

Permeabilidades de Geotêxteis Impregnados com Asfaltos

Sabrina Robeck

Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, Brasil, sabrinarobeck@hotmail.com

Sidnei H. C. Teixeira

Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, Brasil, s.teixeira@ufpr.br

RESUMO: O objetivo principal do trabalho é apresentar os valores obtidos de permeabilidade dos geotêxteis não tecidos de poliéster impregnados com material asfáltico, diante de diferenciadas técnicas de aplicação, através de ensaios de carga variável, em um permeâmetro idealizado para uma carga hidráulica superior àquela imposta nos ensaios tradicionais. Foi avaliada a influência de cada um dos seguintes aspectos, nos resultados das permeabilidades de setenta corpos de prova de geotêxteis impregnados com asfalto: técnicas de aplicação de asfalto no geotêxtil não tecido; taxas de impregnação obtidas para as diferentes técnicas de aplicação; espessuras finais alcançadas para as diferentes técnicas de aplicação; influência do tipo de material asfáltico utilizado; influência da gramatura do geotêxtil não tecido; influência de uma possível deformação na manta. Os resultados obtidos apresentaram valores de permeabilidade compatíveis aos solos siltosos e argilosos, sendo fatores preponderantes a taxa de impregnação e espessuras finais. Porém, os procedimentos de ensaio indicam para uma variação na permeabilidade caso o material seja submetido a alguma deformação. Ao final da pesquisa, com base nos resultados obtidos, são definidos parâmetros de referência de permeabilidade para faixas de valores de taxas de impregnação e espessuras finais da manta. Estes dados podem ser empregados em dimensionamentos de projetos de obras utilizando a manta impregnada como uma barreira impermeável.

PALAVRAS-CHAVE: Geotêxtil, Asfalto, Permeabilidade, Carga, Variável, Ensaio.

1 INTRODUÇÃO

O advento dos geossintéticos introduziu materiais nas obras de engenharia com vantagens, entre outras, quanto a pouca espessura, flexibilidade, facilidade na aplicação, resistência e baixo custo. Estes materiais possuem aplicações diversificadas, desempenho consagrado e vários segmentos da engenharia incorporam estes produtos sintéticos.

Dentre os materiais geossintéticos o geotêxtil pode ser considerado o mais versátil, pois desempenha todas as principais funções aplicáveis em projetos de engenharia civil e geotecnia, enquanto os demais produtos sintéticos somente atendem a funções específicas (VERTEMATTI *et. al.*, 2004).

Em particular, os geotêxteis não tecidos agulhados apresentam potencial para a sua

impregnação com asfalto resultando em um material flexível, de pouca espessura, baixa permeabilidade e superfície aderente.

Tomando como base o emprego de geossintéticos em obras rodoviárias e obras de impermeabilização, percebe-se a potencialidade do emprego de geotêxteis não tecidos impregnados com material asfáltico atuando como uma barreira impermeável. Por exemplo, em ensecadeiras construídas com materiais naturais de permeabilidade elevada, esta manta poderia ser instalada durante a execução do aterro, na região do núcleo ou próximo da face do talude de montante, através de um envelopamento ou até mesmo na fundação para vedação (*cut-off*).

Em todos os casos, que se tem registro no Brasil até o momento, a técnica não foi empregada em obras de aterros hidráulicos, como são os casos

de ensecadeiras e barragens de terra. Nos demais casos o processo de impregnação da manta ocorreu sempre em campo durante a execução da obra. Por este motivo não há um controle rígido no que diz respeito às taxas de ligante e espessuras, bem como um conhecimento totalmente consolidado sobre a impermeabilidade do material.

2 GEOTÊXTEIS

Dois tipos diferentes de geotêxteis não tecidos foram adotados neste estudo. Apesar de ambos serem fabricados com o mesmo polímero, o poliéster (PET), suas gramaturas são de 120g/m² e 180g/m².

O geotêxtil não tecido de 120g/m² foi adotado como padrão na pesquisa por ser um tipo difundido e consagrado no mercado, bem como corriqueiramente utilizado em obras de engenharia geotécnica. Já a manta com gramatura superior (180g/m²) foi selecionada para efeito de comparação entre os resultados e análise paramétrica.

Tabela 1. Propriedades relevantes dos geotêxteis não tecidos utilizados na pesquisa de acordo com o fabricante.

Propriedade	Norma	Geotêxtil Não-Tecido	
		120 g/m ²	180 g/m ²
Permissividade	ASTM D 4491	2,5s ⁻¹	2,0s ⁻¹
Fluxo de Água	ASTM D 4491	7450 l/min/m ²	5820 l/min/m ²
Permeabilidade Normal	ABNT NBR ISO 11058	0,40cm/s	0,39cm/s
Ponto de Fusão	-	260°C	260°C

3 ASFALTOS

A emulsão asfáltica empregada, como um dos materiais para impregnação dos geotêxteis, é denominada RR-1C ou do tipo catiônica de ruptura rápida. Além desta emulsão, foram realizados ensaios com cimento asfáltico de petróleo – CAP do tipo 50/70, asfalto modificado com polímero de grau 60/85 e tinta asfáltica, comumente empregada na construção civil contra a umidade e águas agressivas.

A emulsão asfáltica foi selecionada como padrão na pesquisa. É um material frequentemente utilizado na recuperação de

pavimentos rodoviários associado ao geotêxtil, sua aplicação pode ser realizada a temperatura ambiente, sem a necessidade de aquecimento e controle de temperatura, o armazenamento requer instalações simplificadas e não agride o meio ambiente, por não gerar gases tóxicos ou poluentes.

4 IMPREGNAÇÃO

Os métodos utilizados para a impregnação dos corpos de prova de geotêxteis não tecidos com asfalto foram o espalhamento e a imersão, designados como pertencentes ao Grupo A e Grupo B respectivamente.

O método de espalhar o asfalto sobre a amostra foi efetuado com o auxílio de um rolo de pintura de dimensões 5cm de comprimento por 2cm de diâmetro (ver Figura 1). Já o método imersão basicamente consistiu em despejar asfalto em um recipiente, de dimensões apropriadas, e em seguida mergulhar o corpo de prova durante um determinado tempo (ver Figura 2).



Figura 1. Processo de impregnação com emulsão asfáltica pelo método de espalhamento – Grupo A

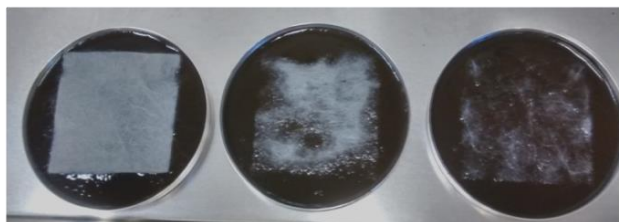


Figura 2. Processo de impregnação com emulsão asfáltica pelo método de imersão – Grupo B.

De maneira padronizada, os corpos de prova foram mergulhados em 100ml de emulsão asfáltica pelo tempo total de 30 minutos e permaneceram secando durante 24 horas. Para análise paramétrica, foram preparados corpos de provas com o dobro e a metade do volume de

asfalto, o dobro e a metade do tempo de imersão, duas imersões de 30 minutos cada intercaladas por meia hora e período de secagem de 48 e 72 horas. Para a tinta asfáltica foi seguido o padrão de imersão em 100ml por 30 minutos e secagem por 24 horas.

A aplicação por espalhamento com rolo foi executada através de 10 passadas intercaladas por duas saturações do rolo, ou seja, 5 passadas para cada saturação. O padrão estabelecido, para a análise comparativa, foi o de duas aplicações de 10 passadas cada, espaçadas por 2 horas, em somente uma das faces do corpo de prova, com tempo de secagem de 24 horas. As amostras comparativas receberam aplicações nas duas faces, a metade e o dobro de tempo entre aplicações de 10 passadas, aplicação única de 10 de mãos ou 3 aplicações de 10 de mãos cada e o dobro e triplo de tempo de secagem. Os corpos de prova preparados com tinta asfáltica também seguiram o padrão de 10 passadas a cada 2 horas com secagem de 24 horas.

O CAP e o asfalto modificado por polímero foram previamente aquecidos, pois em temperatura ambiente se encontram no estado semissólido, para então serem procedidas às impregnações. Neste caso, somente foi possível realizar o método de impregnação pela imersão. Em ambos os casos os corpos de prova de geotêxtil permaneceram imersos somente 2 minutos, uma vez que o asfalto esfria rapidamente e a penetração do ligante é praticamente imediata. Em elevadas temperaturas, da ordem de 100°C, não foi possível realizar o espalhamento.

Em todas as situações os corpos de prova impregnados foram dispostos na posição horizontal até resfriarem, no caso dos asfaltos aquecidos, ou até secar, asfaltos manipulados em temperatura ambiente.

5 CARACTERIZAÇÃO

Do mesmo modo que os geotêxteis virgens, os corpos de prova após serem impregnados com asfalto foram submetidos à determinação de suas espessuras e massas finais.

Tendo em vista o comportamento viscoelástico dos asfaltos, os corpos de prova quando submetidos a pressão de 2kPa apresentaram

variação da espessura em função do tempo. Nas amostras impregnadas com CAP e asfalto modificado, com espessuras mais significativas, da ordem de 4mm, este comportamento ficou mais evidenciado. Para estes casos, foram realizadas as anotações das espessuras ao início do ensaio e após cinco minutos, quando tende a estabilização. A espessura adotada foi aquela resultante da média aritmética das duas leituras. Nos geotêxteis impregnados com emulsão e tinta asfálticas, a tendência à estabilização ocorre em até um minuto, tempo estipulado na pesquisa, nestes exemplares, para a leitura e anotação da espessura final.

Além das espessuras e massas, faz parte da caracterização após impregnação com asfalto a determinação da taxa de impregnação ou retenção de asfalto do geotêxtil. Os valores foram determinados com base na norma ASTM 6140:2014. A norma especifica a retenção de asfalto somente para o CAP, porém foi adotada a mesma premissa para o asfalto modificado, emulsão e tinta asfálticas.

6 ENSAIO

Tendo em vista o objetivo da pesquisa de submeter às amostras impregnadas a elevada carga hidráulica, superior àquela corriqueiramente empregada em ensaios de permeabilidade de geotêxteis, foi construído um dispositivo para os testes realizados na pesquisa. O sistema permite ensaiar corpos de prova simulando uma carga hidráulica de até 2 metros de altura.

Na Figura 3 é possível observar as características do dispositivo. O diâmetro da tubulação que abastece o sistema é de 5 centímetros e, por sua vez, a área da amostra ensaiada também possui 5 centímetros de diâmetro.

Depois de preparados e secos os corpos de provas de geotêxtil mais emulsão ou tinta asfáltica passaram por um processo de saturação fora do permeâmetro, permanecendo imersos em água durante 24 horas. Os corpos de prova preparados com cimento asfáltico de petróleo e asfalto modificado, foram submetidos ao processo de saturação prévio, por imersão durante 24 horas fora do dispositivo, e posterior saturação final, no próprio sistema. A saturação

final no dispositivo consistiu em instalar o corpo de prova no dispositivo, abastecer o sistema com água e permitir a passagem da água com a válvula de controle aberta durante o período de um dia.

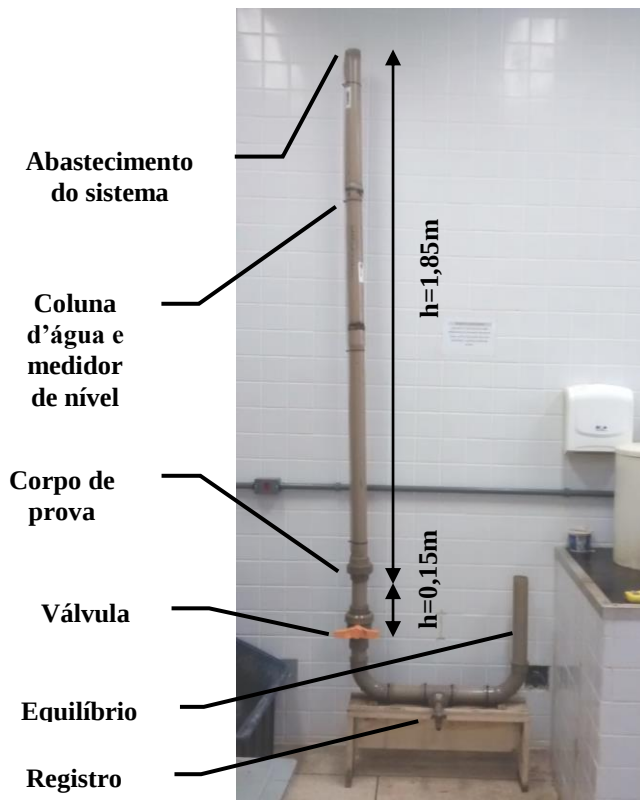


Figura 3. Dispositivo utilizado para o ensaio de determinação da permeabilidade dos geotêxteis impregnados com asfalto.

Procedidas as saturações dos materiais, com o registro de esgotamento fechado e a válvula de controle aberta, o dispositivo é abastecido com água até a altura da válvula de controle. Com a válvula de controle fechada, na posição horizontal, o sistema é preenchido com água até a junção, conforme sequência 1 ilustrada na Figura 4, a tela de suporte deve ser posicionada, sequência 2, o corpo de prova acomodado, sequência 3, e então a tubulação poderá ser acoplada. A sequência 4 ilustra a junção posicionada para possibilitar a conexão com a tubulação acima do corpo de prova, sequência 5.

Com a junção conectada na tubulação que permite o abastecimento com água, dados os passos mencionados, o sistema deve ser completado com água e está pronto para o início do ensaio.

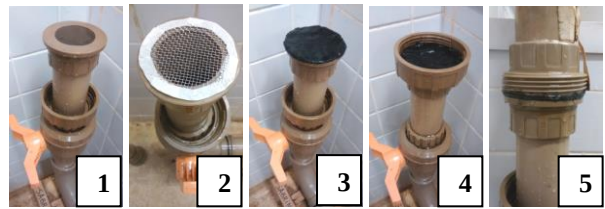


Figura 4. Sequência de preparo do permeâmetro e instalação do corpo de prova de geotêxtil impregnado com asfalto modificado para início do ensaio.

O ensaio de carga variável realizado em permeâmetro diferenciado foi baseado na norma ASTM D 4491:2014, que leva em consideração, além da área do corpo de prova, diâmetro da tubulação que abastece o sistema, diferença de carga hidráulica e o tempo, a temperatura da água durante o teste.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O tempo de secagem influencia nos resultados das permeabilidades da manta impregnada, seja por espalhamento ou por imersão utilizando a emulsão asfáltica. Recomenda-se o período de 3 dias, até que a emulsão asfáltica esteja totalmente curada e solidarizada ao geotêxtil.

Para a técnica de espalhamento, considerando que somente duas aplicações de emulsão asfáltica serão realizadas para a impregnação da manta, o ideal é que o intervalo de tempo entre cada aplicação da emulsão seja igual ou superior a 4 horas. O resultado é uma manta mais impermeável, reflexo das maiores taxas de impregnação e espessura alcançadas. Aplicações sucessivas, com intervalos inferiores a 2 horas, prejudicam os resultados de permeabilidade.

Bons resultados podem ser obtidos ao se aumentar o número de aplicações por espalhamento de emulsão asfáltica para três repetições ao invés de somente duas. Neste caso, o intervalo de tempo entre cada aplicação poderá ser de no mínimo 2 horas.

O procedimento de impregnação por espalhamento da emulsão asfáltica nas duas faces do geotêxtil resulta em um aumento da taxa do ligante, mas não em sua espessura final, indicando a obturação de vazios existentes. Com isso, os resultados de permeabilidade são ligeiramente inferiores aos obtidos quando a

aplicação é realizada em somente uma das faces da manta.

Para a técnica de imersão em emulsão, não há diferença significativa nos resultados quando se realiza uma única imersão de 60 minutos total ou duas imersões de 30 minutos cada, intercalada por um tempo de secagem de meia hora. Os resultados das permeabilidades são equivalentes, inclusive as taxas de impregnação e espessuras finais.

Em contrapartida, quando a imersão com emulsão é empregada, o tempo de 30 minutos pode ser considerado um limiar. Com 15 minutos de imersão os resultados são equivalentes à imersão de 60 minutos. Porém as taxas e espessuras são diferenciadas, devido ao tempo necessário para que ocorra a penetração da emulsão na manta.

O aumento do volume de emulsão asfáltica durante a imersão, para uma mesma área de geotêxtil, somente eleva a espessura final sem contribuição nas taxas de impregnação.

Para ambas as técnicas de impregnação a tinta asfáltica apresentou valores elevados de permeabilidade. Os resultados são equivalentes aos obtidos para emulsão aplicada em uma só face ou com intervalo entre impregnações inferiores a 2 horas.

A impregnação com o CAP só foi possível através da técnica de imersão com resultados da ordem de 10^{-5} cm/s. O controle da temperatura nestes casos é muito importante, pois o geotêxtil de 120g/m² apresentou sensibilidade a este aspecto. As temperaturas de aplicação da ordem de 100°C são toleráveis. Com 130°C houve praticamente uma desintegração dos corpos de prova.

Mantas de geotêxtil com gramatura 180g/m² são mais sensíveis às taxas de impregnação do que os geotêxteis com 120g/m². Os resultados indicam que é possível reduzir os valores das permeabilidades em até cem vezes ao aumentar em 60% a taxa de impregnação com emulsão asfáltica. Isto ocorre independentemente da técnica de aplicação e para espessuras finais semelhantes. Porém, sob as mesmas condições, para o geotêxtil com gramatura 120g/m² o aumento da taxa não resulta necessariamente em melhores resultados.

Os corpos de prova ensaiados sem o uso da tela

de suporte apresentaram deformação, mas em nenhum caso houve o rompimento do corpo de prova. As deformações devem ser dependentes das descargas hidráulicas impostas.



Figura 5. Diferença entre os corpos de prova, após o ensaio com elevada carga hidráulica: (a) sem a tela de suporte; (b) com a tela de suporte.

Quando ocorreram deformações nas mantas impregnadas por espalhamento, os valores de permeabilidade resultaram vinte vezes menores. Já os resultados para a técnica de imersão, para a mesma condição, ficaram entorno de seis vezes menos.

O CAP e o asfalto modificado por polímero, nos ensaios em que não são esperadas deformações, alcançaram valores da ordem de 10^{-6} cm/s tendo sido os melhores resultados obtidos.

Os asfaltos aquecidos, aplicados através da técnica de imersão, apresentaram os melhores resultados em termos de permeabilidade, quando comparados aos asfaltos manipulados em temperatura ambiente tanto por espalhamento como pela imersão.

De um modo geral, a técnica de imersão impregna mais o geotêxtil. Porém, o controle da espessura final e taxa de emulsão é mais facilitado através da técnica de espalhamento.

A técnica de espalhamento de emulsão asfáltica, em geotêxteis de gramatura 120g/m² com deformação da amostra durante o ensaio, apresentou uma maior variação entre seus resultados de espessura final versus taxa de impregnação versus permeabilidade. Contudo, somente acima de uma taxa de 0,9l/m² e espessura final de 1,55mm é que os resultados de permeabilidade se tornam interessantes como barreira impermeabilizante. A partir destes

valores foram alcançadas permeabilidades da ordem de 10^{-4} cm/s.

Para a técnica de imersão, com emulsão asfáltica, emprego de geotêxteis de gramatura 120g/m^2 e deformação da amostra durante o ensaio, os resultados ficaram entorno de 10^{-4} e 10^{-5} cm/s. Os maiores valores foram obtidos para taxas a partir de $1,30\text{l/m}^2$ e espessuras da ordem de $1,70\text{mm}$.

8 PERMEABILIDADES

Para o Grupo A, em que amostras de geotêxteis de gramatura 120g/m^2 foram impregnadas com emulsão asfáltica por espalhamento, é possível estabelecer quatro faixas de espessuras em relação aos valores das permeabilidades versus taxas de impregnação versus espessuras finais. Para o Grupo B, método da imersão, foram estabelecidas três faixas de valores de referência. Em ambos os casos foram consideradas as reduções, segundo os fatores obtidos nos ensaios com o uso da tela de suporte. Para o Grupo A os resultados das permeabilidades foram reduzidos em vinte vezes e para o Grupo B em seis vezes.

Tabela 2. Valores de referência para permeabilidades, espessuras finais e taxas de impregnação, dos geotêxteis não tecidos impregnados com emulsão asfáltica.

Impregnação com Emulsão Asfáltica por Espalhamento
Grupo A (*)

Kn (cm/s) (**)		Espessuras finais (mm)	Taxa de impregnação (l/m^2)
Com Deformação	Sem Deformação		
10^{-1} a 10^{-2}	10^{-2} a 10^{-3}	1,25 a 1,35	0,35 a 0,50
10^{-2} a 10^{-3}	10^{-3} a 10^{-4}	1,35 a 1,55	0,50 a 0,90
10^{-3} a 10^{-4}	10^{-4} a 10^{-6}	1,55 a 1,75	0,90 a 1,30
10^{-4} a 10^{-5}	10^{-5} a 10^{-6}	1,75 a 1,85	1,30 a 1,45
Impregnação com Emulsão Asfáltica por Espalhamento Grupo B (*)			
10^{-3} a 10^{-4}	10^{-4} a 10^{-5}	1,45 a 1,55	1,10 a 1,30
10^{-3} a 10^{-5}	10^{-4} a 10^{-5}	1,55 a 1,85	1,30 a 1,40
10^{-4} a 10^{-5}	10^{-4} a 10^{-6}	1,85 a 2,10	1,40 a 1,60

(*) Valores para geotêxteis de gramatura 120g/m^2 .

(**) Valores obtidos para carga hidráulica da ordem de $1,75\text{m}$.

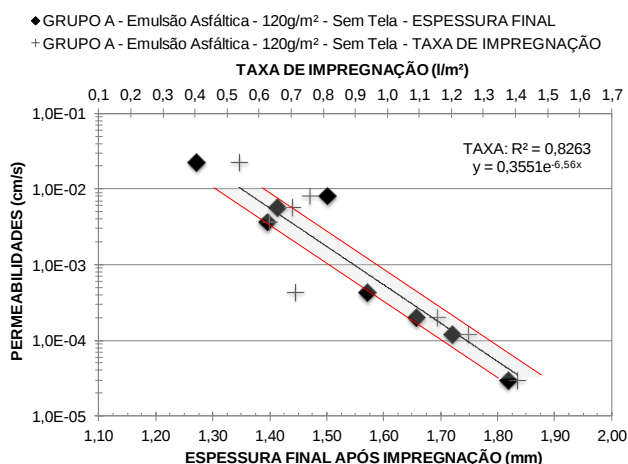


Figura 6. Resultados das permeabilidades do Grupo A, com uso de emulsão asfáltica, gramatura 120g/m^2 e tela, versus espessuras finais e taxas de impregnação.

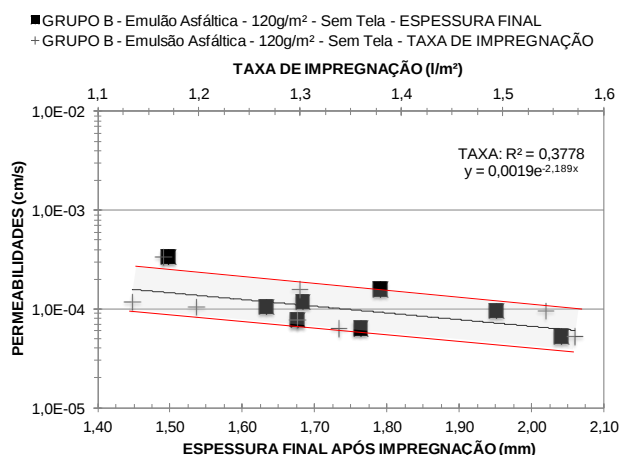


Figura 7. Resultados das permeabilidades do Grupo B, com uso de emulsão asfáltica, gramatura 120g/m^2 e tela, versus espessuras finais e taxas de impregnação.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 11058: Geotêxteis e produtos correlatos — Determinação das características de permeabilidade hidráulica normal ao plano e sem confinamento. Rio de Janeiro, 2013.
- ASTM - American Society for Testing and Materials. Standard Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity, Active Standard ASTM D4491, 2014.
- ASTM - American Society for Testing and Materials. Standard Test Method to Determine Asphalt Retention of Paving Fabrics Used in Asphalt Paving for Full-Width Applications, Active Standard ASTM D6140, 2014.
- VERTEMATTI, J. C. et al. Manual Brasileiro de Geossintéticos. Edgard Blucher, São Paulo, 2004.