

**Exercício 1**

Para executar um aterro sobre solo mole foram realizados os seguintes ensaios de campo:

- Sondagem (Figura 1)
- CPTu (Figura 2)
- Vane Test (Figura 3)

Além disso foram coletadas amostras indeformadas para a realização dos ensaios de adensamento no laboratório.

1. Em função do tipo de obra (e dos ensaios solicitados), quais os parâmetros geotécnicos que devem interessar ao projetista?

Para começar, será preciso conhecer bem o perfil do subsolo. Vide questão 3.

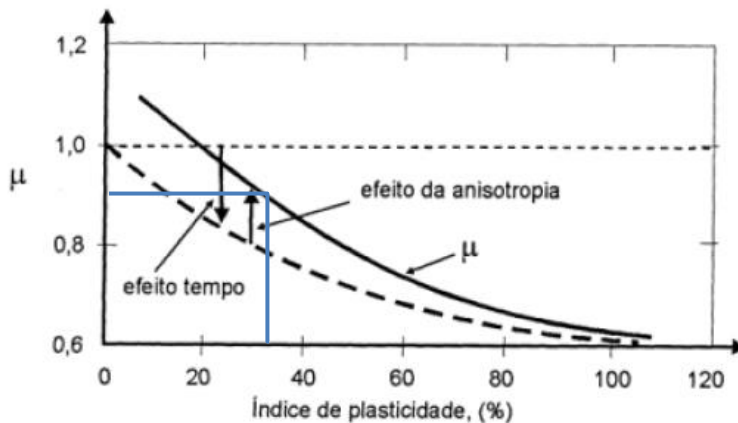
Como se trata de um solo mole, é preciso garantir a segurança contra ruptura (ELU) e contra grandes recalques (ELS). Portanto os parâmetros que provavelmente interessam ao projetista são:

- a) para garantir a segurança contra ELU, a resistência não drenada das argilas ( $s_u$ );
- b) para garantir a segurança contra ELS, os parâmetros de adensamento do solo mole ( $C_c$ ,  $C_r$ ,  $C_e$ ,  $\sigma'_a$  e  $c_v$ ).

2. Como projetista, como você obteria cada um desses parâmetros, utilizando os ensaios de campo realizados?

- a) resistência não drenada das argilas ( $s_u$ )

Vane Test (Figura 3) e, complementarmente, CPTu (Figura 2). Como também há resultados de ensaios de adensamento (laboratório) disponíveis, pode-se verificar com a correlação de Mesri (expressão 15.5, capítulo 15, CSP, e também expressão 6 do capítulo 5, FM):  $s_{up} = 0,22 \times \sigma'_a$ . Utilizando a correção de Bjerrum para o Vane, para um IP = 35% (80 – 45) tem-se  $\mu = 0,9$ . Esse redutor deve ser aplicado a todas as resistências medidas no Vane.



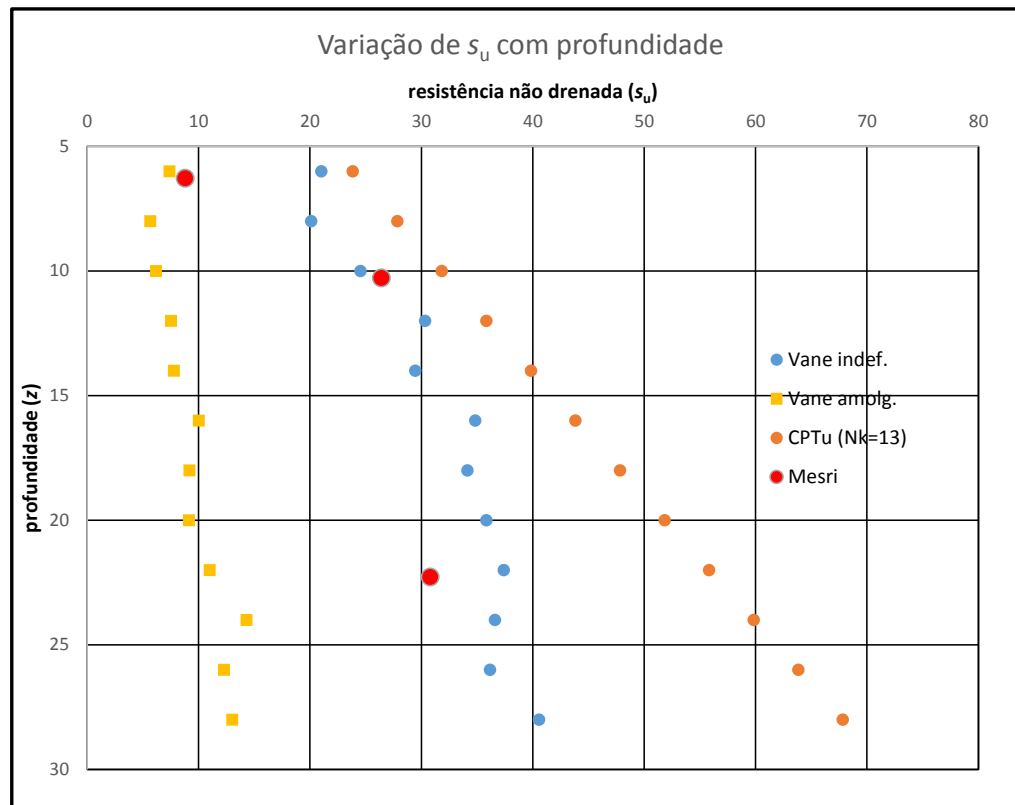
Também é possível utilizar os resultados do ensaio CPTu para obter  $s_u$ . Estudos demonstraram a correlação:

$$s_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

O valor de  $N_k$  varia de argila para argila, de local para local (vide folha 15 da apresentação "Exploração do subsolo" no GeoMoodle2). Vamos adotar, para começar,  $N_k = 13$ .

Dos ensaios de adensamento, utilizando a correlação de Mesri (1975) para obter o valor de resistência não drenada para projeto:

z (m)	$\sigma'_a$ (kPa)	$s_{up}$ (kPa)
6,00 - 6,55	40	8,8
10,00 - 10,55	120	26,4
22,00 - 22,55	140	30,8



Observações:

- 1) Vane e Mesri estão próximos, o que aumenta a credibilidade desses resultados.
- 2) CPTu superestimou, mas a previsão teria sido boa se adotado  $N_k \cong 19$ , valor esse ainda compatível com a experiência internacional (folha 15 da apresentação “Exploração do subsolo” no GeoMoodle2).
- 3) Resultado poderia ser utilizado como uma espécie de aferição do  $N_k$  do CPTu. Outros CPTu (mais rápidos e, portanto, menos onerosos do que os Vane) poderiam ser executados em muitos outros pontos do terreno, levando a valores confiáveis de  $S_u$ .

b) parâmetros de adensamento do solo mole ( $C_c$ ,  $C_r$ ,  $C_e$ ,  $\sigma'_a$  e  $c_v$ ).

$C_c$  e  $\sigma'_a$  são obtidos, para cada profundidade, dos ensaios de adensamento. Os valores são variáveis com a profundidade, como seria de se esperar. Os valores de  $\sigma'_a$  em cada profundidade, lançados em um gráfico de  $\sigma'_v$  versus  $z$ , permitem, como estudado em Mecânica dos Solos e das Rochas I, estimar a razão de sobreadensamento (OCR) do solo mole.

$C_r$  e  $C_e$  podem ser estimados, com base na literatura local, como uma porcentagem de  $C_c$  (da ordem de 10% a 30%), caso não tenha havido descarregamento nos ensaios de adensamento.

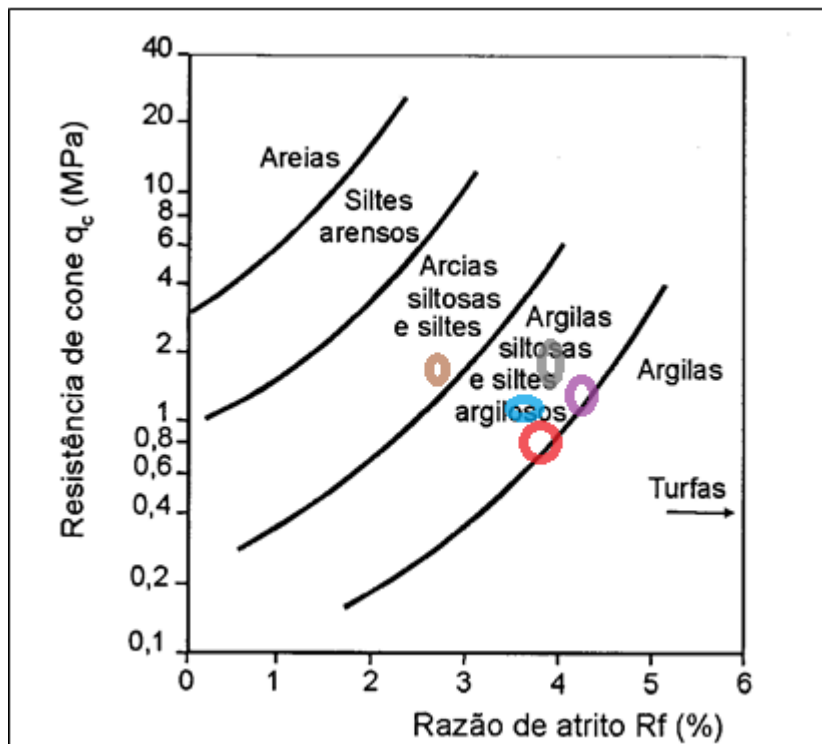
Aprendemos, em Mecânica dos Solos e das Rochas I, que  $c_v = \frac{k \times D}{\gamma_w}$ .  $D$ , módulo de rigidez confinado, varia muito com o nível de tensão ( $k$ , condutividade hidráulica, também varia, porém menos). Assim, não é surpreendente que  $c_v$  seja variável também com o nível de tensão (não apenas com a profundidade), como mostram os resultados dos ensaios. Tempos de adensamento do aterro sobre o solo mole deverão ser calculados com um valor de  $c_v$  compatível com os níveis de tensão esperados.

Sabe-se também que  $\frac{c_v}{c_h} = \frac{k_v}{k_h}$ . O CPTu permite estimar o coeficiente de adensamento horizontal,  $c_h$  (vide “Exploração do subsolo” no GeoMoodle2). A anisotropia de condutividade hidráulica é estimável a partir da literatura local (nas argilas da baixada santista, por exemplo, da ordem de 1,5 a 2,0). Essa é uma via alternativa para a estimativa dos valores de  $c_v$  de interesse para o estudado aterro sobre solo mole.

3. Classifique os solos através do ensaio CPTu e compare essa estratigrafia com aquela registrada na sondagem fornecida.

Sondagens de simples reconhecimento com SPT (SP-09 apresentada e todas as outras disponíveis para o projeto, cobrindo toda a área do futuro aterro), são essenciais para conhecer o perfil do subsolo, a estratigrafia, com descrição de cada camada,  $N_{SPT}$  e umidade (índices físicos) das diversas camadas, além da posição do nível d'água;

Sondagens podem e devem ser complementadas pela estratigrafia que pode ser obtida a partir do CPT ou CPTu com recursos de classificação dos solos (ábacos de Robertson e Campanella e Figura 3.8, ambos apresentados). No ábaco abaixo, por exemplo, estão identificados alguns dos solos do perfil, com base nos resultados do ensaio de cone. Esses resultados corroboram as informações da sondagem também analisada.



4. Compare os valores dos parâmetros obtidos no campo com aqueles obtidos no laboratório. Assunto já discutido acima.