

**Areias e filtros-drenos (com caracterização)****1. Proposição do problema**

Na construção de uma barragem de terra está prevista a necessidade de utilização de **filtros-drenos de areia** para proteger o corpo da barragem.

O **corpo da barragem** será um aterro compactado de **argila silto-arenosa, avermelhada, porosa**, que será aqui denominada **solo A**. Ensaios de **peneiramento** e **sedimentação** desse **solo A** levaram aos dados a seguir, com os quais é possível traçar a sua curva granulométrica.

<b>Diâmetro (mm)</b>	4,8	2	1,2	0,6	0,42	0,3	0,15	0,075	0,0501	0,0362
<b>% que passa</b>	100	98,987	98,910	97,916	97,393	97,061	90,711	76,672	68,217	65,218
<b>Diâmetro (mm)</b>	0,0267	0,0182	0,0135	0,0101	0,0074	0,0054	0,004	0,0029	0,0023	0,0013
<b>% que passa</b>	60,220	56,181	51,106	48,067	42,988	37,872	33,954	27,517	23,397	12,319

Amostras de quatro areias disponíveis em locais relativamente próximos à obra (**areias 1 a 4**) foram trazidas para o Laboratório de Mecânica dos Solos da EPUSP (LMS). Cada turma ensaiará uma dessas areias para reunir dados que permitam decidir quanto à sua adequação como material de filtro para o solo A do corpo da barragem. Amostras do solo A também estão disponíveis e serão objeto de estudo em outro experimento.

Nesta etapa a tarefa da equipe se divide em três partes:

- Reunião preparatória ANTES da ida ao laboratório
- Realização dos ensaios no laboratório
- Interpretação dos resultados e preparação do relatório dos ensaios

A síntese será feita posteriormente, reunindo resultados de várias equipes.

**2. Reunião preparatória ANTES da ida ao laboratório**

Discutir e responder as questões abaixo apresentadas, depois de ter lido este roteiro até o final. As referências são do livro-texto da disciplina.

- Como identificar e descrever o solo a ser ensaiado? (Caps. 1 a 3) Por quê fazê-lo?
- Qual seria a importância de se classificar um solo? (Cap. 3)
- **Curva granulométrica** de uma areia representa **natureza** ou **estado** desse solo?
- Quais os índices utilizados para resumir as características de uma curva granulométrica? (Caps. 1 a 3)

- **Índice de vazios** de uma areia representa **natureza** ou **estado** desse solo? Como conseguir que uma areia ocupe um recipiente com índice de vazios máximo? E mínimo? (Cap. 2)
- Para determinação da **condutividade hidráulica** da areia foi escolhido o ensaio em **permeâmetro de carga constante**. Justifique com suas palavras. (Cap. 6)
- O cliente insiste em saber o **índice de vazios** em que o ensaio de permeabilidade foi realizado, bem como a respectiva **compacidade relativa**. Por que será?
- Se lhe fosse permitido escolher a compacidade relativa para realização do ensaio de permeabilidade, que critério orientaria a sua escolha?

**Referências do livro-texto:**

- Granulometria (e limites de Atterberg): capítulos 1 a 3
- Permeabilidade: capítulos 5 e 6

**3. Ensaio (no laboratório)****3.1. Descrição dos ensaios**

- Granulometria e outras características das areias
  - **Identificar e descrever** a areia a ser ensaiada. **Tamanho** dos grãos não é a única característica relevante da natureza do solo. Observe e anote tudo que julgar relevante. *Se possível utilize uma lupa para examinar os grãos.*
  - Fazer **ensaio de granulometria**, que ajudará a descrever a **natureza** do solo e, posteriormente, orientar a escolha da areia mais adequada para servir de filtro-dreno ao solo A compactado.
- Permeabilidade
  - Preparar a amostra a ser ensaiada na **compacidade relativa** especificada.
  - Ensaiar a areia para determinar a sua **condutividade hidráulica** nessa compacidade relativa.

**3.2. Procedimentos de ensaio****3.2.1. Ensaio de Granulometria**

- Pesar uma amostra de solo seco, em balança devidamente calibrada e anotar esse valor.
- Montar o conjunto de peneiras, em ordem decrescente de numeração ASTM. As peneiras utilizadas para esse ensaio são:



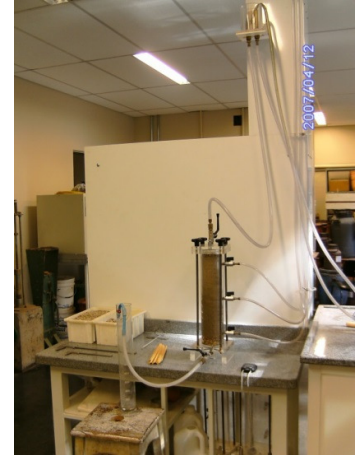
Abertura (mm)	4,8	2	1,2	0,6	0,425	0,3	0,15	0,075
Número ASTM	4	10	16	30	40	50	100	200

- Despejar a amostra no conjunto de peneiras através da peneira número 4, que estará sobreposta a todas as outras, tampar o conjunto.
- Passar o material pelas peneiras utilizando o agitador mecânico por 10 minutos,.
- Retirar o material que ficou retido em cada peneira, com o auxílio da escova para retirar partículas presas às telas. Pesquisar cada uma dessas frações e anotar.
- Acumular os pesos que ficariam retidos em cada peneira, para traçar a curva granulométrica (como na figura 1.5 do livro texto).

**3.2.2. Ensaio de Permeabilidade**

- Calcular a massa de solo a ser utilizada no ensaio, a partir do volume do permeâmetro e do peso específico, sendo este último calculado para ser compatível com o índice de vazios especificado.
  - Volume: medir o diâmetro do permeâmetro e adotar uma altura de 35 cm.
  - Peso específico: para o índice de vazios especificado e conhecendo o peso específico dos sólidos ( $\gamma_s$ ), que será fornecido pelos laboratoristas do LMS, calcular o peso específico do solo seco ( $\gamma$ ).
- Preparar o c.p. com o índice de vazios especificado.
  - Na base do permeâmetro inserir o geotêxtil e sobre ele uma camada de material de filtro (pedregulho).

- Despejar a amostra de solo no permeâmetro, utilizando um procedimento que garanta a obtenção do índice de vazios especificado (para tanto, seguir as instruções dos laboratoristas do LMS).
  - Colocar outra camada de material de filtro por cima do corpo de prova de solo.
  - Medir a altura final do **corpo de prova** (somente a areia, pois é ela o objeto do ensaio).
- Preparar o c.p. para o ensaio
    - Conectar todas as mangueiras e tubos conforme esquema:
      - Inicialmente, para saturar o c.p. por fluxo ascendente, uma mangueira deve conectar a torneira ao tubo inferior do permeâmetro.
      - Abrir a torneira e acompanhar a evolução da saturação.
      - Ao fim dessa etapa, fechar a torneira, fechar o tubo inferior do permeâmetro, desconectar a mangueira e conectá-la à tubulação de alimentação do reservatório superior.
    - Eliminar as bolhas de ar existentes na tubulação.
    - Abrir a torneira para estabelecer o fluxo e aguardar até que ele se estabilize (vazão constante).
    - Medir e registrar novamente a altura do corpo de prova. Anotar a variação ocorrida. É esta segunda medida que será utilizada nos cálculos, pois é a partir deste ponto que se inicia o ensaio propriamente dito.
  - Coletar os dados do ensaio para cálculo da condutividade hidráulica
    - Calcular a vazão: estabilizado o fluxo (após 5 minutos), escolher um volume a ser colhido na proveta graduada (preferencialmente entre 400 e 600 ml) e cronometrar o tempo que a água que sai do permeâmetro leva para preencher este volume (repetir 3 vezes e utilizar valor médio).



- Durante o fluxo de cada uma das três medidas de vazão, ler e registrar as alturas piezométricas nos piezômetros do topo (PT) e da base (PB), instalados ao longo do permeâmetro (a altura piezométrica de cada piezômetro será a média das três leituras). É mais fácil medir apenas as diferenças de altura piezométrica entre piezômetros, mas não deixe de medir a cota de um dos piezômetros em relação a um nível de referência adotado, para que seja possível conhecer a distribuição de **cargas hidráulicas (totais)** ao longo do corpo de prova.
- Depois de efetuadas todas as medidas acima, medir e registrar novamente a altura do corpo de prova (sempre somente a areia, pois é ela o objeto do ensaio). Se tiver ocorrido variação em relação à altura do início do ensaio, o comprimento a ser adotado será a média dos dois valores, representando o comprimento médio do corpo de prova durante a realização do ensaio.

#### **4. Formato e conteúdo do relatório: 1 página A4 + Anexo A + Anexo B**

O relatório de ensaio deve ter **uma única página tamanho A4** (identificação da turma e da equipe no rodapé) contendo o seguinte:

- Um parágrafo de **identificação e descrição** da areia
- Um conjunto de **três gráficos** relativos aos ensaios realizados, com a disposição indicada na **página 6**.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores de <math>e_{MAX}</math> e <math>e_{MIN}</math> da areia, fornecidos pelos laboratoristas do LMS</li> <li>• Altura média do corpo de prova, adotada para o cálculo da condutividade hidráulica</li> <li>• A área da seção transversal do corpo de prova</li> <li>• O índice de vazios médio do corpo de prova durante o ensaio (calculado em função das dimensões médias medidas) e a compactidade relativa correspondente.</li> <li>• A referência de nível adotada para cálculo das cargas hidráulicas, com:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga altimétrica da base do c.p. (<math>h_{eB}</math>)</li> <li>• Carga altimétrica do topo do c.p. (<math>h_{eT}</math>)</li> </ul> </li> <li>• Vazão média utilizada para o cálculo da condutividade hidráulica</li> </ul>	<p>Um gráfico com duas curvas representando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a variação da carga hidráulica total (<math>h = h_e + h_p</math>) em função da posição no corpo de prova</li> <li>• a variação da <b>carga piezométrica</b> (<math>h_p</math>) em função da posição no corpo de prova</li> </ul> <p>Cargas hidráulicas em centímetros.</p> <p>Nesse gráfico devem estar indicados graficamente, mas também com valores anotados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O ponto adotado como referência de nível</li> <li>• O ponto correspondente à base do corpo de prova</li> <li>• O ponto correspondente ao topo do corpo de prova</li> <li>• O comprimento do corpo de prova</li> <li>• A diferença de carga utilizada para o cálculo da condutividade hidráulica</li> <li>• O gradiente hidráulico médio no c.p.</li> <li>• A condutividade hidráulica obtida</li> </ul>
<p>As curvas granulométricas da areia ensaiada e do solo A (esta última fornecida na página 1), com os respectivos pontos, em um gráfico único.</p> <p>Nesse gráfico devem estar indicados (de preferência graficamente, mas também com valores anotados), <b>para o solo A e para a areia ensaiada</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• as frações argila, silte, areia e pedregulho (como na figura 1.5 do livro-texto)</li> <li>• os diâmetros <math>D_{10}</math>, <math>D_{60}</math> e <math>D_{30}</math></li> <li>• CNU</li> <li>• os diâmetros <math>D_{15}</math> e <math>D_{85}</math></li> </ul> <p>Nesse mesmo gráfico deve estar indicada graficamente a adequação da areia como material de filtro para o solo A, de acordo com os critérios do item 6.10 do livro-texto.</p>	

**Anexo A:** todos os formulários de ensaios utilizados no laboratório.

**Anexo B:** uma única folha de cálculo, tamanho A4. Todos os cálculos não efetuados nos próprios formulários (anexo A) devem ser indicados na folha do anexo B, bem como referências bibliográficas.

## 5. Entrega do relatório

O relatório só será considerado entregue no prazo (antes do **início** do experimento seguinte) se o *upload* do arquivo único for precedido do registro dos resultados dos experimentos no **BDEX** (banco de dados dos experimentos, também no **GeoMoodle**).

## 6. Síntese

Instruções sobre a síntese dos resultados das diversas equipes e turmas serão fornecidas oportunamente.