

## Solos como materiais de construção

### 1. Proposição do problema

Para a construção de uma barragem de terra foram encontradas apenas duas jazidas a distâncias convenientes do local da obra. Nenhuma das duas pode oferecer quantidade suficiente de material para todo o corpo da barragem, mas talvez cada um dos dois materiais, em condições de compactação diferentes, possa ser aproveitado, com funções diferentes, na seção transversal da barragem.

Amostras de um dos materiais (solo 1) ainda estão disponíveis no Laboratório de Mecânica dos Solos da EPUSP (LMS). As amostras do outro material (solo 2) já foram submetidas ao ensaio de **Proctor normal**, obtendo-se os resultados apresentados adiante.

<b>Umidade (%)</b>	<i>30,65</i>	<i>32,19</i>	<i>33,93</i>	<i>36,04</i>	<i>38,43</i>
<b>Densidade aparente seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<i>1,205</i>	<i>1,294</i>	<i>1,379</i>	<i>1,308</i>	<i>1,151</i>

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 a utilidade da compactação? Qual o seu efeito no estado do solo? Quais os índices físicos que mudam com a compactação? (Caps. 2 e 4)
- Por que se fazem ensaios de Proctor? (Cap. 4) Qual a norma brasileira que padroniza esses ensaios?
- É possível, usando como matéria-prima um mesmo solo, obter por compactação materiais com propriedades de engenharia diferentes, para serem utilizados em funções diferentes no corpo da barragem? (item 16.7)
- Qual a finalidade do ensaio de resistência à compressão simples? (itens 15.2 e 15.3)
- Há outras propriedades de engenharia do solo compactado que seriam relevantes para a previsão do desempenho de uma barragem de terra? Quais? Como determiná-las?

### 3. Ensaaios (no laboratório)

- Ensaio de Proctor
  - **Identificar e descrever** o solo a ser ensaiado (solo 1).
  - Cada equipe deve fazer o ensaio de Proctor em **uma** (e uma única) umidade, próxima da umidade ótima de compactação do solo 1 (conhecida no LMS). As **equipes A** farão **Proctor normal**, as **equipes B Proctor Modificado** (vide arquivo pdf com a Programação de atividades de laboratório).
  - A qualidade do ensaio realizado será avaliada pela **proximidade do ponto obtido em relação à curva de Proctor respectiva** (conhecida mas não divulgada previamente).
- Ensaio de compressão (axial) simples
  - Cada equipe romperá à **compressão simples** um **outro** corpo de prova do solo 1, previamente compactado no LMS. Além de conduzir o ensaio propriamente dito, a equipe deverá coletar todos os dados necessários para determinar a umidade de compactação e o peso específico aparente seco desse corpo de prova. O ensaio será utilizado para estimar a **deformabilidade** e a **resistência** (Caps. 2, 9 e 12) naquelas condições de compactação, parâmetros esses essenciais para avaliar **deslocamentos** e **estabilidade** da barragem.

Depois dos ensaios de compactação e de resistência à compressão simples haverá uma breve visita às instalações do LMS, desta vez voltada especificamente à comparação de equipamentos disponíveis para os ensaios.

Tendo visto e utilizado uma prensa para o ensaio de resistência à compressão simples, os estudantes verão outros equipamentos, para a mesma e outras finalidades. A ideia é que saibam identificar os equipamentos e as finalidades.

Verão um equipamento de cisalhamento direto, um triaxial, e um de adensamento. Diante de cada equipamento devem então perguntar (a si mesmos, aos laboratoristas, aos docentes):

- 1) Quais as grandezas que são medidas neste equipamento? São as mesmas ou outras, em relação aos equipamentos vistos anteriormente?
- 2) São aplicadas cargas neste equipamento? Ou são impostos deslocamentos? Como ele se compara, nesse aspecto, com outros equipamentos vistos anteriormente?
- 3) Há controle de cargas/tensões e/ou deslocamentos em uma única direção neste equipamento? Ou em mais do que uma? Por que é assim neste equipamento enquanto em outros vistos anteriormente era diferente?
- 4) Por que o corpo de prova utilizado neste equipamento tem tamanho ou forma diferente daquele utilizado em equipamentos vistos anteriormente?

5) As condições de ensaio deste equipamento podem ser consideradas um caso particular ou o caso geral de um ensaio visto anteriormente? Qual?

6) Para quê serve este equipamento? Qual a propriedade (ou propriedades) do solo que se pretende determinar com um ensaio neste equipamento? Resistência? Rigidez? Permeabilidade?

Membros da equipe devem levar estas seis perguntas (e outras que possam ter, claro!) ao LMS e procurar as respostas a elas durante a visita. Isso os ajudará a começar a entender a razão para a existência de diferentes equipamentos. E, com o tempo, os ajudará a saber escolhê-los para um determinado projeto.

- **Ensaio triaxial**

- Observar os controles independentes das tensões normais e das pressões de água.
- Notar que o ensaio de resistência à compressão simples, recém-executado, pode ser entendido como um caso particular do ensaio triaxial. Qual a particularidade?
- Em outra sessão de laboratório (Experimento R) será apresentado um outro tipo de ensaio utilizado para a determinação da resistência dos solos, o **ensaio de cisalhamento direto**.

- **Ensaio de adensamento** (compressão edométrica – Fig. 9.2)

- Observar a forma do c.p. e o anel de confinamento lateral. Por que confinar lateralmente?
- Por que no ensaio de resistência à compressão simples o controle das leituras é determinado pelo encurtamento do c.p., enquanto no ensaio de adensamento é determinado pelo tempo? (comparar a Fig. 2.4, por exemplo, com a Fig. 9.9 e com a Fig. 11.2)
- Observar o sistema de aplicação de carga. Semelhante ao dos demais equipamentos vistos?

#### 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), dividida em 4 partes, com os conteúdos abaixo indicados.

- Um parágrafo de **identificação e descrição** do solo compactado

<p>Um gráfico único com a curva de Proctor do solo 2 (vide página 1 deste roteiro) e com o ponto (<b>único</b>) obtido para o solo 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nesse gráfico devem estar indicados (graficamente, mas também com <b>valores anotados</b>) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ para o solo 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a umidade ótima</li> <li>▪ a densidade aparente seca máxima</li> <li>▪ o grau de saturação no ponto de máximo da curva de Proctor.</li> </ul> </li> <li>○ para o único ponto do solo 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ a umidade de compactação</li> <li>▪ a densidade aparente seca</li> <li>▪ o grau de saturação</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Nesse mesmo gráfico devem ser traçadas as curvas de igual grau de saturação (70%, 80%, 90%, 100%) do solo 1 e do solo 2 (ambos têm o mesmo <math>\gamma_s = 27,55 \text{ kN/m}^3</math>)</li> <li>• Ainda nesse mesmo gráfico, em outra escala vertical, devem estar indicados (graficamente, mas também com <b>valores anotados</b>) os <b>índices de vazios</b> correspondentes a cada umidade de ensaio do solo 2 e do único ponto do solo 1</li> </ul>	<p>Um gráfico com a curva tensão-deformação do solo 1, para a condição de compactação ensaiada (<math>w_{ót}</math> e <math>\gamma_d</math> determinados pela equipe)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nesse gráfico devem estar indicados (graficamente e também com <b>valores anotados</b>): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ a condição de compactação, determinada pela equipe: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ umidade de compactação</li> <li>▪ peso específico aparente seco</li> </ul> </li> <li>○ Tensão de ruptura (<math>\sigma_{RUPT}</math>)</li> <li>○ Deformação de ruptura (<math>\epsilon_{RUPT}</math>)</li> <li>○ Módulo de elasticidade secante na ruptura (<math>E_{RUPT}</math>)</li> <li>○ Deformação a 50% da tensão de ruptura (<math>\epsilon_{50\%}</math>)</li> <li>○ Módulo de elasticidade secante a 50% da tensão de ruptura (<math>E_{50\%}</math>)</li> </ul> </li> </ul>
--	--

**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.