.

4.1.2. Com substratos com umidades de 5%.

Na Tabela 9 observa-se os resultados de resistência de aderência à tração da manta asfáltica, para os substratos com umidade 5% sem primer e para os quatro tipos de primers testados.

**MÉDIA DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO
COM UMIDADE DE 5%**

PRIMER	ADERÊNCIA (Mpa)
Sem Primer	0,11
P1 Água	0,27
P2 Água	0,26
P3 Solvente	0,31
P4 Solvente	0,32
Média Geral	0,29
Desvio Padrão	0,03
Coeficiente de Variação	10,15%

Tabela 9 – Resultados dos ensaios com umidade a 5%

Ainda na Tabela 9 nota-se que a média geral (desconsiderando a média sem primer) foi 0,29 MPa e o desvio padrão foi de 0,03 MPa já o coeficiente de variação foi de 10,15%.

No Gráfico 2 existe uma representação destes resultados.

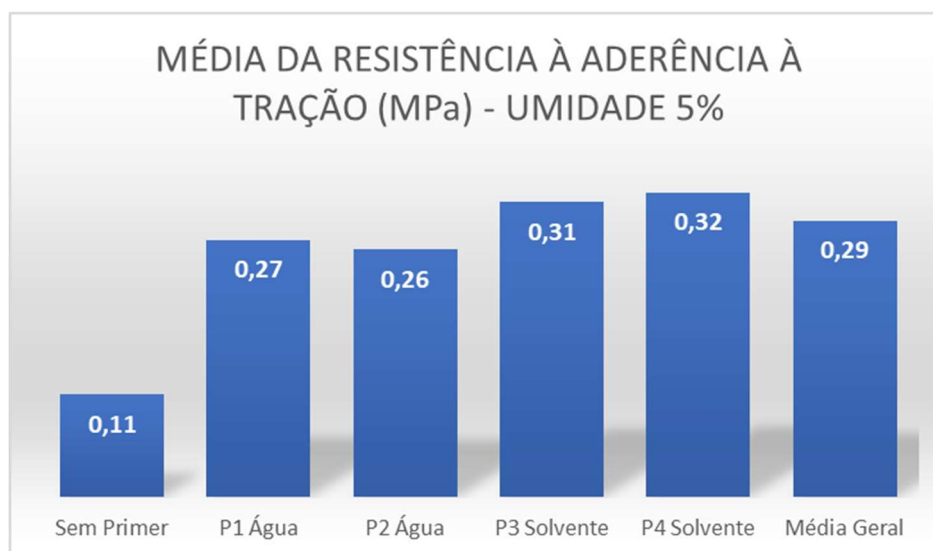


Gráfico 2 – Umidade a 5%

Observa-se nos resultados da Tabela 9 e no Gráfico 2, que os primers à base de solvente apresentaram um resultado de resistência de aderência à tração melhor que os primers à base de água para os substratos com umidade de 5%, ficando evidente que para um substrato com pouca umidade o primer a base de solvente

apresenta uma resistência à aderência à tração maior, no caso deste ensaio chegando a 23,08% maior. Já o teste feito na parte sem primer apresentou um resultado muito menor que todos os primers testados chegando a ter uma diferença de 190,90% menos aderência.

4.1.3. Com substratos com umidades de 10%

Na Tabela 10 e no Gráfico 3 apresentam-se os resultados de resistência de aderência à tração para os substratos com umidade 10% para os quatro tipos de primers testados.

**MÉDIA DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO
COM UMIDADE DE 10%**

PRIMER	ADERÊNCIA (Mpa)
Sem Primer	0,10
P1 Água	0,25
P2 Água	0,26
P3 Solvente	0,24
P4 Solvente	0,25
Média Geral	0,25
Desvio Padrão	0,01
Coeficiente de Variação	3,27%

Tabela 10 – Resultados dos ensaios com umidade a 10%

Ainda na Tabela 10 nota-se que a média geral (desconsiderando a média sem primer) foi 0,25 MPa e o desvio padrão foi de 0,01 MPa já o coeficiente de variação foi de 3,27%.

No Gráfico 3 existe uma representação destes resultados.

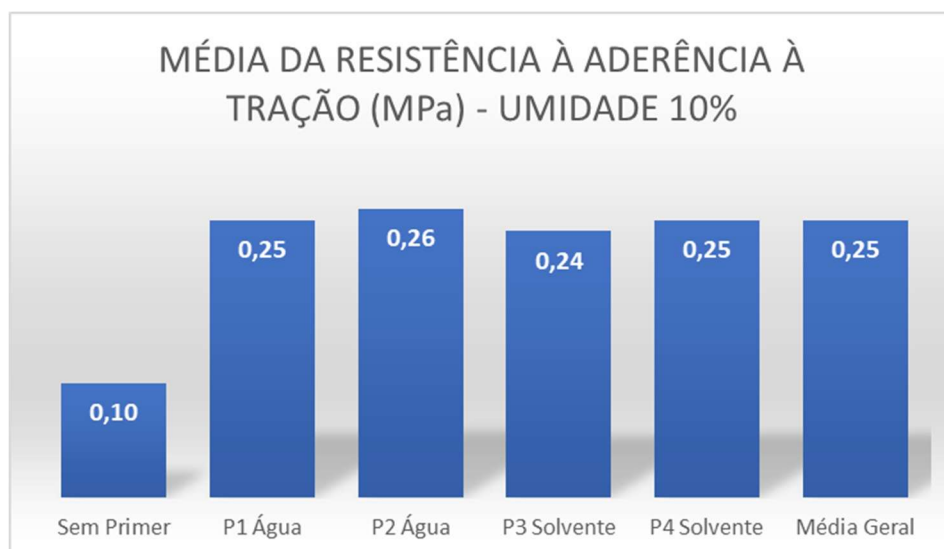


Gráfico 3 – Umidade a 10%

Observa-se nos resultados da Tabela 10 e no Gráfico 3, que os primers à base de solvente e os primers à base de água apresentaram resultados bem parecidos na resistência à aderência à tração para os substratos com umidade de 10%. Já o teste feito na parte sem primer apresentou um resultado muito menor que todos os primers testados chegando a ter uma diferença de 160,00% menos aderência.

4.1.4. Com substratos com umidades de 15%

Na Tabela 11 e no Gráfico 4 apresentam-se os resultados de resistência de aderência à tração para os substratos com umidade 15% para os quatro tipos de primers testados.

**MÉDIA DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO
COM UMIDADE DE 15%**

PRIMER	ADERÊNCIA (Mpa)
Sem Primer	0,10
P1 Água	0,23
P2 Água	0,24
P3 Solvente	0,20
P4 Solvente	0,20
Média Geral	0,22
Desvio Padrão	0,02
Coeficiente de Variação	9,48%

Tabela 11 – Resultados dos ensaios com umidade a 15%

Ainda na Tabela 11 nota-se que a média foi 0,22 MPa e o desvio padrão foi de 0,02 MPa já o coeficiente de variação foi de 9,48%.

No Gráfico 4 existe uma representação destes resultados.

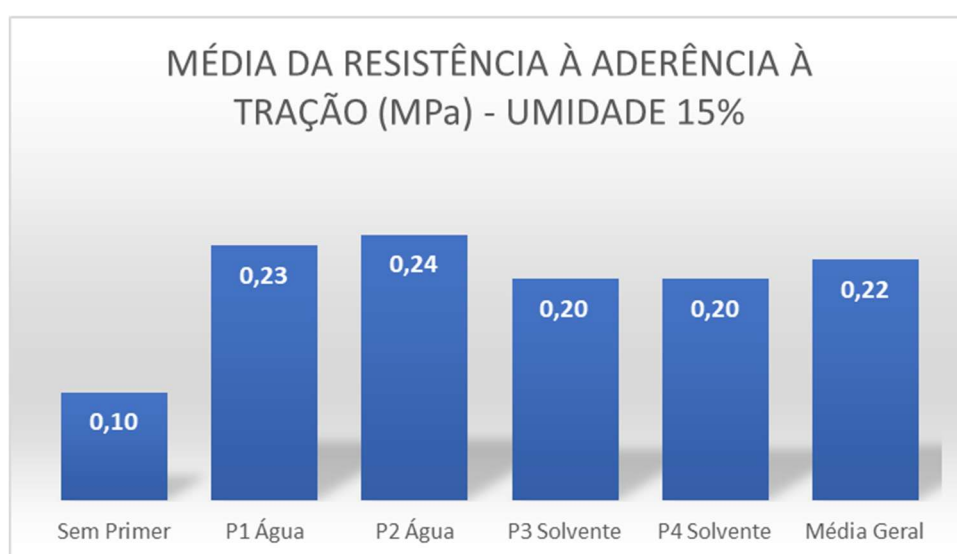


Gráfico 4 – Umidade a 15%

Observa-se nos resultados da tabela 11 e no gráfico 4, que os primers à base de água apresentaram um resultado de resistência de aderência à tração melhor que os primers à base de solvente para os substratos com umidade de 15%, ficando evidente que para um substrato com maior umidade o primer a base de água

apresenta uma resistência à aderência à tração maior, no caso deste ensaio chegando a 20,00% maior. Já o teste feito na parte sem primer apresentou um resultado muito menor que todos os primers testados chegando a ter uma diferença de 140,00% menos aderência.

4.1.5. Com substratos com umidades de 20%

Na Tabela 12 e no Gráfico 5 apresentam-se os resultados de resistência de aderência à tração para os substratos com umidade 20% para os quatro tipos de primers testados.

**MÉDIA DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO
COM UMIDADE DE 20%**

PRIMER	ADERÊNCIA (Mpa)
Sem Primer	0,11
P1 Água	0,19
P2 Água	0,20
P3 Solvente	0,15
P4 Solvente	0,17
Média Geral	0,16
Desvio Padrão	0,04
Coeficiente de Variação	21,82%

Tabela 12 – Resultados dos ensaios com umidade a 20%

Ainda na Tabela 12 nota-se que a média foi 0,16 MPa e o desvio padrão foi de 0,04 MPa já o coeficiente de variação foi de 21,82%.

No Gráfico 5 existe uma representação destes resultados.

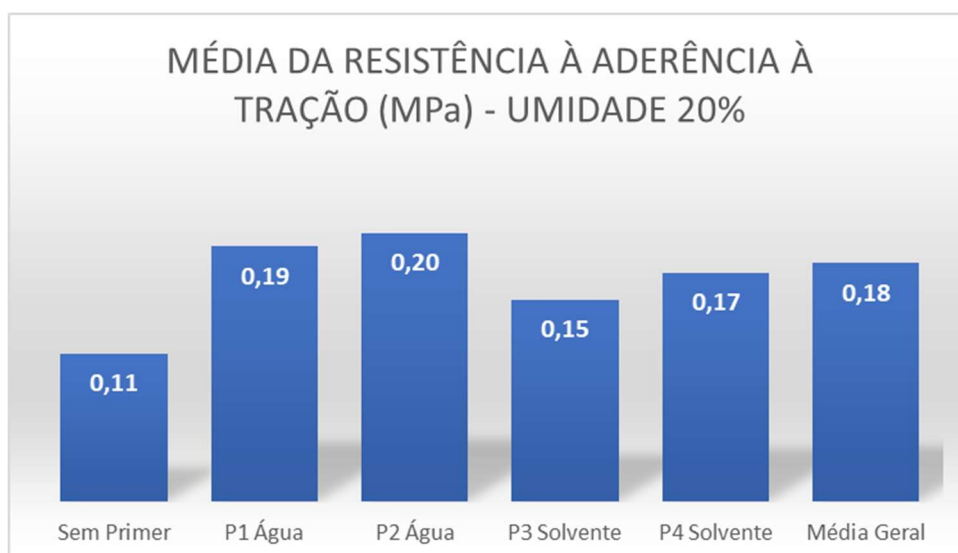


Gráfico 5 – Umidade a 20%

Observa-se nos resultados da Tabela 12 e no Gráfico 5, que os primers à base de água apresentaram um resultado de resistência de aderência à tração bem melhor que os primers à base de solvente para os substratos com umidade de 20%, ficando evidente que para um substrato com maior umidade o primer a base de água apresenta uma resistência à aderência à tração maior, no caso deste ensaio chegando a 33,33% maior. Já o teste feito na parte sem primer apresentou um resultado muito menor que todos os primers testados chegando a ter uma diferença de 81,82% menos aderência.

4.2. RESULTADOS DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO DOS ENSAIOS COM SUBSTRATOS COM TODOS OS PRIMERS E TODAS AS UMIDADES

Na Tabela 13 apresentam-se os resultados de resistência de aderência à tração para os substratos com todas as umidades testadas (2%, 5%, 10%, 15% e 20%), para os quatro tipos de primers testados (P1 Água, P2 Água, P3 Solvente e P4 Solvente) e para os substratos sem primers.

RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO (MPa) – SEM PRIMER E COM OS 4 TIPOS DE PRIMERS TESTADOS

	SEM PRIMER	P1 ÁGUA	P2 ÁGUA	P1 SOLVENTE	P2 SOLVENTE
2%	0,12	0,28	0,27	0,31	0,34
5%	0,11	0,27	0,26	0,31	0,32
10%	0,10	0,25	0,26	0,24	0,25
15%	0,10	0,23	0,24	0,20	0,20
20%	0,11	0,19	0,20	0,15	0,17

Tabela 13 – Resultados dos ensaios sem primer e com todos os primers

No Gráfico 6 existe uma representação de como se comportou os testes com os substratos sem primer e com os 4 tipos de primers, para os índices de umidades testados.

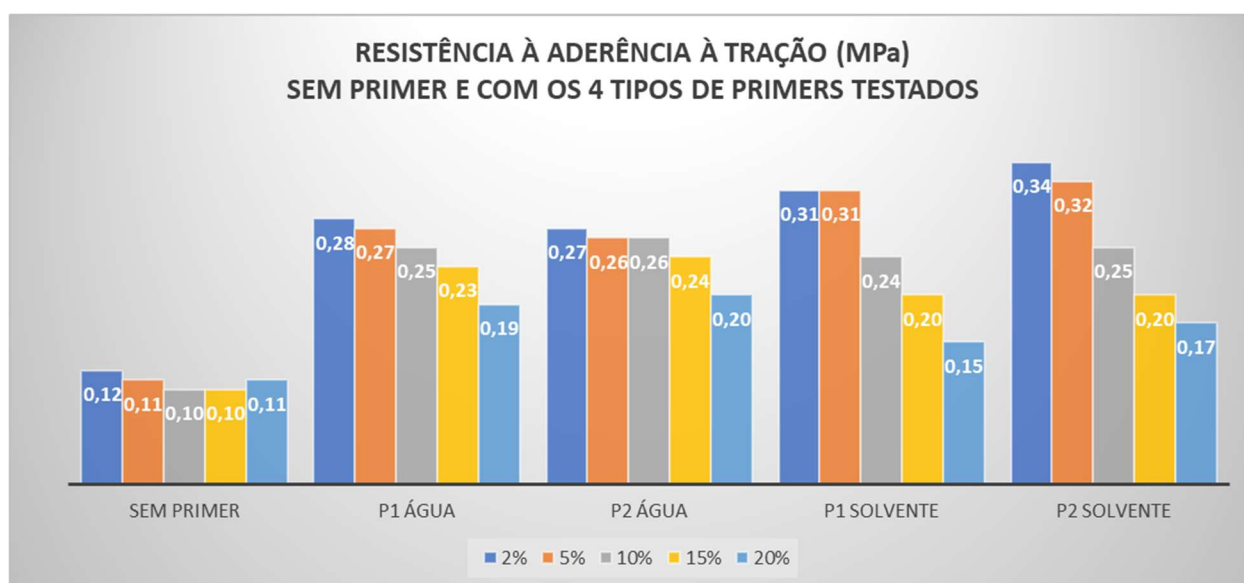


Gráfico 6 – Resultados dos ensaios sem primer e com todos os primers

Observa-se nos resultados da Tabela 13 e no Gráfico 6, que nos testes sem primer a umidade dos substratos teve pouca interferência na resistência à aderência à tração, sendo que a diferença de resistência no intervalo de 2% para 20% de umidade a melhora da aderência foi de apenas 9,09% para a base com 2% de umidade. Já nos testes com primers a umidade dos substratos teve uma diferença considerável na resistência à aderência à tração para os primers a base de solvente,

a diferença de resistência no intervalo de 2% para 20% de umidade a melhora da aderência foi de 100,00% e 106,67% e para os primers a base de água a diferença de resistência no intervalo de 2% para 20% de umidade a melhora da aderência foi de 47,37% e 35,00% .

RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA À TRAÇÃO (MPa) – PARA OS VÁRIOS NÍVEIS DE UMIDADE

	2%	5%	10%	15%	20%
SEM PRIMER	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11
PI ÁGUA	0,28	0,27	0,25	0,23	0,19
P2 ÁGUA	0,27	0,26	0,26	0,24	0,20
P1 SOLVENTE	0,31	0,31	0,24	0,20	0,15
P2 SOLVENTE	0,34	0,32	0,25	0,20	0,17

Tabela 14 – Resultados dos ensaios com todas as umidades

No Gráfico 7 existe uma representação de como se comportou os testes com os substratos com os níveis de umidade testados (2%, 5%, 10%, 15% e 20%).

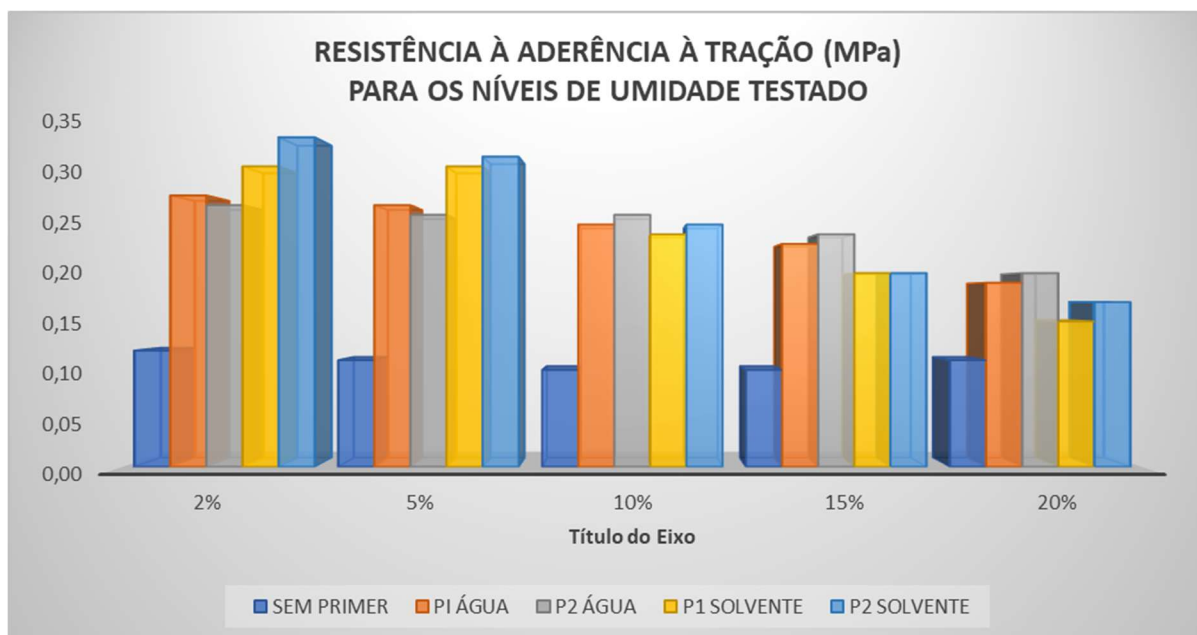


Gráfico 7 – Resultados dos ensaios com todas as umidades

Observa-se nos resultados da Tabela 14 e no gráfico 7, que nos nossos ensaios os primers à base de solvente apresentaram um resultado de resistência de aderência à tração melhor que os primers à base de água para os substratos com pouca umidade, 2% e 5%, com a umidade a 10% os resultados foram bem parecidos para todos os primers e para as umidades 15% e 20% os primers a base de água apresentaram um melhor resultado.

Observa-se, que nas amostras sem primers a rupturas ocorreram em 100% dos casos na interface substrato/manta. Já no caso das amostras com primers base água a rupturas ocorreram 60% na interface primer/manta e 40% na manta e no caso das amostras com primers base solvente a rupturas ocorreram 80% na interface primer/manta e 20% na manta, conforme podemos verificar na Figura 20.



Figura 20 – Placas após a execução dos testes

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo apresenta-se as considerações finais deste trabalho e as sugestões para novos estudos na área.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que foram atingidos os objetivos propostos no início desta pesquisa, e que a hipótese foi corroborada e pode-se observar que:

a- Existe interferência da umidade do substrato na resistência a aderência a tração da manta asfáltica aplicada sobre o mesmo e possuem uma relação de proporcionalidade inversa;

b- Para uma umidade do substrato de 2% e sem aplicação de primer obteve-se a maior resistência de aderência à tração média de 0,12 MPa e para uma umidade de 20% uma resistência de aderência à tração média de 0,11 MPa. Neste caso observa-se que a diferença percentual foi de 9,09%;

c- Para uma umidade do substrato de 2% e com aplicação do primer P1 água (primer base água) obteve-se a maior resistência de aderência à tração média de 0,28 MPa e para uma umidade de 20% uma resistência de aderência à tração média de 0,19 MPa. Neste caso observa-se que a diferença percentual foi de 47,37%;

d- Para uma umidade do substrato de 2% e com aplicação do primer P2 água (primer base água) obteve-se a maior resistência de aderência à tração média de 0,27 MPa e para uma umidade de 20% uma resistência de aderência à tração média de 0,20 MPa. Neste caso observa-se que a diferença percentual foi de 35,00%;

e- Para uma umidade do substrato de 2% e com aplicação do primer P3 água (primer base solvente) obteve-se a maior resistência de

aderência à tração média de 0,31 MPa e para uma umidade de 20% uma resistência de aderência à tração média de 0,15 MPa. Neste caso observa-se que a diferença percentual foi de 106,67%;

f- Para uma umidade do substrato de 2% e com aplicação do primer P3 água (primer base solvente) obteve-se a maior resistência de aderência à tração média de 0,34 MPa e para uma umidade de 20% uma resistência de aderência à tração média de 0,17 MPa. Neste caso observa-se que a diferença percentual foi de 100,00%;

g- Verificando a interferência do tipo de primer (emulsão e solução), aplicada em substratos com diferentes níveis de umidade, quanto a resistência de aderência à tração da manta asfáltica aplicada com maçarico, vimos que não há uma norma de referência para aderência para mantas asfálticas, então foi levado em consideração como resistência mínima o valor de referência adotado como bom por alguns fabricantes e aplicadores, que é de 0,1Mpa, todos os nossos ensaios superaram a resistência mínima. A norma NBR 15575-5, 03/2021 diz que a resistência de aderência à tração mínima deve ser 0,20Mpa mas esta norma refere-se a mantas sem proteção mecânica expostas às intempéries como a aluminizadas e ardosiadas.

h- Os resultados apresentados nos testes foram próximos do que esperávamos, então ficou constatado que quanto menor a umidade do substrato melhor a aderência do primer base solvente e conforme esta umidade vai aumentando os primers a base de água passa a ter uma melhor aderência. Verificou-se também que todos os primers (base água e base solvente) tiveram um resultado bom para todos os níveis de umidade testado, considerando o valor de referência adotado (0,10 Mpa).

i- Analisando os resultados das amostras sem primer, constatamos também que a diferença de aderência quando se utiliza primer é bem superior e que o mesmo é necessário para uma melhor aderência.

j- Sendo assim pode se concluir que os primers a base de solvente deve ser utilizado em bases com pouca umidade, já os primers a base água devem ser utilizados em bases mais saturadas, para se ter melhor desempenho de resistência de aderência à tração.

k- Conforme constatamos nos ensaios e podemos verificar no gráfico 7, os índices de umidade até 10% é favorável aos primers solventes, a partir de uma umidade maior passa a ser favorável os primers a base água quanto a sua aderência.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Segue abaixo algumas sugestões para novos trabalhos relacionados ao nosso estudo:

- Executar testes com as placas padrões com níveis de umidades maiores do que testamos.
- Executar testes com placas padrões com umidades variadas e expostas a intempéries (sol e chuva).
- Verificar a influência da umidade em aparecimento de bolhas na aplicação de manta em áreas externas com níveis de umidades diferentes.
- Verificar a influência da viscosidade na penetração dos primers nas superfícies concretadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, José Dafico. **Materiais de construção**. São Paulo: Nobel, 1974.

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 9952: **Manta asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-2: **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 2: Execução do substrato-padrão e aplicação da argamassa para ensaios**, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16548: **Materiais de Impermeabilização**, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528-3: **Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração Parte 3: Aderência superficial**, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9686 **Solução e emulsão asfáltica empregadas como material de imprimação na impermeabilização**, 09/2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12171 **Aderência aplicável em camada impermeabilizante – Método de ensaio**, 22/01/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5 **Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas**, 30/03/2021.

REVISTA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO. **Impermeabilização sem segredos**. Editora Abril, São Paulo, 05/2005.

OLIVEIRA, A.M.O.; SANTOS, J. L.A. **Aderência entre mantas asfálticas – Instituto Brasileiro de Impermeabilização - 13º Simpósio de Impermeabilização. São VEDACIT. Manual técnico, 48ª Edição. Ficha de produto**, São Paulo 2016.

MICHEL HADDAD **Patologia e Sistemas de Impermeabilizações**. Anotações do curso de Pós-graduação em Tecnologia da Impermeabilização – INSTITUTO IDD, São Paulo 2018

GRANATO, J. E., ESP **Sistemas de Impermeabilização**. Anotações do curso de Pós-graduação em Tecnologia da Impermeabilização – INSTITUTO IDD, São Paulo 2019

ANDERSON OLIVEIRA, ESP. Professor do curso de Pós-graduação em Tecnologia da Impermeabilização – INSTITUTO IDD, São Paulo 2019

VEDACIT – **Manual técnico de impermeabilização**. disponível vedacit.com.br.

VIAPOL – disponível em viapol.com.br.

WEBER QUARTZOLIT – **Guia Weber**. disponível em webwerquartzolit.com.br.

SIKA – disponível em sika.com.br.

DENVER – disponível em denverimper.com.br.

IBDA – INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA – disponível em forumdaconstrucao.com.br.

IBI – INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO – disponível em ibisp.org.br.

ABEDA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO. disponível em abeda.org.br.

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

BERNUCCI, L. L. B., et al. **Pavimentação asfáltica.** 1ºed. Programa Asfalto nas Universidades, Petrobras Distribuidora S.A., 2008.

MENEZES MARESSA, Influência da umidade do substrato na aderência de sistema de impermeabilização com manta asfáltica aderida a maçarico – 2018.

Almeida Fernando Dácio, et al. Avaliação da Penetração, Coesão, Aderência e Desgaste Superficial de Ligantes Alternativos e Comerciais Para Aplicação na Imprimação Betuminosa de Rodovias – 2017.

Botura Mércia, et al. Notas de aulas Mecânica dos Solos-2003.

Artigo da Publicação ABCP – Concreto Impermeável-2001.

IPT ,et al. Estado fresco concreto notas de aulas 2013.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções: Análise de casos.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

OLIVEIRA, Michel Vinícius Takahashi de. **Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes – um estudo de caso.** 2015. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139165/000864040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.