

Avaliação da Eficácia de Pisos Drenantes Frente à Presença de Água

Bruna Gabrielly Oliveira Ribeiro

Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil, brunagribeiro@gmail.com

Ivonne Alejandra Maria Gutierrez Góngora

Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil, ivonnegg_86@yahoo.com.br

Haroldo da Silva Paranhos

Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil, reforsolo@gmail.com

Cássio Brenner Teixeira de Souza

Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil, cassiobrsouza@hotmail.com

RESUMO: Este artigo propõe a avaliação da eficácia de pisos drenantes quando submetidos à ação de cargas simultaneamente ao contato com águas pluviais. Os pisos drenantes representam uma solução aos crescentes problemas relacionados à drenagem urbana, decorrentes dos inúmeros processos de impermeabilização dos solos. Porém, o dimensionamento das suas camadas tem sido feito a partir da IP-06/2004, que não leva em conta o fato de a água infiltrada entrar em contato com a estrutura, prejudicando toda a estabilidade do pavimento. Além disso, tem sido registrados problemas de deformação nos pisos intertravados, possivelmente ocasionados pela presença de água na estrutura. Por isso, visou-se comprovar através de ensaios a perda da capacidade de suporte da estrutura quando se encontra saturada e a necessidade de se contar com um reforço. Como não se tem registros de ensaios regulamentados para tal fim, foram feitas adaptações de ensaios já existentes, mas que são destinados a outros materiais. Foram realizados três ensaios distintos num equipamento de grande porte desenvolvido por Góngora (2015), que consistiram na aplicação de cargas cíclicas sobre a estrutura com a base seca (natural), saturada e com a base saturada reforçada com um geotêxtil não tecido. As cargas foram aplicadas na frequência de 1Hz e com uma intensidade de aproximadamente 18,2kN. O ensaio era finalizado quando o deslocamento vertical da estrutura atingia 25mm. Ao término dos ensaios foi feita a comparação dos resultados obtidos, e foi possível constatar a influência da água na estabilidade da estrutura do piso drenante e também a necessidade de se contar com um reforço entre as camadas do pavimento drenante, garantindo assim uma maior capacidade de suporte e consequentemente um desempenho satisfatório.

PALAVRAS-CHAVE: Pisos Drenantes, Geossintéticos, Águas Pluviais.

1 INTRODUÇÃO

Tendo em vista o crescente avanço nos processos de impermeabilização de solos nas áreas urbanas, o tema de pisos drenantes insere-se no contexto ambiental e estrutural na Engenharia Civil. Sua utilização constitui-se numa opção para auxiliar os processos de

drenagem e também para construir em áreas de permeabilidade exigidas pelas normas atuais.

Porém, o dimensionamento das camadas do piso drenante tem sido feito a partir da IP-06/2004, que indica o procedimento de cálculo de pavimentos intertravados, onde a quantidade de água que entra pelas juntas chega a 3% da

chuva máxima, contra 100% nos pavimentos permeáveis.

Como o dimensionamento das camadas não leva em conta o fato de a água infiltrada entrar diretamente em contato com a estrutura do piso, toda a sua estabilidade é prejudicada. Uma vez que a saturação das camadas granulares ocorre rapidamente e atua simultaneamente com a ação das cargas provenientes do tráfego, dando origem ao bombeamento de finos.

A consequência direta do bombeamento de finos é a deformação e a perda da capacidade de suporte do pavimento.

Como já se têm registros de problemas de deformação ocorridos nos pavimentos intertravados devido à presença de água, acredita-se que é fundamental conhecer o comportamento da estrutura do piso drenante.

A partir da obtenção desse conhecimento, torna-se possível a identificação de camadas mais afetadas pela presença da água e a elaboração de soluções eficientes, que permitam a passagem da água pelo piso sem que a sua estabilidade seja prejudicada.

Por isso, visou-se comprovar através de ensaios a perda da capacidade de suporte da estrutura quando se encontra saturada e a eficiência do geossintético como reforço.

2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O equipamento de grande porte utilizado para os ensaios foi desenvolvido por Góngora (2015) e encontra-se na Universidade de Brasília (UnB). A Figura 1 traz a ilustração do equipamento.



Figura 1. Equipamento utilizado para os ensaios.

Para a instalação da estrutura do piso, foi

disposto um tanque cilíndrico de concreto com diâmetro interno de 1,00 m e altura de 0,52 m.

Para simular as cargas provenientes do tráfego foi utilizado um sistema hidráulico composto por: conjunto motor-bomba; válvula de alívio; válvula solenoide e direcional; mangueiras hidráulicas de alta pressão; manômetro, cilindro hidráulico e temporizador. (GONGORA, 2015)

O equipamento também conta com um sistema de reação, que possibilitou a aplicação de uma carga vertical com intensidade de aproximadamente 18,2 kN numa frequência de 1 Hz, sobre uma placa de aço com 0,2 m de diâmetro, que foi colocada acima da estrutura.

Foram utilizados ainda, dois medidores de deslocamento linear e uma célula de carga, para que fosse possível conhecer o deslocamento vertical da estrutura e a intensidade da carga aplicada.

Para registrar e gravar as leituras feitas pelo medidor de deslocamento e pela célula de carga foi utilizado um sistema de aquisição de dados.

3 MATERIAIS UTILIZADOS

O dimensionamento das camadas da estrutura e os materiais utilizados para os ensaios foram similares aos que serão utilizados no Estádio Mané Garrincha – Brasília DF, onde será realizada a instalação do piso numa área de aproximadamente 500.000,00 m².

3.1 Material de Subleito

Na camada de subleito foi utilizado um solo argilo-siltoso, que foi coletado no Complexo Esportivo Ayrton Senna localizado no Estádio Mané Garrincha em Brasília. Para conhecer as características do solo e as suas propriedades, foram utilizados os resultados dos ensaios fornecidos pelo Consórcio Legado Brasília, que foram executados pelas empresas: Reforsolo Engenharia - Geotecnia e Meio Ambiente, Soltec Engenharia LTDA. e Costa Brava Projetos e Construções LTDA.

A seguir são citados os parâmetros do solo na Tabela 1, a análise granulométrica na Figura 2 e a classificação do solo nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 1. Parâmetros do solo do subleito.

Parâmetros	Valor
Umidade Ótima (%)	31
Massa Específica Seca Máxima (g/cm ³)	1,49
Índice de Suporte Califórnia (CBR) (%)	6,8
Limite de Liquidez (%)	38
Limite de Plasticidade (%)	25,7
Índice de Plasticidade (%)	12,3

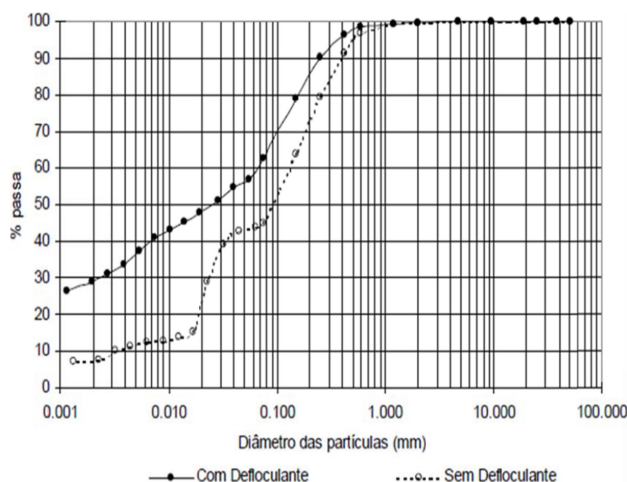


Figura 2. Análise Granulométrica do solo de subleito.

Tabela 2. Características granulométricas do solo de subleito.

Características do Solo		
Pedregulho	> 2 mm	0
Areia Grossa	2 - 0,42 mm	3
Areia Fina	0,42 - 0,074 mm	21
Silte e Argila	< 0,074 mm	76
Total		100

Tabela 3. Classificação do solo de subleito

Classificação	Grupo	Subgrupo
HRB	A7	A7-6

3.2 Material de base

Para a composição da camada de base o material utilizado foi o macadame, e em seguida foram dispostos pedriscos, a fim de que fossem preenchidos todos os vazios existentes.

3.3 Material de assentamento

Na camada de assentamento foi utilizada areia artificial fina, cuja densidade relativa é de 2,7.

A análise granulométrica do material está especificada na Figura 3.

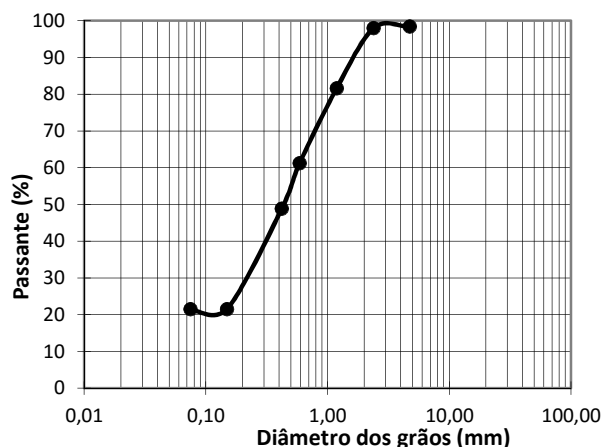


Figura 3. Curva granulométrica da areia de assentamento.

3.4 Piso Drenante

O piso utilizado foi o bloquete drenante, que possui 20 cm de comprimento e 8 cm de altura.

3.5 Material de Reforço

O material de reforço utilizado foi o geotêxtil não tecido, que é formado por um tecido fabricado a partir de filamentos de poliéster (MACCAFERRI, 2010). A Tabela 2 a seguir, fornecida pela Maccaferri, apresenta as propriedades do geotêxtil.

Tabela 4. Propriedades do Geotêxtil não Tecido.

Propriedades	Valor
Resistência longitudinal a tração (KN/m)	45
Resistência transversal a tração (KN/m)	45
Alongamento na Resistência a tração última (%)	30
Gramatura (g/m ²)	200
Espessura (mm)	0,5
Permissividade (s ⁻¹)	0,7
Permeabilidade (cm/s)	0,04

4 METODOLOGIA

A avaliação do desempenho da estrutura do piso drenante se deu através da comparação dos resultados de três ensaios distintos, que

consistiram na aplicação de cargas cíclicas sobre a estrutura com a base seca, saturada e saturada com o geotêxtil como reforço. O ensaio era finalizado quando o deslocamento vertical da estrutura alcançava 25mm.

As cargas simularam o carregamento da roda de um veículo com carga por eixo de 80 kN, e foram aplicadas a fim de que se obtivesse uma pressão máxima de 560 kPa sobre a estrutura.

4.1 Primeiro Ensaio

O primeiro ensaio consistiu na aplicação de cargas sobre a estrutura com a base seca. A Figura 4 apresenta a disposição e a espessura das camadas da estrutura.

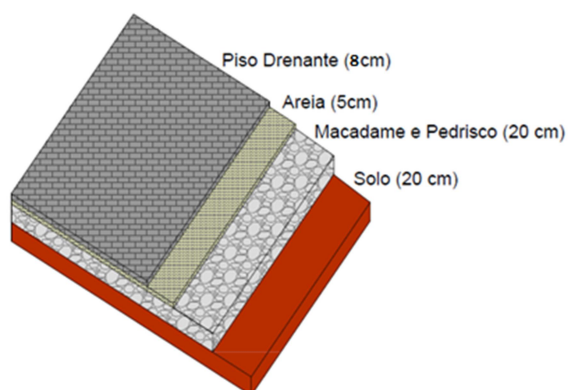


Figura 4. Esquematização das camadas da estrutura do piso drenante no primeiro e segundo ensaio.

A estrutura foi montada no tanque cilíndrico de concreto, para a montagem do subleito foi realizada a compactação do solo em duas camadas de 10 cm, tendo sido utilizados 117,20Kg de solo por camada.

Em seguida procedeu-se a montagem da camada de base, onde o macadame foi disposto até completar os 20 cm de altura e logo após, os pedriscos foram colocados. Utilizou-se um martelo de borracha para gerar uma leve vibração, fazendo com que todos os vazios existentes entre o macadame fossem preenchidos pelos pedriscos.

Após a montagem da camada de base, foram colocados os 5cm da camada de assentamento e em seguida foi feita a instalação do piso drenante. Na instalação do piso, deveriam ter sido colocados pedriscos a fim de dar o intertravamento dos bloquetes, porém, por um erro de execução o intertravamento não foi

realizado.

Depois de finalizada a instalação da estrutura, deu-se início ao ensaio com a aplicação das cargas.

4.2 Segundo Ensaio

O segundo ensaio consistiu na aplicação de cargas sobre a estrutura saturada. Ressalta-se que as espessuras das camadas foram similares às que foram utilizadas no primeiro ensaio.

Antes da instalação da segunda estrutura, foi necessário fazer a impermeabilização do tanque cilíndrico de concreto com a aplicação de uma manta asfáltica.

Após a impermeabilização do tanque, os procedimentos que se seguiram para a montagem da estrutura foram semelhantes aos do ensaio anterior.

Para a instalação do piso, foi necessária a colocação de pedriscos para realizar o intertravamento dos bloquetes. Assim como na camada de base, foi utilizado o martelo de borracha para compactar os bloquetes e fazer com que todos os vazios fossem devidamente preenchidos.

Depois de concluída a montagem, deu-se início à saturação da estrutura. O critério adotado para definir a quantidade de água necessária foi o acompanhamento da saturação das camadas de areia e da base. O ensaio teve início a partir do momento em que foi identificada a presença de água na camada de base, para tal fim, foram utilizados 50 L de água. A Figura 5 retrata a execução do ensaio.



Figura 5. Execução do segundo ensaio.

4.3 Terceiro Ensaio

No terceiro ensaio, a estrutura contou com a utilização de um geotêxtil não tecido como reforço e a aplicação de cargas se deu sobre a estrutura saturada.

A Figura 6 mostra a disposição e a espessura das camadas dessa estrutura.

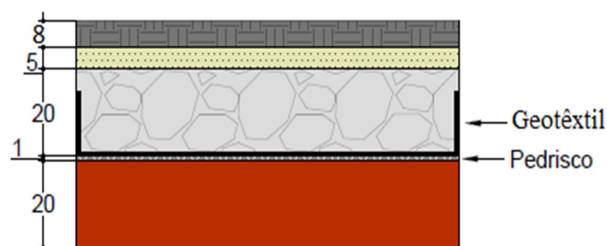


Figura 6. Esquematização das camadas da estrutura do terceiro ensaio em centímetros.

Na montagem da estrutura, procedeu-se a compactação do solo de subleito da mesma maneira que nos ensaios anteriores, e após a finalização desta camada foi iniciada a instalação do geotêxtil não tecido.

O geotêxtil foi instalado na interface base-subleito por acreditar-se que essas são as camadas mais solicitadas na estrutura e, portanto, onde haveria uma maior necessidade de reforço.

A fim de proporcionar uma melhor aderência do geotêxtil com a estrutura, foi disposta uma camada de 1cm de pedrisco acima do subleito. Foi feito o recorte no geotêxtil com as dimensões de 1,30x1,30m, para que fosse possível encobrir a camada de pedrisco e parte das laterais da manilha, numa altura de aproximadamente 0,15 m.

Depois de concluída a instalação do geotêxtil, procedeu-se à montagem das camadas subsequentes, seguindo os mesmos procedimentos dos ensaios anteriores.

Após a finalização da montagem da estrutura, deu-se início à saturação. Como a finalidade era submetê-la às mesmas condições do ensaio anterior, também foram utilizados 50 L de água para a saturação. Depois de saturada deu-se início à aplicação de cargas sobre a estrutura.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Apresentação dos Resultados

Os resultados dos ensaios serão apresentados a seguir, através de gráficos que representam o deslocamento vertical obtido por cada estrutura versus o número de ciclos de carga aplicado.

No primeiro ensaio, realizado na estrutura com a base seca, o deslocamento vertical pré-determinado de 25mm foi alcançado após a aplicação de 20.230 ciclos de carga.

Devido ao erro ocorrido na execução desse ensaio, os dados do resultado não serão tomados como parte relevante na conclusão do estudo, mas apenas como comparativo em relação ao desempenho das demais estruturas.

Os resultados do primeiro ensaio estão representados na Figura 7.

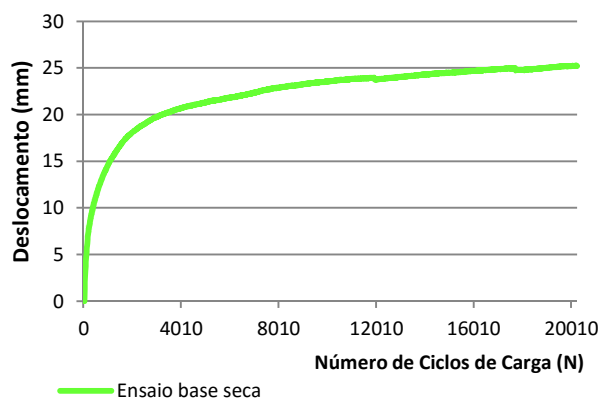


Figura 7. Deslocamento vertical versus número de ciclos de carga.

No segundo ensaio, a estrutura saturada alcançou os 25mm após a aplicação de 2.230 ciclos de carga. A figura 8 apresenta o deslocamento vertical obtido pela placa de carregamento ao longo do ensaio.

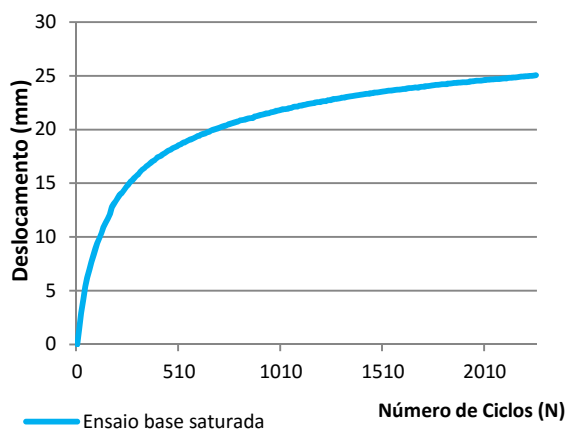


Figura 8. Deslocamento vertical versus número de ciclos de carga.

Já no terceiro ensaio, os 25mm de deslocamento foram atingidos após a estrutura saturada reforçada ser submetida a 19.457 ciclos de carga. A Figura 9 apresenta o deslocamento vertical versus o número de ciclos de carga.

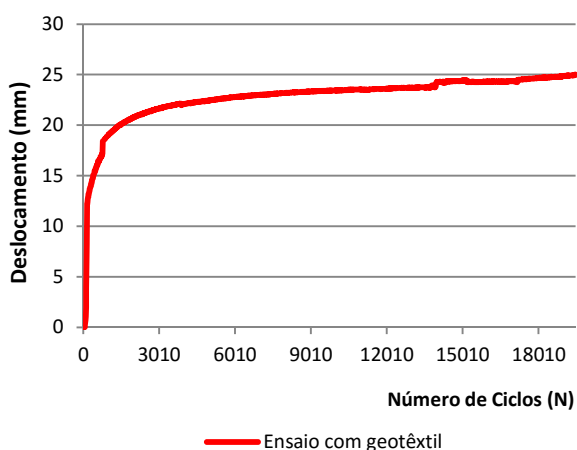


Figura 9. Deslocamento vertical versus número de ciclos de carga.

5.2 Comparação dos Resultados

Comparando-se os resultados dos ensaios, nota-se a discrepância existente entre o número de ciclos de carga suportado pela estrutura saturada e as demais estruturas. Ressalta-se em especial, o fato de a estrutura com a base seca ter atingido um desempenho muito superior ao da estrutura saturada, mesmo tendo sido executada sem o intertravamento dos bloquetes.

A Figura 10 a seguir, traz a comparação dos deslocamentos obtidos em cada um dos ensaios versus o número de ciclos de carga.

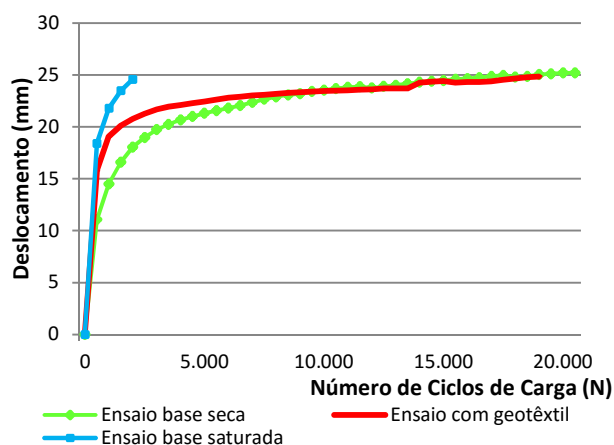


Figura 10. Deslocamentos verticais das estruturas dos três ensaios versus o número de ciclos de carga.

No decorrer do ensaio, as estruturas saturadas com e sem reforço apresentaram um comportamento semelhante até alcançar os 15mm de deslocamento vertical.

Porém, depois desse período verificou-se que a estrutura saturada chegou rapidamente aos 25mm de deslocamento, ao contrário da estrutura reforçada que apresentou uma maior estabilidade, tendo sido capaz de suportar até oito vezes mais ciclos de carga do que a estrutura sem reforço.

O bom desempenho da estrutura reforçada se deve à atuação do geotêxtil, que agiu como um distribuidor de cargas, proporcionando à estrutura o reforço necessário para que a sua estabilidade fosse mantida.

5.2 Análise das Deformações

Após a realização dos ensaios foi feita uma verificação nas camadas das estruturas saturadas com reforço e sem reforço. A partir dessa verificação, foi possível comparar a deformação sofrida pelas estruturas de diferentes formas e ainda analisar a influência da água infiltrada.

Constatou-se que o tipo de deformação apresentado pelas estruturas foi distinto. A estrutura sem reforço apresentou uma deformação localizada, a qual foi confirmada pela sua camada de assentamento que possuía apenas um ponto de deformação, exatamente no local onde as cargas foram aplicadas.

Já na estrutura saturada com reforço foi possível notar, em todas as camadas, que a estrutura trabalhou em conjunto para suportar as

cargas aplicadas, por isso, não se tem indícios de uma deformação acentuada no local onde as tensões foram transmitidas. Isso demonstra a ação de distribuição de cargas promovida pelo geotêxtil, que serve de reforço impedindo que as cargas sejam suportadas apenas por um ponto da estrutura.

As Figuras 11 e 12, a seguir, ilustram as camadas de assentamento dos ensaios saturado sem reforço e com reforço respectivamente. A partir da comparação dessas camadas é possível constatar a distinção das deformações obtidas por cada estrutura.



Figura 11. Camada de assentamento da estrutura sem reforço (registro feito após o ensaio).



Figura 12. Camada de assentamento da estrutura saturada com reforço (registro feito após o ensaio).

A partir da análise da estrutura, pôde-se notar ainda o quanto a infiltração da água afetou a estrutura de modo geral, mas em especial a camada de subleito, que é uma das principais responsáveis pelo suporte da estrutura.

Essa constatação se deu pela comparação da deformação nas camadas, e tanto no segundo quanto no terceiro ensaio, foi possível perceber que a camada de subleito apresentou uma deformação maior que as demais. Isso confirma

o fato de que a interface base-subleito realmente seria a mais adequada para a instalação do reforço,

Além de todas essas constatações, foi possível ainda averiguar que a granulometria da areia utilizada na camada de assentamento não seria a mais adequada, uma vez que ao desmontar a estrutura foi verificada a sua presença nas demais camadas. Este fato se deu em especial no segundo ensaio, onde a estrutura foi saturada e não foi utilizado nenhum material como reforço nem como separador de camadas.

6 CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados dos ensaios, conclui-se que o experimento atingiu as expectativas e comprovou a necessidade de se incluir no dimensionamento do piso drenante, um geossintético a ser utilizado como reforço.

Os ensaios mostraram o quão importante é contar com um geotêxtil como reforço, em especial em uma estrutura que tem como intuito facilitar a infiltração da água. A partir dos resultados, sabe-se que a utilização desses pisos em locais submetidos à ação das cargas do tráfego sem que se utilize um reforço, certamente acarretará em grandes problemas para os seus usuários e provavelmente, trará grandes despesas com reparos.

Além de se apresentar como uma solução para a deformação dos pavimentos drenantes, os geossintéticos se manifestam ainda como uma oportunidade de otimizar a capacidade de suporte desses pisos, tornando-os mais atrativos e possibilitando assim a ampliação da sua utilização.

Por isso, recomenda-se que o dimensionamento de estruturas de pisos drenantes passe a contar com o auxílio de um geossintético, dada a importância da presença desse reforço para que se obtenha um desempenho satisfatório do pavimento.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de

Brasília, por ter nos cedido o seu laboratório e por todo o apoio que nos foi dado no decorrer dos ensaios. Agradecemos ainda ao Consórcio Legado Brasília, por todo o auxílio prestado, pelos materiais e dados disponibilizados que tornaram possível o desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- MACCAFERRI. Produtos. São Paulo, 2010. Disponível em:
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TS_BR_MacGrid_Net_PT_Jul10.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2016.
- GONGORA, I.A.M.G. (2015) *Estradas não pavimentadas reforçadas com geossintéticos: influência de propriedades físicas e mecânicas do reforço*, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 93 p. Brasília.
- PREFEITURA DE SÃO PAULO. Dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto, IP-06. São Paulo, 2004. 16p.