

Construção de protótipo para estudo de drenagem em solos arenosos

João Alexandre Paschoalin Filho

Doutorando em Engenharia Agrícola – Feagri-Unicamp;
Professor e pesquisador – Uninove.
São Paulo – SP [Brasil]
mancha@agr.unicamp.br

David Willian de Lima

Estudante de Graduação de Engenharia Civil – Uninove.
São Paulo – SP [Brasil]
davidwillian@yahoo.com.br

Com o intuito de simular problemas didáticos de drenagem em sala de aula, foi construído um protótipo de maciço arenoso com drenos verticais ligados a um coletor, em uma caixa de acrílico de 0,3 X 0,3 X 1,0 m, no Laboratório de Solos e Geologia da Uninove. Em seu interior, foram executados cinco drenos verticais, utilizando-se mangueiras de uma polegada de diâmetro envoltas por manta de geotêxtil. As mangueiras foram solidarizadas por tubo coletor, também de uma polegada de diâmetro, envolto em camada de geotêxtil e contido em tapete drenante de solo pedregulhoso. Executaram-se ensaios de distribuição granulométrica e coeficiente de permeabilidade para solo arenoso e pedregulhoso, a fim de caracterizá-los. Para avaliação do sistema, saturou-se o solo arenoso e verificou-se a vazão do sistema de drenos, coletando-se a água drenada e registrando-se o tempo. Quanto ao objetivo – simular problemas de drenagem em solos arenosos –, o protótipo apresentou-se como ferramenta eficiente para aulas de Drenagem e Mecânica dos Solos no curso de Engenharia Civil.

Palavras-chaves: Drenagem. Geotêxtil. Solos arenosos.



1 Introdução

Todo projeto de drenagem tem como objetivo principal dar condições de escoamento para a água que poderá vir a acumular-se. Dessa maneira, o problema que surge relaciona-se ao volume de água a ser drenado e ao espaço de tempo requerido para tal. Após determinação dessas variáveis, o engenheiro certamente deparará com o problema do dimensionamento dessas estruturas.

As estruturas drenantes deverão ser dimensionadas para não permitir acúmulo de água superficial e seu conseqüente escoamento, o que pode causar significativos problemas de erosão. Outra função dos sistemas de drenagem é o de conduzir água proveniente de precipitações para fora dos maciços, reduzindo, assim, a magnitude de ocorrência das poropressões.

Durante o projeto do sistema de drenagem e escolha do material que o comporá, deve-se sempre atentar para que o material escolhido desempenhe, ao mesmo tempo, função drenante, com o intuito de permitir a passagem do fluxo, e função filtrante, para impedir possíveis perdas de partículas de solo carreadas pelo fluxo.

De acordo com Seraphin (1996), quando Terzaghi desenvolveu os critérios para filtros de transição pelo emprego de sucessivas camadas drenantes e filtrantes, para evitar a contaminação entre o solo a ser drenado e o sistema drenante, o resultado foi tecnicamente correto. Entretanto, a solução proposta por Terzaghi configura-se em processo executivo um tanto complicado para alguns tipos de obras de drenagem mais simples.

Dessa maneira, os geossintéticos facilitam o processo de drenagem, uma vez que conseguem desempenhar, ao mesmo tempo, funções de filtro e dreno, trabalhando como invólucro do sistema condutor de água. (SERAPHIN,1996).

O emprego da drenagem é comumente utilizado no processo de aceleração de deformações em

solos moles. De acordo com Massad (2003), quando o solo mole é muito espesso ou seu coeficiente de adensamento muito baixo, o emprego de pré-compressão torna-se ineficiente. Nesses casos, pode-se utilizar drenos verticais, que encurtam as distâncias de drenagem e aceleram o adensamento.

A execução desses drenos requer cuidados especiais para minimizar o amolgamento do solo mole em volta dos drenos, o que leva à indesejável redução de sua permeabilidade. Usualmente, os diâmetros desses drenos variam de 20 a 45 cm, em espaçamentos de 1 a 4,5m. (MASSAD, 2003).

Ao aplicar o peso próprio de um aterro sobre uma fundação de solo mole saturado, a pressão neutra do subsolo cresce temporariamente. Se o solo possui baixa permeabilidade, esse excesso de pressão neutra se dissipa em velocidade muito lenta. A função dos drenos de areia é fornecer um sistema de canais altamente permeável que facilite a dissipação da pressão neutra. (SIQUEIRA, 1970).

2 Objetivos

Neste trabalho, os objetivos principais foram:

- a) Construir um protótipo para simular, em sala de aula, problemas reais de drenagem, pois, apesar de largamente estudados, de maneira geral, na engenharia hidráulica e geotécnica, esses problemas são de difícil visualização em sala de aula, porque, muitas vezes, a não-existência de obras próximas ou até mesmo a dificuldade de acesso comprometem a compreensão do aluno;
- b) Enriquecer e tornar mais atrativas as aulas de laboratório das disciplinas Mecânica dos Solos e Obras Hidráulicas, pertencentes à grade curricular do curso de Engenharia Civil.

3 Materiais e métodos

Para execução do modelo reduzido a que se refere este trabalho, foram necessárias as seguintes atividades:

3.1 Caracterização dos materiais granulares por meio de ensaios laboratoriais

Foram obtidas, no Laboratório de Mecânica dos Solos e Geologia da Uninove, características físicas de interesse à execução do modelo por meio dos ensaios listados a seguir:

- Determinação da distribuição granulométrica de acordo com a NBR 6502/95;
- Execução de ensaios de permeabilidade à carga constante, de acordo com a NBR 13292/95, com o intuito de obter coeficientes de permeabilidade dos materiais granulares utilizados. Tanto a areia quanto o solo pedregulhoso foram colocados no permeâmetro, obedecendo à altura máxima de lançamento de 1,0 cm;
- Determinação do peso específico dos grãos, utilizando-se picnômetro de acordo com a NBR 6508/1984. Executado somente para o solo arenoso.

3.2 Caracterização do geotêxtil não-tecido utilizado

Adquiriu-se amostra de geotêxtil não-tecido de 3m² de área superficial. Essa manta foi utilizada no revestimento dos tubos componentes do sistema de drenagem para impedir a passagem de partículas de solo com o fluxo drenado pelos orifícios dos drenos. O Quadro 1 apresenta as características fornecidas pelo fabricante.

Características	Norma	Unidade	SDR 20
Gramatura	ABNT/NBR 12568	g/m ²	200
Espessura nominal	ABNT/NBR 12569	mm	2,0
Porosidade	DIN 53855	%	>90
Permeabilidade nominal	AFNOR G 38016	cm/s	0,4
Resistência à tração	ABNT D 4595	kN/m	10
(carga distribuída)	Largura do corpo de prova	%	45-55
Alongamento na ruptura	200 mm		
Resistência ao puncionamento	ABNT PNB: 02 004-13-10	kN	2,0
Resistência ao estouro	ASTM D 3786	MPa	1,9

Quadro 1: Características de engenharia do geotêxtil não-tecido utilizado

Marca: ISOCRIL
Modelo: Solodren SDR 20.
Fonte: Os autores.

3.3 Execução dos tubos drenantes

Objetivando a simulação de tubos drenantes reais, foi adquirido um segmento de 2,5 metros lineares de mangueira plástica corrugada, com diâmetro externo de uma polegada, utilizada em equipamentos de máquina de lavar roupas. Essa mangueira foi cortada em segmentos de altura variável, preenchidos com pedrisco e envoltos em geotêxtil. Os furos dos tubos drenantes foram executados com prego de ponta fina, esquentado por meio de fogareiro, respeitando a mesma densidade de furos de um tubo em tamanho real e dimensões semelhantes. A Figura 1 apresenta os materiais utilizados na construção do modelo; à esquerda da bandeja de areia, a manta de geotêxtil, o tubo envolvido pela manta de geotêxtil, e o tubo perfurado.

3.4 Execução do modelo reduzido

O modelo reduzido foi executado dentro de uma caixa de acrílico transparente, com espessura de parede de 5 mm, com dimensões de 0,3 m x



Figura 1: Materiais utilizados na construção do modelo

Fonte: Os autores.

0,3 m x 1,0 m. As placas de acrílico foram solidarizadas por aplicação de cola própria, sendo seus contatos impermeabilizados com silicone. Em seu interior, foram feitos cinco drenos verticais, utilizando-se mangueiras plásticas corrugadas perfuradas de 1" de diâmetro, envoltas por manta de geotêxtil não-tecido. As mangueiras foram solidarizadas por um tubo plástico coletor, de 1" de diâmetro, também envolto em camada de geotêxtil não-tecido e contido em um tapete drenante de solo pedregulhoso. Esse tubo, além de coletar a água escoada pelos drenos de coluna, teve também função de conduzi-la para fora do modelo.

O tubo coletor foi instalado com inclinação de 2% em relação à horizontal, para garantir o correto escoamento da água coletada, sem problemas de fluxo. Os drenos verticais foram preenchidos com o mesmo solo pedregulhoso que compôs o tapete drenante. As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam o projeto do modelo.

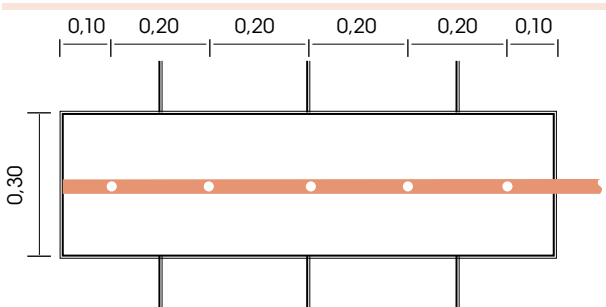


Figura 2: Vista superior do modelo

Fonte: Os autores.

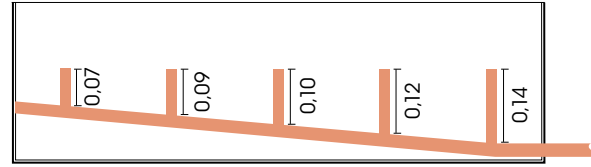


Figura 3: Vista lateral do modelo

Fonte: Os autores.

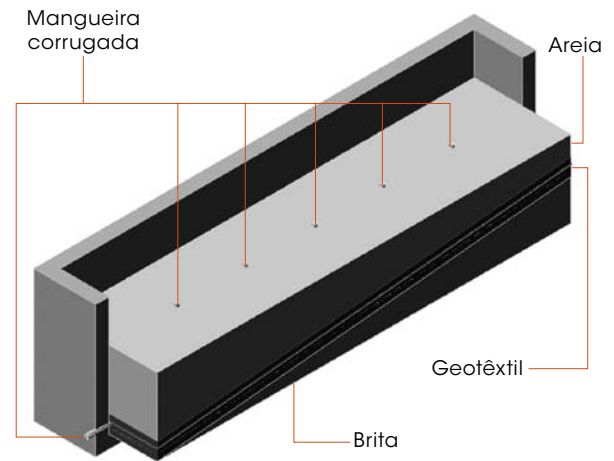


Figura 4: Perspectiva em corte do modelo

Fonte: Os autores.

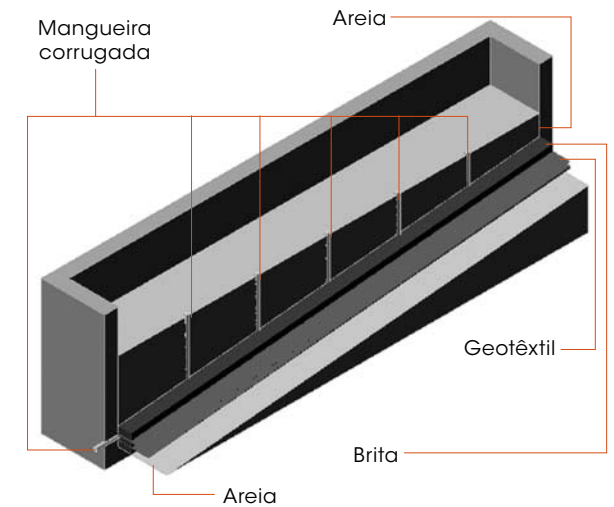


Figura 5: Perspectiva em corte do modelo

Fonte: Os autores.

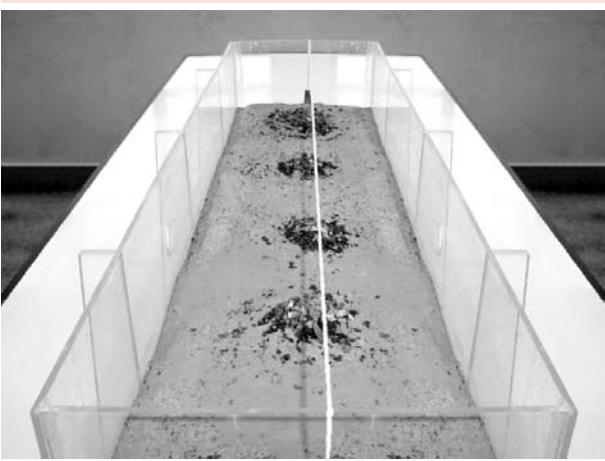


Figura 6: Vista dos drenos de pedrisco

Fonte: Os autores.

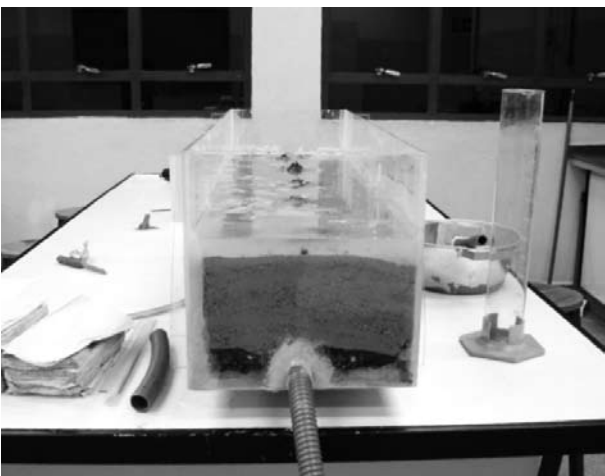


Figura 7: Vista frontal do modelo

Fonte: Os autores.



Figura 8: Vista lateral do modelo

Fonte: Os autores.

Nota-se, pela Figura 2, que os drenos verticais estão dispostos a uma distância de 0,20m entre si e 0,10m de distância até a borda da caixa de acrílico. Observa-se que esses drenos verticais estão interligados por um tubo coletor também de uma polegada de diâmetro, porém assentado em inclinação de 2%. Na Figura 3, percebe-se o tubo inclinado, com 1,50 m de comprimento, interligando os drenos verticais.

Nas Figuras 4 e 5, pode-se verificar a disposição da camada de areia utilizada como maciço e da camada de solo pedregulhoso usada como tapete drenante. As Figuras 6, 7 e 8 apresentam o modelo já executado.

4 Caracterização dos materiais granulares utilizados

4.1 Distribuição granulométrica e peso específico dos grãos:

A Figura 9 apresenta curvas de distribuição granulométrica tanto para o pedregulho quanto para a areia.

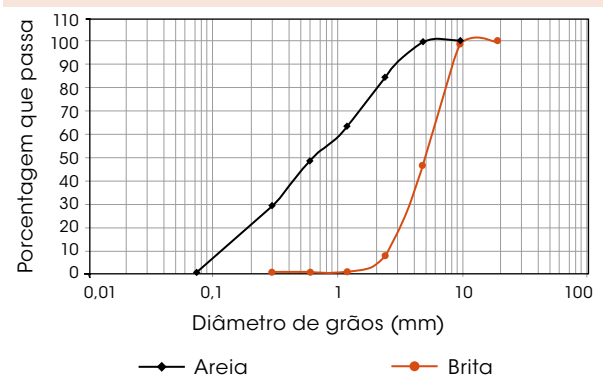


Figura 9: Distribuição granulométrica dos materiais utilizados

Fonte: Os autores.

Na Figura 9, verifica-se que a areia utilizada pode ser caracterizada como de granulometria predominantemente média e bem graduada e que



o solo pedregulhoso utilizado possui granulometria mais grosseira e é mal graduado. O valor de peso específico dos grãos para o solo arenoso está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Valor de peso específico dos grãos para solo arenoso estudado

Amostra	ρ_s (kN/m ³)
Solo arenoso	27,5

ρ_s = Peso específico dos grãos
Fonte: Os autores.

4.2 Determinação dos coeficientes de permeabilidade

As Figuras 10 e 11 apresentam o ensaio de permeabilidade à carga constante, utilizando-se amostras de solo arenoso. Na Tabela 2, estão os valores obtidos para as amostras ensaiadas.

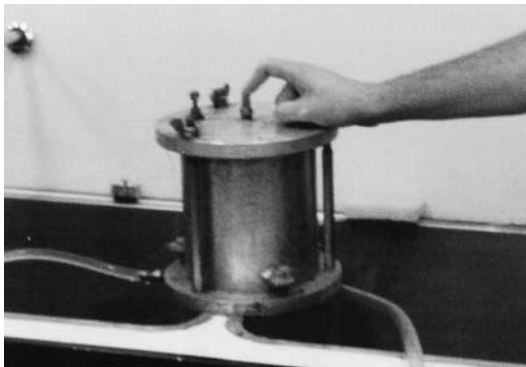


Figura 10: Permeâmetro utilizado

Fonte: Os autores.



Figura 11: Execução do ensaio

Fonte: Os autores.

Tabela 2: Valores de coeficiente de permeabilidade obtidos por ensaios à carga constante

Tipo de solo	Valor do coeficiente de permeabilidade (m/s)
Arenoso	$2,2 \times 10^{-4}$
Pedregoso	$4,6 \times 10^{-5}$

Fonte: Os autores.

Verifica-se, na Tabela 2, que ambos os solos apresentaram valores de coeficientes de permeabilidade de acordo com o esperado. Para a construção do modelo, foi necessário que o solo arenoso, componente do maciço, apresentasse boa permeabilidade, facilitando, assim, a percolação da água. Para o preenchimento dos drenos, foi preciso utilizar material com características de permeabilidade favoráveis, sem o qual o sistema de drenagem não teria boa eficiência, prejudicando a utilização do protótipo e causando acúmulo de água superficial.

5 Considerações finais

Com base no que foi apresentado neste trabalho, pode-se concluir que a construção de modelo reduzido para estudos de problemas simples de drenagem demonstrou ser boa opção para enriquecimento das aulas de laboratório do curso de Engenharia Civil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento de Ciências Exatas da Uninove, à coordenadoria do curso de Engenharia Civil, à Diretoria de Pesquisa da Uninove e ao Grupo de Pesquisa Estudos Avançados em *Software* Livre e Sistemas Flexíveis de Manufatura, do Departamento de Exatas da Uninove.

Construction of a prototype for a study of drainage in sandy soils

Drain Structures are widely used in Civil Engineering. However, its study is limited by the difficulties in obtaining real data. Aiming to simulate didactic problems – in classrooms – related to this important area of engineering, a sandy and massive prototype in an acrylic box of 0,3 X 0,3 X 1,00m was constructed, in the Laboratory of Soil Mechanics and Geology of Uninove. In its interior, five vertical drains using corrugated hoses of 1” of diameter covered with a geotêxtil blanket were made. These hoses were connected by a 1” of diameter collecting pipe, surrounded in a geotêxtil layer and contained inside of a draining carpet of gravel soil. In order to evaluate the system, the sandy soil was saturated and submitted to a constant hydraulic load. Soon after the model’s outflow was determined.

Key words: Draining. Geotextil. Sandy soils.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6508. Determinação da massa específica dos grãos*. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6502. Ensaio de granulometria*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13292/95. Ensaio de permeabilidade à carga constante*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR-14545. Ensaio de permeabilidade a carga constante*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- MASSAD, F. *Obras de terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 170p.
- SERAPHIN, L.A. *Aplicação de geossintéticos em obras de drenagem*. Campinas: Gráfica Unicamp, 1996, 50 p.
- SIQUEIRA, E.S.E. *Aterros sobre solos moles*. São Carlos: Gráfica Eesc/Usp, 1970.

Recebido em 6 nov. 2006 / aprovado em 12 set. 2007

Para referenciar este texto

PASCHOALIN FILHO, J. A.; LIMA, D. W. de. Construção de protótipo para estudo de drenagem em solos arenosos. *Exacta*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 259-265, jul./dez. 2007.

