

2. RELAÇÃO SOLO - ÁGUA

Solo → material poroso constituído de 3 fases:

- Sólida
- Gasosa
- Líquida

- **2.1 Densidade real ou massa específica real ou densidade de partículas (dp)**

$$dp = \frac{Ms \text{ (massa de sólidos)}}{Vs \text{ (volume de sólidos)}} = g \text{ cm}^{-3}$$

- $dp \cong 2,65 \text{ g cm}^{-3}$ para a maioria dos solos

- **2.2 Densidade global ou massa específica aparente ou densidade do solo (dg ou ds)**

$$dg = \frac{Ms \text{ (massa de sólidos)}}{Vt \text{ (volume total)}} = g \text{ cm}^{-3}$$

Arenosos 1,3 a 1,8 g cm⁻³

Argilosos 1,0 a 1,4 g cm⁻³

Orgânicos 0,2 a 0,6 g cm⁻³

- **2.3 Umidade ou teor de água no solo**
- Expressa de duas formas:
 - Umidade com base em massa seca (U)
 - Umidade com base em volume (θ)

- Umidade com base em massa seca U

$$U = \frac{M_w \text{ (massa de água)}}{M_s \text{ (massa de sólidos)}} = \frac{g \text{ de água}}{g \text{ de solo}}$$

Ou

$$U\% = \frac{M_w}{M_s} \times 100 = \frac{g \text{ de água}}{100 g \text{ de solo}}$$

- **Umidade com base em volume** θ

$$\theta = \frac{V_w \text{ (volume de água)}}{V_t \text{ (volume total)}} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de água}}{\text{cm}^3 \text{ de solo}}$$

Ou

$$\theta\% = \frac{V_w}{V_t} \times 100 = \frac{\text{cm}^3 \text{ de água}}{100 \text{ cm}^3 \text{ de solo}}$$

$$\theta = U \cdot dg$$

Exemplo:

- 1) Tem-se um solo com umidade de 0,1 g de água por g de solo e densidade de solo de 1,4 g/cm³. Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?

θ

Exemplo:

- 1) Tem-se um solo com umidade de 0,1 g de água por g de solo e densidade de solo de $1,4 \text{ g/cm}^3$. Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?
- 2) Tem-se um solo com umidade de $0,1 \text{ cm}^3$ de água por cm^3 de solo e densidade de solo de $1,4 \text{ g/cm}^3$. Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?

Exemplo:

- 1) Tem-se um solo com umidade de 0,1 g de água por g de solo e densidade de solo de 1,4 g/cm³. Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?
- 2) Tem-se um solo com umidade de 0,1 cm³ de água por cm³ de solo e densidade de solo de 1,4 g/cm³. Qual a sua umidade com base em massa seca e com base em volume?
- 3) Tem-se uma amostra de solo de 331,33 cm³ com peso úmido de 560 g; após 24 h em estufa a 105°C obteve-se o peso seco de 458g. Qual a w , a U e θ ?

- **2.4 Porosidade (α)**

- É o volume de vazios, ou seja, a % do volume do solo não ocupado pela parte sólida.

$$\alpha = \frac{Vv \text{ (volume de vazios)}}{Vt \text{ (volume total)}} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de poros}}{\text{cm}^3 \text{ de solo}}$$

Ou

Na prática $\alpha = 1 - \frac{dg}{dp}$

- **2.5 Porosidade livre de água (β)**
- Porosidade de aeração, fração ocupada pelo ar. Também chamado de porosidade drenável.

$$\beta = \frac{Var \text{ (volume de ar)}}{Vt \text{ (volume total)}} = \frac{cm^3 \text{ de ar}}{cm^3 \text{ de solo}}$$

Ou

Na prática $\beta = \alpha - \theta$

- **2.6 Grau de saturação (S)**
- Relação espaço poroso total ocupado pela água.

$$S = \frac{\theta}{\alpha}$$

Solo seco $\rightarrow S = 0$

Solo saturado $\rightarrow S = 1$

Exemplo:

- 1) Um volume de 1.000 cm^3 de solo apresenta uma massa úmida de 1.460 g e massa seca de 1.200 g . Sendo $d_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$ e $d_w = 1$, calcule:
- a) $U\%$
 - b) $\theta\%$
 - c) d_g
 - d) α (porosidade)
 - e) β (porosidade livre)
 - f) S (grau de saturação)

Exemplo:

1) Um volume de 1.000 cm^3 de solo apresenta uma massa úmida de 1.460 g e massa seca de 1.200 g . Sendo $d_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$ e $d_w = 1$, calcule:

- a) $U\%$
- b) $\theta\%$
- c) d_g
- d) α (porosidade)
- e) β (porosidade livre)
- f) S (grau de saturação)

2) Coletaram-se 220 kg de solo úmido. O valor da umidade do solo foi de $0,18 \text{ kg}$ de água/ kg de solo. Calcular o valor da massa de sólidos e da massa de água.

Exemplo:

1) Um volume de 1.000 cm^3 de solo apresenta uma massa úmida de 1.460 g e massa seca de 1.200 g . Sendo $d_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$ e $d_w = 1$, calcule:

- a) $U\%$
- b) $\theta\%$
- c) d_g
- d) α (porosidade)
- e) β (porosidade livre)
- f) S (grau de saturação)

2) Coletaram-se 220 kg de solo úmido. O valor da umidade do solo foi de $0,18 \text{ kg de água/kg de solo}$. Calcular o valor da massa de sólidos e da massa de água.

3) Necessita-se de 500g de solo seco a ser obtido de uma amostra com $\theta=30\%$ e $d_g = 1,5\text{g/cm}^3$. Qual a massa de solo úmido a ser tomada para fornecer esses 500g de solo seco?

3. MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

3.1 GRAVIMÉTRICO OU MÉTODO DA ESTUFA (PADRÃO)

- Coletar amostra de solo e determinar massa úmida
- Levar estufa 105 – 110°C por 48h e determinar massa seca

$$- U\% = \frac{\text{Massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \times 100$$

Exemplo:

Utilizando os resultados do exemplo 3:

500g de solo seco

600g de solo úmido

$U\% = ?$

• 3.2 MÉTODO DAS PESAGENS

- Coletar 100g de solo seco a 105°C por 24h
- Colocar em balão de 500 mL e completar o volume obtendo peso M (padrão)
- Coletar 100 g amostra desejada, colocar em balão de 500 mL e completar o volume obtendo peso M'

$$- U' = (M - M') \times \frac{dp}{(dp - 1)}$$

$$U\% = \frac{100 * U'}{100 - U'}$$

3.3 MÉTODO DOS VOLUMES

- Pesar 20g de solo do qual deseja-se saber a umidade e colocar em balão especial de 50 mL
- Colocar 25 mL de água com pipeta, misturar ao solo no interior do balão
- Colocar mais 25 mL de água e anotar a leitura do volume V que excedeu os 50 mL

- $$Ma = \frac{(V \times dp) - Mt}{(dp - 1)}$$

$$Ms = Mt - Ma$$

$$U\% = \frac{Ma}{Ms} \times 100$$

Exemplos:

1) Método das pesagens

100g de solo seco $\rightarrow M = 971\text{g}$

100g de solo úmido $\rightarrow M' = 960\text{g}$

$U\% = ?$

2) Método dos volumes

$M_t = 20\text{g}$

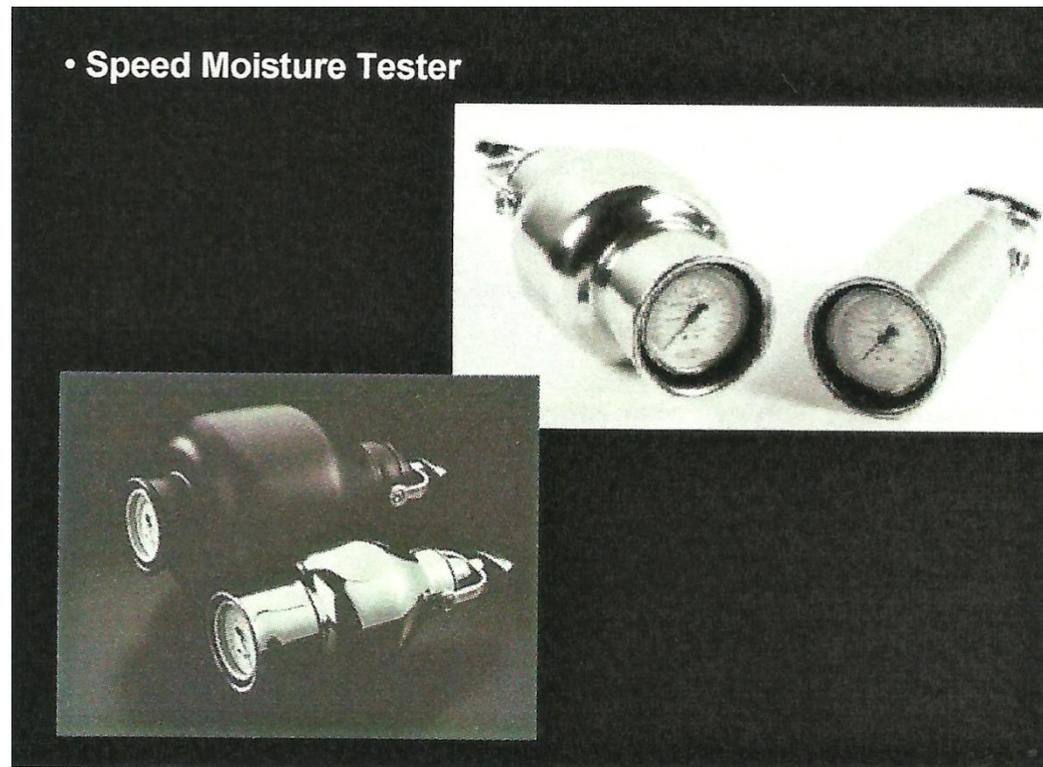
$V_{\text{excedido}} = 10,1 \text{ mL}$

$D_p = 2,65 \text{ g/cm}^3$

$U\% = ?$

3.4 MÉTODO SPEED

- Reação do carbureto com a água do solo → forma gás acetileno
- Umidade proporcional à pressão exercida
- Curva tabelado
- Usado eng. civil



3.5 OUTROS MÉTODOS

- Tensiômetro → leituras até 0,75 atm
- Blocos de gesso → medem a variação da umidade em função da resistência elétrica do solo.
- TDR → medição da constante dielétrica do solo. Pulso elétrico propagado ao longo de uma sonda inserida no solo na qual acontece a reflexão do pulso. Não destrutiva. Calibração.

- Sonda de nêutrons →
- alto custo.
- Correlação entre nêutrons e quantidade de H^+ presente no solo.
- Precisa calibração.

• Sonda de nêutrons



- Método da frigideira
- Método do álcool
- Método do microondas