

---

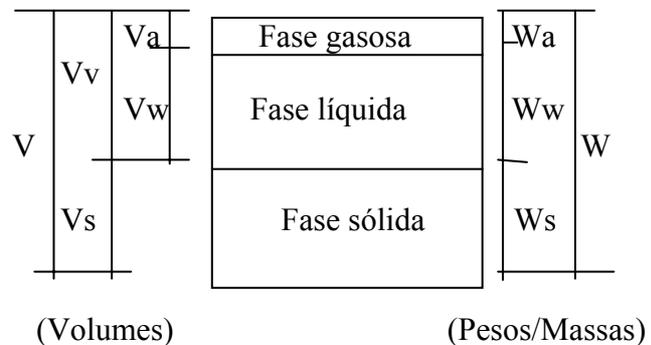
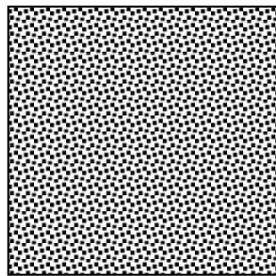
**1 – SOLO – CONCEITOS BÁSICOS**

O solo, sob o ponto de vista da Engenharia, é um conjunto de partículas sólidas com vazios ou poros entre elas. Estes vazios podem estar preenchidos com água, ar ou ambos.

Assim o solo é :

- **seco** se os vazios estão cheios de ar;
- **saturado** se estão preenchidos com água;
- **parcialmente saturado** se contêm ar e água.

Para a resolução de problemas de Engenharia estes constituintes são mais bem representados por meio de um diagrama esquemático, como o que se apresenta na figura, contendo as três fases do solo.



Utilizam-se as seguintes relações:

**Volume :**

- Porosidade

$$n = \frac{V_v}{V}$$

- Índice de vazios

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

- Grau de saturação

$$S = \frac{V_w}{V_v}$$

- Compacidade

$$C = \frac{V_s}{V}$$

**Peso :**

- Teor em água

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

**Peso/Volume – pesos volúmicos**

- total ou aparente  $\gamma = \frac{W}{V}$
- das partículas sólidas  $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$
- da água  $\gamma_w = \frac{W_w}{V_w} = 9,8 \text{ kN} / \text{m}^3 \approx 10 \text{ kN} / \text{m}^3$
- aparente seco  $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$
- saturado  $\gamma_{sat} = \frac{W}{V}$
- submerso  $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$
- Densidade das partículas sólidas  $G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$

Podem estabelecer-se algumas relações entre estes coeficientes:

$$\gamma = \frac{w+1}{\frac{e+1}{\gamma_s}} \quad (1)$$

$$\gamma = \frac{S \cdot \gamma_w \cdot e + \gamma_s}{e+1} \quad (2)$$

$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{e+1} \quad (3)$$

$$n = \frac{e}{e+1} \quad (4)$$

$$w = \frac{e \cdot S}{G} \quad (5)$$

Se o solo **estiver saturado**  $V_v=V_w$  ou seja  $S=1$ .

**Curva de compactação:**

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$$

**Curva de saturação:**

$$\gamma_d = \frac{G \cdot \gamma_w}{1+G \cdot w}$$

---

**Problemas**

**1.1** – Considere uma amostra de areia colocada numa cápsula de porcelana. O peso total da amostra húmida e da cápsula é 72,49 gf. Este peso é reduzido a 69,28 gf depois de se ter colocado a amostra na estufa a 105° C durante 24 horas. O peso da cápsula é 32,54 gf. Determine o teor em água (w) desta amostra.

**1.2** – Uma amostra intacta de argila, com volume aparente de 1646,7 cm<sup>3</sup>, tem peso total de 2796,2 gf. O teor em água médio da amostra determinado em estufa é 14%. Sabendo que a densidade das partículas (G) é 2,69, calcule:

- a) peso volúmico do solo ( $\gamma$ );
- b) peso volúmico seco ( $\gamma_d$ );
- c) índice de vazios (e);
- d) porosidade (n);
- e) grau de saturação (S);
- f) peso volúmico saturado ( $\gamma_{sat}$ ).

**1.3** - Colocou-se uma amostra de argila numa cápsula de porcelana cujo peso é de 0,30 N. O peso total da amostra húmida, incluindo a cápsula, é de 0,657 N antes de secar e de 0,5712 N depois de seca em estufa a 105 °C. Com um ensaio independente determinou-se o peso volúmico das partículas sólidas que forneceu o valor de 25,8 kN/m<sup>3</sup>. Calcular o teor em água da amostra e, supondo-a totalmente saturada, determinar a porosidade, o índice de vazios e o seu peso volúmico submerso.

**R :** w = 31,6% ; n = 0,449 ; e = 0,815 ;  $\gamma' = 8,7 \text{ kN/m}^3$

**1.4** – Determine o peso volúmico submerso de um solo argiloso, totalmente saturado. O índice de vazios é de 1,2 e G=2,7.

**R :**  $\gamma' = 7,7 \text{ kN/m}^3$

**1.5** – O peso volúmico de uma areia de aterro foi determinado no campo tendo o valor de 17,5 kN/m<sup>3</sup>. O teor em água durante o ensaio era de 8,6% e o valor de G=2,6. Em laboratório, e em condições especificadas, determinaram-se os índices de vazios da areia para a mais baixa e a mais alta compactidade com os valores respectivamente de  $e_{m\acute{a}x}=0,642$  e  $e_{m\acute{i}n}=0,462$ . Calcule o valor da densidade relativa da areia do aterro “in situ”.

$$D_r = \frac{e_{m\acute{a}x} - e}{e_{m\acute{a}x} - e_{m\acute{i}n}}$$

**R :**  $D_r=16,1\%$

**1.6** – Deduza uma expressão para S em função do peso volúmico total, do teor em água w, e de G. Calcule com essa expressão, o valor de S de uma amostra de silte cujo peso volúmico total é de  $16,3 \text{ kN/m}^3$ , sendo o teor em água de 49% e  $G=2,65$ . Determine também o peso volúmico aparente seco do silte.

**R :**  $S = 91,3\%$  ;  $\gamma_d = 10,9 \text{ kN/m}^3$

**1.7** – Um silte constituído por partículas sólidas com  $G=2,6$ , tem um índice de vazios de  $e=0,52$ . Calcule os pesos volúMICOS seco, saturado e submerso, supondo o solo totalmente saturado.

**R :**  $\gamma_d = 17,1\% \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma' = 10,5 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{\text{sat}} = 20,5 \text{ kN/m}^3$

**1.8** – Deduza a expressão  $G.w=S.e$ .

**1.9** – Uma amostra de solo totalmente saturado tem o teor em água de 27% e o peso volúmico total de  $19,8 \text{ kN/m}^3$ . Calcule o peso volúmico seco e o índice de vazios, bem como o valor de G. Qual seria o peso volúmico total de uma mostra do mesmo solo compactado com o mesmo índice de vazios, mas apenas com um grau de saturação de 90%?

**R :**  $\gamma_d = 15,6 \text{ kN/m}^3$  ;  $e = 0,73$  ;  $G = 2,68$ ;  $\gamma = 19,3 \text{ kN/m}^3$

**1.10** - Uma amostra de argila saturada pesa  $1,526 \text{ N}$ . Depois de seca em estufa a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  pesa  $1,053 \text{ N}$ . Determinar o teor em água. Se o peso volúmico das partículas sólidas for de  $27 \text{ kN/m}^3$ , qual será o índice de vazios, a porosidade e o peso volúmico da amostra?

**R :**  $n=0,548$ ;  $e=1,214$ ;  $\gamma= 17,7 \text{ kN/m}^3$

**1.11** - A análise granulométrica de um solo residual da cidade do Porto forneceu os seguintes resultados:

nº do peneiro	3/8"	4	10	20	40	60	140	200
% de retidos	0	5	12	9	11	9	12	5

Do ensaio de sedimentação resultou que 31% do total das partículas eram menores que  $0,05 \text{ mm}$ , 22% menores que  $0,025 \text{ mm}$ , 20% menores que  $0,012 \text{ mm}$ , 6% menores que  $0,002 \text{ mm}$  e 3% menores que  $0,001 \text{ mm}$ .

Traçar a curva granulométrica e determinar os coeficientes de uniformidade e de curvatura do solo. O que pode concluir sobre a granulometria dos solo?

**1.12** - Na execução de um ensaio de compactação de um solo foram obtidos os resultados constantes do Quadro. A densidade das partículas sólidas é 2,64. Calcule um valor estimado do teor em água ótimo e trace a curva de saturação (em que é nulo o volume de ar no solo) relacionando o peso volúmico seco e o teor em água.

Teor em água (%)	Peso volúmico (kN/m <sup>3</sup> )
17,2	20,7
15,2	21
12,2	21,6
10	21,3
8,8	20,3
7,4	18,9

**1.13** - As massas natural e seca de uma amostra de solo são, respectivamente, 502g e 455g. Em laboratório determinou-se a densidade das partículas sólidas que é de 2,65. Admitindo que o índice de vazios em estado natural tem o valor de 0,6, determine:

- O peso volúmico do solo.
- O peso de água por metro cúbico de amostra de solo que é necessário adicionar para originar a sua saturação.

**1.14** - Pretende-se realizar um aterro para construção de uma estrada, de forma a que esse aterro apresente depois de compactado um peso volúmico seco de 18 kN/m<sup>3</sup>. Sabendo que na mancha de empréstimo o solo a utilizar apresenta um peso volúmico de 17 kN/m<sup>3</sup> e um  $w=5\%$ , calcule qual o volume de material a escavar necessário para construir cada metro cúbico de aterro.

**R** : 1,11 m<sup>3</sup>

**1.15** - Uma camada de areia com 3 m de espessura tem um peso volúmico seco igual a 16,2 kN/m<sup>3</sup>, um teor em água de 14% e um peso volúmico das partículas sólidas de 26,1 kN/m<sup>3</sup>.

- Determine o grau de saturação e o índice de vazios da areia
- Admitindo a incompressibilidade das partículas sólidas e deformações laterais nulas, determine o assentamento que se verificava caso o índice de vazios se reduzisse por compactação para 0,44.