



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SUBSTRATO NO DESEMPENHO DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFÁLTICA¹

MARANHÃO, Flávio (1); OLIVEIRA, Maressa (2); SANTOS, Thiago (3)

(1) USJT, e-mail: flavio.maranhao@gmail.com; (2) Idd / Vedacit, e-mail: maressa.oliveira@vedacit.com.br; (3) Vedacit, e-mail: thiago.santos@vedacit.com.br

RESUMO

Os sistemas de manta asfáltica são os mais utilizados na impermeabilização de lajes e estruturas sujeitas à deformações. Se tratando de produtos pré-fabricados, o desempenho está diretamente ligado à qualidade da aplicação. Preparo do substrato, cura adequada da camada de regularização e controle do consumo dos materiais utilizados são alguns dos fatores críticos de sucesso para uma eficiente impermeabilização com este sistema. Segundo a ABNT - NBR 9574 – Execução de impermeabilização (2008), para sistemas de impermeabilização que requeiram substrato seco para aplicação, deve-se aguardar no mínimo 7 dias de cura da camada de regularização para posterior aplicação, o que normalmente não ocorre nas obras. Diante disto, o objetivo deste estudo é avaliar a influência da umidade da camada de regularização no desempenho do sistema de impermeabilização com manta asfáltica, com relação à aderência e estanqueidade. O estudo faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação do curso de Tecnologia da Impermeabilização do Instituto IDD-SP. O método de pesquisa utilizado foi o de programa experimental, executado em laboratório, através de protótipos que simulam o sistema de impermeabilização (base, regularização, imprimação e manta asfáltica). Com os resultados obtidos, ficou comprovado a influência da umidade na aderência e consequentemente a longo prazo na estanqueidade do sistema de manta asfáltica. Desta maneira, torna-se imprescindível o período de cura adequado da camada de regularização para posterior aplicação da impermeabilização, evitando-se assim problemas de desempenho do sistema.

Palavras-chave: Impermeabilização. Manta asfáltica. Aderência.

ABSTRACT

The asphalt membrane systems are the most used in waterproofing slabs and structures subject to movement. The case of prefabricated products, the performance is directly linked to application quality. Substrate preparation, curing of leveling- layer and control of consumption are some of the critical success factors for effective waterproofing with this system. According to ABNT - NBR 9574 - Execution of waterproofing (2008), for waterproofing systems that require dry substrate for application, must wait at least 7 days of curing the leveling layer for subsequent application, which usually does not occur in the works. In view of this, the objective of this study is to demonstrate the influence of moisture of leveling- layer in performance waterproofing system with asphalt membrane, especially with to adhesion and sealing. The study is part of a monograph of the Course Technology Waterproofing of IDD Institute-SP. The research method was the experimental program in laboratory with prototypes that simulate the sealing system (base, leveling layer, primer and asphalt

¹ MARANHÃO, Flávio; OLIVEIRA, Maressa; SANTOS, Thiago. Influência da umidade do substrato no desempenho de sistema de impermeabilização com manta asfáltica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo.

membrane). With the results, it was proved the influence of moisture in the adherence and consequently in the tightness in the asphalt membrane system. Thus, it becomes essential to the proper curing period of adjustment layer for subsequent application of waterproofing, thus avoiding the performance problems and disorders among those involved.

Keywords: Waterproofing. Asphaltic membrane. Adherence

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como foco principal verificar a influência da umidade da regularização no desempenho de sistemas de impermeabilização de mantas asfálticas, com relação à aderência e estanqueidade.

A manta asfáltica foi aplicada sobre a camada de regularização com idades de 1,2,3 e 7 dias respectivamente com primer asfáltico base água e base solvente. Como referência, também foi aplicada em placas saturadas (100% de umidade) e totalmente secas (0% de umidade). O desempenho do sistema foi verificado através de ensaios de estanqueidade, conforme ABNT – NBR 9574- Execução de impermeabilização, (2008) e aderência – adaptação da ABNT – NBR 13528 – Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação de resistência de aderência à tração (2010). A pesquisa restringe-se a sistema de manta asfáltica aplicada com maçarico.

O sistema de impermeabilização mais utilizado atualmente é o sistema de manta asfáltica. Com mais de 30 anos de credibilidade no mercado é o sistema que tem apresentado melhor relação custo x benefício, principalmente para lajes e estruturas com maior deformação. Entretanto, como todo o sistema, a aplicação exige cuidados e preparo adequado da superfície para eficiência do sistema.

Segundo Neto (2014), o preparo adequado do substrato equivale à 60% do sucesso da impermeabilização. A ABNT – NBR 9574 (2008), estabelece procedimentos como limpeza da superfície, recuperação de ninhos e falhas de concretagem e execução de regularização com caimento adequado em direção aos coletores. Estabelece ainda que para sistemas que requeiram substrato seco (como o caso do sistema de manta asfáltica), a regularização deve ter idade mínima de 7 dias. Muitas vezes, devido ao cronograma ou até mesmo redução de custo nas obras, os procedimentos de preparo de superfície bem como intervalo de secagem da regularização não são seguidos.

Mello (2005) afirma que a aplicação do sistema de manta asfáltica sobre substrato úmido compromete a aderência, pois gera bolhas que provocam deslocamento e ruptura da camada impermeável.

Desta forma, através de programa experimental desenvolvido em laboratório, a pesquisa tem objetivo de verificar a influência da umidade da regularização no desempenho do sistema de manta asfáltica, bem como o comportamento e influência do tipo de primer.

2 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 a ABNT – NBR 9574 (2008), os sistemas de impermeabilização são classificados em dois tipos:

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 deformação do elemento construtivo.

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 deformação do elemento construtivo.

No Quadro 1 são apresentados exemplos de sistemas rígidos e flexíveis, conforme a ABNT – NBR 9574

Quadro 1 – Sistemas rígidos e flexíveis 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 epoxidica
Flexíveis	Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero Membrana de asfalto modificado com adição de polímero Membrana de emulsão asfáltica Membrana de asfalto elastomérico 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 9574 (2008)

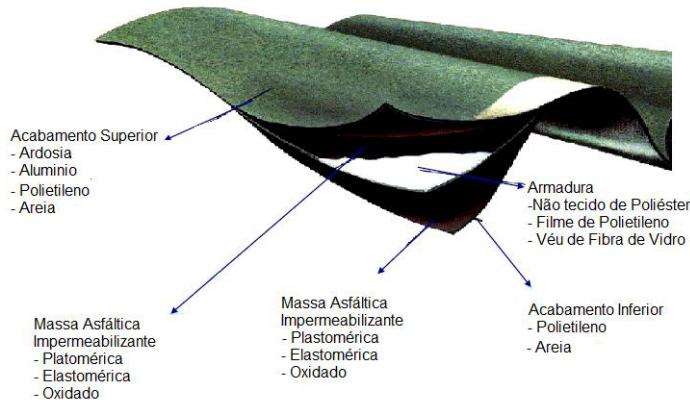
2.1 Mantas asfálticas

A manta asfáltica é o material mais utilizado para impermeabilização de lajes tendo variação em sua composição, espessura e estruturante (PEZZOLO, 2007). O material, por ser termoplástico, acompanha a deformação

estrutural e não perde suas propriedades mesmo sob elevadas solicitações o que o torna mais seguro na impermeabilização de áreas sujeitas à movimentação (CUNHA & NEUMAN,1979).

São compostas basicamente por massa asfáltica, estruturante ou armadura e acabamento superficial (superior e inferior), conforme apresentado na Figura 1:

Figura 1 – Composição da manta asfáltica



Fonte: Granato, 2013

O acabamento superior pode ser em ardósia, alumínio, polietileno ou areia, sendo que os acabamentos considerados autoprotegidos (ardósia e alumínio) dispensam a proteção mecânica. Já o acabamento inferior pode ser em polietileno, indicado para mantas que sãoaderidas com maçarico, ou areia indicados para mantas aderidas com asfalto quente. A massa asfáltica é produzida a partir do CAP (cimento asfáltico de petróleo) e pode receber ou não durante o processo de produção adição de polímeros elastoméricos ou plastoméricos.

De forma a estabelecer padrão e um melhor controle de qualidade das diversas mantas disponíveis no mercado, a ABNT - NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização (2014) estabelece parâmetros mínimos para as mantas asfálticas, conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2 – Parâmetros para manta asfáltica

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
	Alongamento (mínimo)	%	2	2	30
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
		B		-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.Escorramento (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, escorramento, 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
		B		5	5	5
		C		10	10	10
10. Estanqueidade (mínimo)	Mca	5	10	15	20	
11. Resistência ao rasgo (mínimo)	N	50	100	120	140	
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>d. Desconsiderar envelhecimento que possa ocorrer na camada antiaderente</p> <p>e. Os ensaios de flexibilidade devem ser efetuados nas temperaturas estabelecidas na tabela.</p>						

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.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Planejamento Experimental

Os sistemas aplicados bem como as siglas utilizadas para identificação das amostras são apresentados no Quadro 3:

Quadro 3 – Sistemas e identificação das amostras

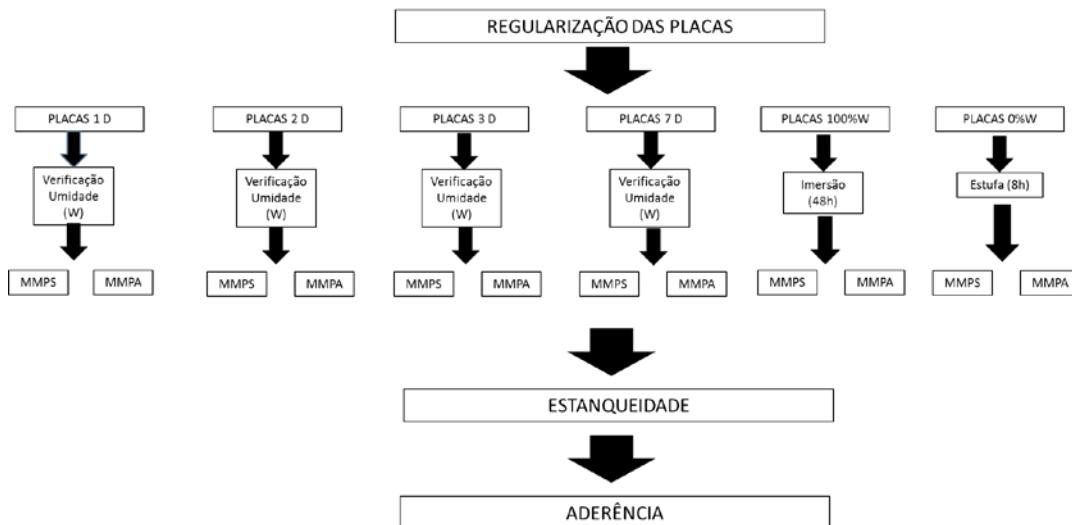
Placa	Sistema	Identificação
1 Dia	Manta asfáltica com primer solvente	MMPS 1D
	Manta asfáltica com primer água	MMPA 1D
2 Dias	Manta asfáltica com primer solvente	MMPS 2D
	Manta asfáltica com primer água	MMPA 2D
3 Dias	Manta asfáltica com primer solvente	MMPS 3D

	Manta asfáltica com primer água	MMPA 3D
7 Dias	Manta asfáltica com primer solvente	MMPS 7D
	Manta asfáltica com primer água	MMPA 7D
100% w	Manta asfáltica com primer solvente	MMPS 100% w
	Manta asfáltica com primer água	MMPA 100% w
0% w	Manta asfáltica com primer solvente	MMPS 0% w
	Manta asfáltica com primer água	MMPA 0% w

Fonte: Autores (2016)

Na Figura 2 é apresentado fluxograma do programa experimental

Figura 2: Fluxograma do programa experimental



Fonte: Autores (2016)

3.2 Materiais utilizados

Os materiais empregados para confecção dos protótipos são descritos a seguir.

Placas de substrato padrão: Placas com dimensões de 25cm x 50cm x 5cm confeccionadas pelo laboratório LA Falcão BAUER, conforme ABNT - NBR 14082 - Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Execução de substrato-padrão e aplicação de argamassa para ensaio (2004);

Regularização: Na regularização foi utilizado argamassa de consistência seca composta por cimento CPIII E 32 - VOTORAN, areia média e seca no traço 1:3 aditivada com adesivo polimérico BIANCO de fabricação VEDACIT;

Primer asfáltico base água: Emulsão asfáltica para uso como imprimação em sistemas de manta asfáltica de fabricação VIAPOL;

Primer asfáltico base solvente: Solução asfáltica para uso como imprimação em sistemas de manta asfáltica de fabricação VIAPOL

Manta asfáltica: Manta asfáltica estruturada com não-tecido de poliéster classificação tipo II, asfalto C e espessura de 4mm, conforme classificação ABNT – NBR 9952 (2014) apresentado no Quadro 2.

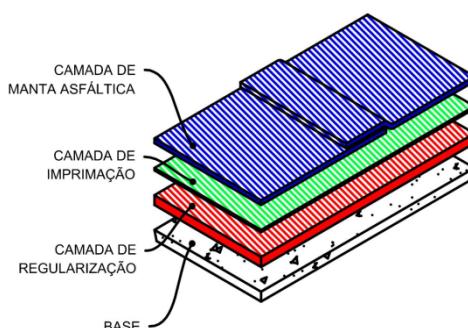
A pesquisa restringe-se a manta asfáltica aplicada com maçarico.

3.3 Programa experimental

Baseado nas recomendações da Norma de execução de impermeabilização - ABNT - NBR 9574 (2008) e no manual técnico do fabricante das amostradas utilizadas na pesquisa, são apresentados a seguir os procedimentos adotados para preparação das amostras e execução dos ensaios.

A pesquisa foi realizada em laboratório através de protótipos que simulam um sistema completo (base, regularização, primer e manta), conforme apresentado na figura 3:

Figura 3 – Protótipo utilizado



Fonte: Autores, 2016

O sistema foi aplicado sobre 24 placas de substrato padrão confeccionadas conforme a ABNT - NBR 14082 (2004) pelo Laboratório LA Falcão Bauer. Conforme prescrito na ABNT, NBR 9574 (2008) para aplicação do sistema foi feito regularização da superfície com argamassa de cimento e areia no traço em volume 1:3 sobre chapisco "vassourado" e aditivado com adesivo polimérico.

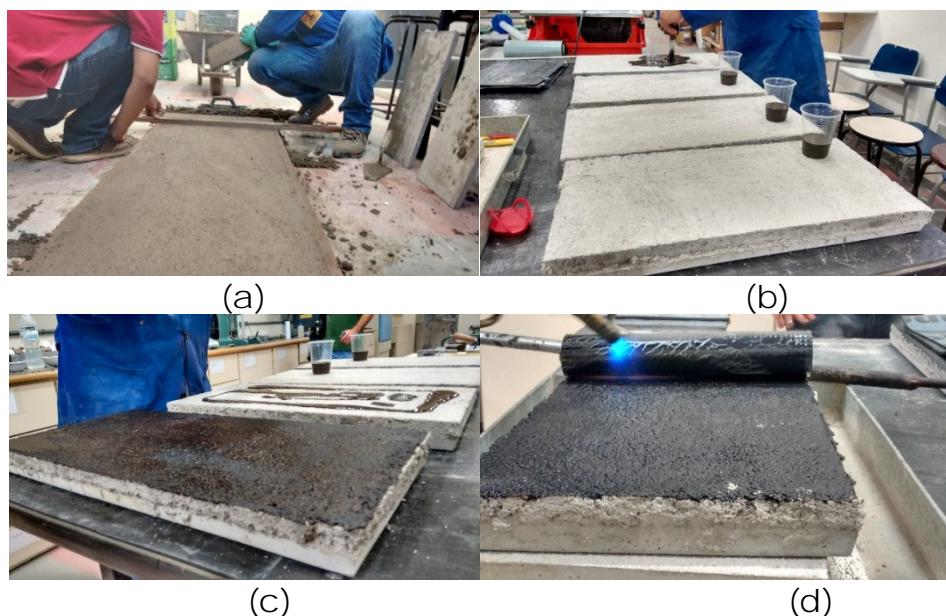
Para verificação da influência da umidade, o sistema de manta asfáltica foi aplicado em placas com idades da regularização de 1,2,3 e 7 dias. Como referência foi aplicado também em placas totalmente secas (0% de umidade) e totalmente saturadas (100% de umidade).

Após a regularização, as placas foram armazenadas em laboratório nas mesmas condições de temperatura ambiente e umidade relativa para aplicação dos sistemas de impermeabilização nas respectivas idades. O sistema foi aplicado conforme recomendação do fabricante, nas respectivas idades. A aplicação foi iniciada pelo primer, sendo aplicado com consumo de 0,400L/m², conforme manual técnico do fabricante, e

aguardando-se período de secagem mínima de 6 horas. Foram aplicados sistema com primer base água em 12 placas e sistema com base solvente nas 12 placas remanescentes.

Após secagem dos primers (período de 6 horas), a manta foi aplicada com maçarico tomando-se o cuidado de manter a chama adequada e verificando-se o encolhimento do filme de polietileno para aderência adequada no substrato. A figura 4 apresenta o processo de regularização das placas e aplicação dos sistemas de impermeabilização.

Figura 4: Regularização (a), aplicação de primer (b) (c) e aplicação da manta nas placas (d)



Fonte: Autores, 2016

Para aferição da umidade superficial, foi regularizada uma placa de substrato padrão com as mesmas características e curada nas mesmas condições das placas dos ensaios. Para cada idade, antes da aplicação do sistema, foi coletado uma amostra desta placa, pesada e colocada em estufa por quatro horas.

Figura 5: Placa para aferição de umidade



Fonte: Autores, 2016

Após este período foi feita novamente a pesagem para cálculo da umidade, conforme equação abaixo:

$$W = [(P_{sat} - P_{sec}) / P_{sec}] * 100$$

Onde:

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

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

Finalizada a aplicação dos sistemas, as placas foram submetidas à teste de estanqueidade, com uma lâmina d'água de 5cm, conforme recomendação da ABNT – NBR 9574 (2008), mas por um período de 20 dias. Para execução do teste de estanqueidade, foi feito uma borda com manta asfáltica em todo o perímetro das placas e vedadas as junções com asfalto quente, conforme apresentado na figura 6:

Figura 6: Preparo da placa (a), vedação das junções (b) e execução do teste de estanqueidade (c)



(a)

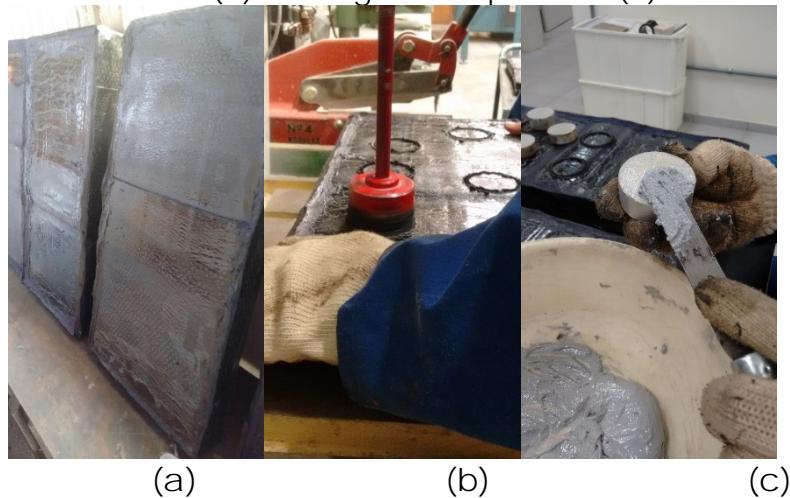
(b)

(c)

Fonte: Autores, 2016

Após o teste de estanqueidade, as amostras foram submetidas a teste de aderência adaptado da ABNT - NBR 13528 (2010). Foram executados cortes de 8 pontos por idade, resultando-se em 8 CPs/idade. Para execução do teste de aderência o filme de polietileno foi extinguido e o corte foi feito com auxílio de serra copo de bancada. Após os cortes, as pastilhas foram coladas com adesivo epóxi de alta viscosidade e aguardou-se o tempo de secagem do adesivo que foi de 24 horas para início do ensaio, conforme apresentado na figura 7:

Figura 7: Teste de aderência – Extinção do filme de polietileno (a); execução do corte (b) e colagem das pastilhas (c)



Fonte: Autores, 2016

Após secagem do adesivo, iniciou-se os testes de aderência com dinamômetro, conforme apresentado da figura 8:

Figura 8: Execução de teste de aderência



Fonte: Autores, 2016

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados dos testes de estanqueidade e aderência.

4.1 Estanqueidade

Após o teste de estanqueidade nenhuma das amostras apresentou vazamento, ou seja, 100% das amostras ensaiadas passaram no ensaio.

4.2 Aderência

4.2.1 Sistema de manta asfáltica com primer base solvente

A seguir apresenta-se os resultados obtidos nos testes de aderência dos

sistemas de manta asfáltica com primer base solvente:

Tabela 1 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 1 dia

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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
	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 2 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 2 dias

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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 3 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 3 dias

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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
	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 4 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 7 dias

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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	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 5 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 0% W

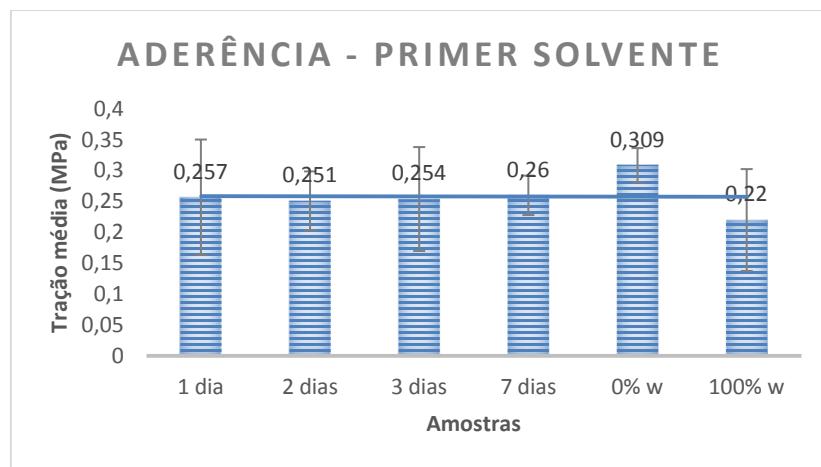
PRIMER SOLVENTE				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
0%W	1	800	0,283	90% manta / 5% primer / 5% manta e primer
	2	1064	0,376	50% manta / 30% primer / 20% manta e primer
	3	811	0,287	80% manta / 15% primer / 5% manta e primer
	4	876	0,310	80% manta / 15% primer / 5% manta e primer
	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 6 – Resultados obtidos no sistema com primer solvente – Amostras 100% W

PRIMER SOLVENTE				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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
	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%	

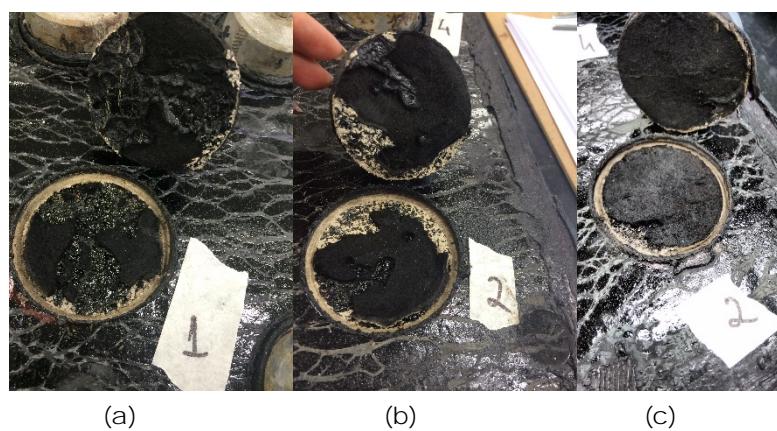
A seguir apresenta-se o gráfico 1 com as resistências médias de aderência obtidas no sistema de manta asfáltica com primer base solvente:

Gráfico 1 – Resistência média à tração obtida no sistema com primer solvente



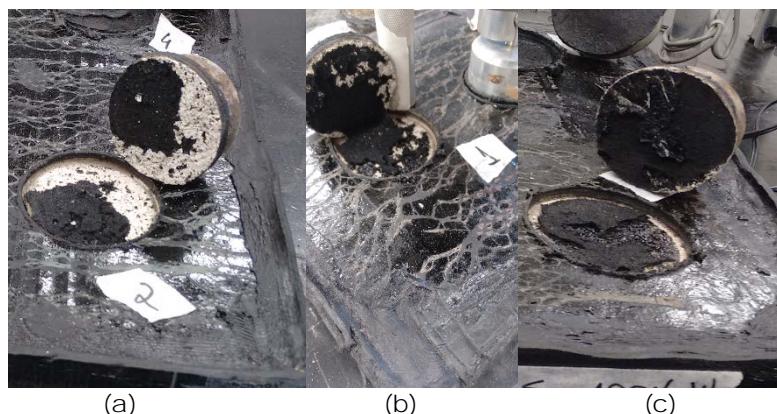
É possível observar, através do gráfico 1 um acréscimo da resistência de aderência nas placas com menor umidade. No teste observou-se também a forma de ruptura do sistema com o primer solvente. Mesmo nas placas com maior umidade, a forma de ruptura predominante é na manta asfáltica, conforme apresentado nas figuras 9 e 10:

Figura 9: Forma de ruptura dos CPs das amostras de 1 (a), 2 (b) e 3 dias (c)



Fonte: Autores, 2016

Figura 10: Forma de ruptura das amostras de 7 dias (a), 0%w (b) e 100%w (c)



Fonte: Autores, 2016

4.2.2 Sistema de manta asfáltica com primer base água

Abaixo apresenta-se os resultados obtidos nos testes de aderência do sistema de manta asfáltica com primer base água:

Tabela 7 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 1 dia

PRIMER ÁGUA				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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
	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 8 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 2 dias

PRIMER ÁGUA				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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
	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 9 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 3 dias

PRIMER ÁGUA				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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 10 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 7 dias

PRIMER ÁGUA				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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
	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 11– Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 0%w

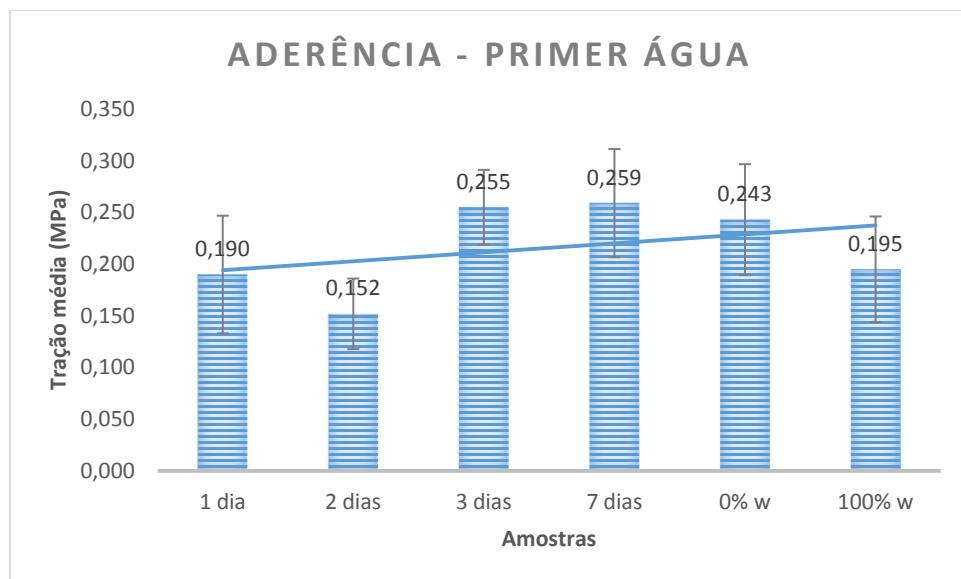
PRIMER ÁGUA				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
0%W	1	610	0,216	90% primer / 10% manta e primer
	2	550	0,195	85% manta e primer / 15% primer
	3	685	0,242	70% manta e primer / 30% primer
	4	732	0,259	70% primer / 30% manta e primer
	5	935	0,331	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 12 – Resultados obtidos no sistema com primer água – Amostras 100%w

PRIMER ÁGUA				
Amostras	Corpo de prova	Carga (kN)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Forma de Ruptura
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
	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%

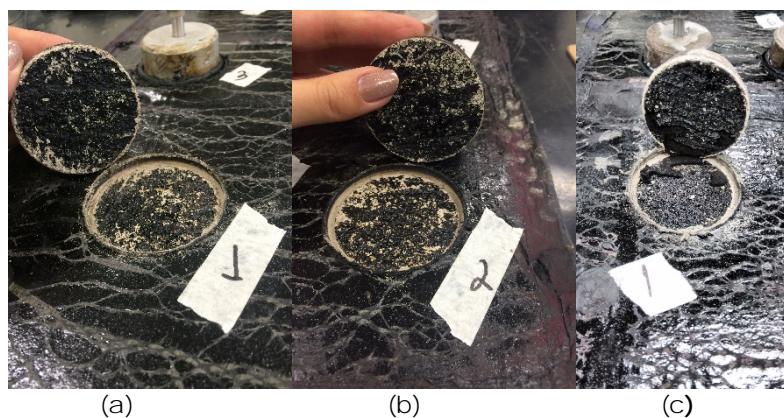
A seguir apresenta-se o gráfico 2 com as resistências médias de aderência obtidas no sistema de manta asfáltica com primer base água:

Gráfico 2 – Resistência média à tração obtida no sistema com primer água



É possível observar, através do gráfico 2, 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. 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 nas figuras 11 e 12:

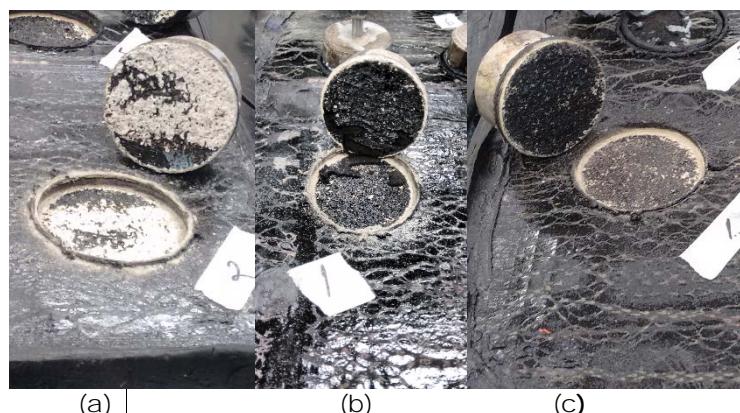
Figura 11: Forma de ruptura de CPs das amostras de 1 (a), 2 (b) e 3 dias (c)



Fonte: Autores, 2016

Observa-se ainda que nas amostras com menor umidade, mesmo com pouca diferença na resistência, há alteração significativa na forma de ruptura como pode ser observado na figura 12 na ruptura das amostras de 7 dias e 0% W. Estas amostras já apresentam rompimento no primer e em menor proporção na manta.

Figura 12: Forma de ruptura das amostras de 7 dias (a), 0%w (b) e 100%w(c)



Fonte: Autores, 2016

4.2.3 Análise de variância (ANOVA)

A partir dos resultados de resistência à tração (aderência) dos corpos de prova foi feito tratamento estatístico para determinar a significância da umidade para os dois tipos de primers empregados na pesquisa, conforme apresentado a seguir.

Para ANOVA, considerou-se inicialmente como hipótese verdadeira que a umidade da superfície não influencia a aderência para os dois sistemas (primer base água e base solvente), considerando:

Fator controlável – umidade

Níveis do fator controlável: Umidade nas respectivas idades, conforme apresentado nos quadros 4 e 7

Variável de resposta: aderência

Repetições: 8 valores para cada nível

Quadro 4: Resistência à tração MPa (aderência) de sistema com primer base solvente

PRIMER SOLVENTE					
1D (4,96%w)	2D (4,50%w)	3D (3,90%w)	7D (3,15%w)	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	0,303

Quadro 5 : Média e variância para sistema com primer base solvente

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1D(4,96%w)	8	2,083834	0,260479	0,008819
2D(4,50%w)	8	2,012027	0,251503	0,002619
3D(3,90%w)	8	2,030421	0,253803	0,008125
7D(3,15%w)	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

Quadro 6 – Análise de variância para aderência do sistema com primer base solvente

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				

Com base na análise de variância das resistências obtidas com o primer base solvente, observa-se que a hipótese inicial é verdadeira, ou seja, para o sistema com base solvente a umidade não exerce influencia.

Quadro 7: Resistência à tração MPa (aderência) de sistema com primer base água

PRIMER ÁGUA					
1D (4,96%w)	2D (4,50%w)	3D (3,90%w)	7D (3,15%w)	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

Quadro 8 : Média e variância para sistema com primer base água

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
1D(4,96%w)	8	1,52	0,19	0,003629
2D(4,50%w)	8	1,2	0,15	0,0012
3D(3,90%w)	8	2,03	0,25375	0,005713
7D(3,15%w)	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

Quadro 9 – Análise de variância para aderência do sistema com primer base água

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
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				

Com base na análise de variância para o sistema com primer base água , diferentemente do sistema com primer base solvente, a hipótese inicial é rejeitada ($F > F$ crítico), ou seja a umidade da superfície influencia na aderência do sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos resultados obtidos, considera-se que o objetivo da pesquisa de verificar a influência da umidade no desempenho de sistema de manta asfáltica foi atingido e pôde-se observar que:

- a) A umidade superficial, bem como o tipo de primer adotado não influenciou a curto prazo no quesito estanqueidade;
- b) A umidade superficial exerce maior influência para sistemas de manta asfáltica com primer base água, conforme verificado através da Análise de variância dos dados e tipo de ruptura dos cps;
- c) O primer base solvente apresentou melhor desempenho do que o primer água, tanto na tensão de resistência de aderência quanto na forma de ruptura – pôde-se observar em diversos pontos o rompimento predominante da manta e substrato.

AGRADECIMENTOS

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

À Universidade São Judas por fornecer toda a estrutura necessária para execução do programa experimental;

Ao professor Dr. Flávio Maranhão pelas orientações e suporte durante desenvolvimento da pesquisa;

À Sra Heloisa e à Concremat que patrocinou todos os ensaios de caracterização das amostras;

Aos coordenadores do Instituto IDD/SP Ricardo e André pelo incentivo e orientações;

Ao Professor Engº José Eduardo Granato pelas orientações e pelas amostras cedidas.

REFERÊNCIAS

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 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração.** 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.

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

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

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.

STORTE, M. **Apostila de Impermeabilização.** São Paulo: Notas de aula, 2015.