

TRANSPORTES E OBRAS DE TERRA

Movimento de Terra e Pavimentação

NOTAS DE AULA - MECÂNICA DOS SOLOS

Prof. Edson de Moura

Aula 03 - Índices Físicos

2011

ÍNDICES FÍSICOS

1 - Introdução

Em tecnologia, solo por definição, sem nenhum rigorismo, é todo material natural que recobre a crosta terrestre e que pode ser removido por: pá, picareta, enxada ou qualquer ferramenta similar. As obras de tecnologia apóiam-se sobre ou no estão no interior de maciços terrosos.

Para melhor entendimento podemos dividir o estudo das propriedades dos solos em dois grupos, solos indeformados (estado natural) e solos deformados.

Solos indeformados são solos que se apresentam em seu estado natural de ocorrência, os pesos específicos secos desses materiais situam-se entre 12 kN/m³ a 20 kN/m³, entretanto, pode-se encontrar valores tanto inferiores como até superiores a esses, mas são mais raros.

O estudo das propriedades dos solos aplica-se em fundações, estabilidade de taludes, aterros sobre solos moles, barragens de terra e enrroncamentos, tratamentos de fundações de barragens, etc. O comportamento de um solo natural depende da relação entre suas três fases: partículas sólidas, água e ar. Diversas relações, normalmente são empregadas para expressar as proporções entre elas. Assim, só parte do volume é ocupado pelas partículas sólidas, que se acomodam formando uma estrutura. O volume restante é denominado de vazios, entretanto, esses vazios podem estar ocupados por água ou ar. Assim, o solo é constituído de três fases: partículas sólidas, água e ar.

Para solos deformados, objetivo do curso em questão, parte dessas propriedades são normalmente utilizadas, como: umidade, peso específico aparente seco, saturação e peso específico dos sólidos.

2 - Índices Físicos Entre Três Fases

Esta apresentada na figura 01, esquematicamente as três fase constituintes do solo, à esquerda estão os volumes ocupados por cada parte e à direita os pesos correspondentes.

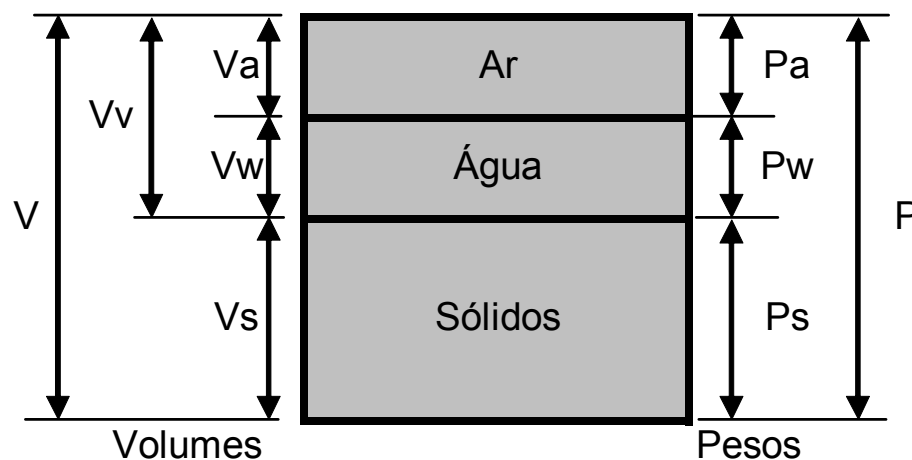


Figura 01 - Fases constituintes do solo

Em princípio, as quantidades de água e ar podem variar. A evaporação pode fazer a água diminuir, substituindo por ar, e a compressão do solo pode provocar a saída de água e ar, reduzindo o volume de vazios. O solo, no que se refere às partículas que o constituem, permanece o mesmo, mas seu estado se altera. As diversas propriedades do solo dependem do estado em que se encontra. Quando diminui o volume de vazios, por exemplo, a resistência aumenta.

A seguir serão apresentadas correlações existentes entre as três fases constituintes do solo. Como mencionado acima, essas correlações se aplicam a estudos de aterros sobre solo mole, estabilidade de taludes, etc. e o objetivo desse curso é a utilização do solo como amostras deformadas, ou seja, o emprego do solo como camada de pavimento e, a utilização dessas correlações são menos necessárias, assim, será dada ênfase ao longo do curso, somente algumas correlações apresentadas a seguir.

3 - Umidade -

Símbolo (**w**) - expressa a quantidade de água existente numa dada porção de solo úmido, é a relação do peso da água e o peso de sólidos. Para sua determinação, inicialmente mede-se o peso de solo úmido, em seguida esse solo úmido é colocado em estufa a temperatura de 105°C a 110°C até constância de peso, em seguida mede-se o peso da porção de solo seco. A diferença entre os dois pesos é o peso da água que dividido pelo peso de sólidos tem-se o teor de umidade.

Trata-se de um ensaio mais utilizado em laboratório de solo. Cuidados especiais devem ser tomados quando se esta extraindo a umidade de solos orgânicos, pois a presença de matéria orgânica no solo tem seu peso alterado quando em contato com temperatura da estufa acima, nessas condições utiliza-se a estufa a 60°C. Os valores médios de teor de umidade normalmente encontrados situam-se entre 10% e 40%, estando a umidade intimamente relacionada com a superfície específica do solo.

Exemplo	Cápsula número	(n.)	45
	Cápsula	(g)	25,76
	Cápsula + solo úmido	(g)	75,67
	Cápsula + solo seco	(g)	70,82
	Peso da água	(g)	4,85
	Peso do solo seco	(g)	45,06
	Teor de umidade	(w)	10,7%

Observe-se que o peso da (cápsula + solo úmido) menos o peso da (cápsula + solo seco) é a quantidade de água no solo e o peso da (cápsula + solo seco) menos o peso da (cápsula) é o peso de solo seco.

4 - Peso Específico Aparente Seco

Símbolo (γ_s) - unidade (kN/m^3), é a relação entre o peso dos sólidos e o seu volume. Como se trata de peso específico e peso é a massa x a aceleração da gravidade temos kN no SI - sistema internacional de medidas. Utiliza-se também massa específica aparente seca, a unidade (g/cm^3), fórmula 01, nesse caso é a grama como unidade de massa. Ainda existe a densidade relativa que é expressa em relação a massa específica aparente da água, assim não se utiliza unidade para densidade.

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V} \quad (01)$$

Onde: γ_s = peso específico aparente seco
 P_s = peso dos sólidos
 V = volume

4.1 - Fator de Conversão

Conforme exposto no item 3 o teor de umidade de um solo é a relação da quantidade de água contida nele pela massa de sólidos e, como essa relação não é sobre a massa total (sólidos + água) mas somente sobre a massa de sólidos, para transformação de massa úmida em massa seca aplica-se o fator de conversão (FC), fórmulas 02 e 06:

$$w\% = \frac{M_a}{M_s} = \frac{M_u - M_s}{M_s} \rightarrow M_s * w = M_u - M_s \rightarrow M_s * w + M_s = M_u \rightarrow M_s(1 + w) = M_u$$

$$M_s = \frac{M_u}{1 + w} \quad (02)$$

O mesmo raciocínio aplica-se para a transformação de peso específico úmido em peso específico seco deve-se aplicar o fator de conversão, fórmula 06.

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V} = \frac{\frac{P_s}{P_s + P_a}}{\frac{V}{P_s + P_a}} = \frac{P_s}{P_s + P_a} \times \frac{P_s + P_a}{V} \quad (03)$$

Sabendo-se que $P_s + P_a = P_T$ (04)

Substituindo 03 em 02 temos:

$$\gamma_s = \gamma_u \times \frac{P_s}{P_s + P_a} = \gamma_u \times \frac{1}{1 + w} \quad (05)$$

Assim, o fator de conversão é $FC = \frac{1}{1 + w}$ ou $FC = \frac{100}{100 + w\%}$ (06)

5 - Peso Específico dos Sólidos

Símbolo (γ_d) - unidade (kN/m^3), é a relação da massa dos sólidos pelo volume dos sólidos, como se trata de peso específico e peso é a massa x a aceleração da gravidade temos kN no SI - sistema internacional de medidas. Ensaio de fácil assimilação e de difícil execução. A dificuldade esta em obter o volume da amostra, essa pode ser obtida indiretamente, com pesagem hidrostática, esta apresentada na figura 02 o esquema do processo do ensaio pelo método do picnômetro.

O ensaio consiste em adicionar uma massa de solo conhecida dentro do picnômetro, adicionar água destilada até a marca do menisco, submeter o conjunto a pressão negativa com bomba de vácuo para eliminar a quantidade de ar, em seguida, efetuar a medida da massa do conjunto. Conhecendo-se a massa do picnômetro com água até o menisco, o volume da amostra V_s é: a (massa do picnômetro + água) + amostra - (picnômetro com água + amostra).

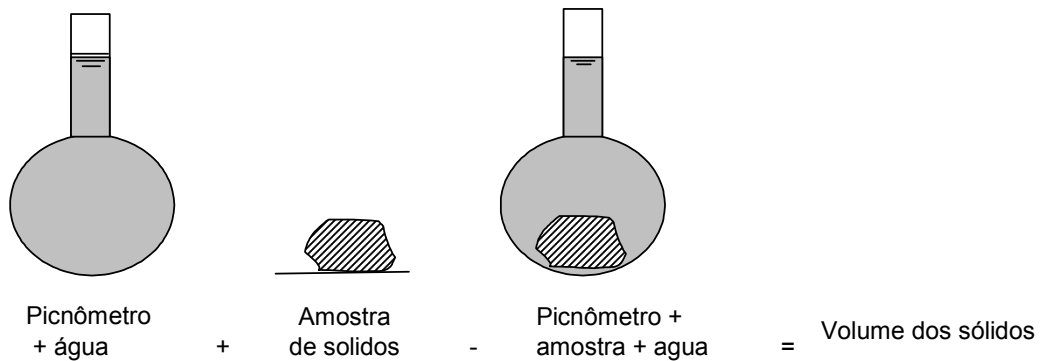


Figura 02 - Esquema para obtenção do volume da amostra por pesagem hidrostática

Cuidados necessários para a realização do ensaio, o volume do picnômetro deve estar aferido em função da variação da temperatura, numa faixa de 15°C a 35°C. A norma ABNT 6508/84, especifica que devem ser feitas duas determinações e a diferença entre elas não deve ser superior a 0,02 g/cm³. O prof. Façal, em aula prática, recomenda que o detalhe do ensaio esta em determinar o local do menisco e que também deve-se contar as gotas de água a ser adicionada para que o menisco seja atingido. Outro ponto de ocorrência de erros esta em ferver o picnômetro para que o ar seja removido, esse procedimento pode ocasionar a alteração do volume do picnômetro fazendo o picnômetro perca a calibração.

6 - Índice de Vazios

Símbolo (e), exprime a quantidade de vazios em relação a quantidade de sólidos. Obtém-se indiretamente através de outros índices. Os valores médios situam-se entre 0,5 e 1,5.

$$e = V_v / V_s \quad V_v = V - V_s \quad e = (V - V_s) / V_s \quad e = V / V_s - 1$$

7 - Porosidade

Símbolo (n), a semelhante ao índice de vazios, é relação do volume de vazios pelo volume total. Normalmente se encontra valores entre 30% e 70%.

$$n = e / V$$

8 - Saturação

Símbolo (S) indica o grau de saturação do solo, é a relação do volume de água pelo volume de vazios. Solo saturado tem grau de saturação = 100% e se o solo estiver seco = 0%. Sua determinação é feita indiretamente.

$$S = Vw / e$$

$$\gamma_s = 1 / (1/\gamma_d + w/S) \text{ (fórmula indireta - obtém-se a } \gamma_s \text{ adotando-se valores de } S \text{ e conhecendo-se o } \gamma_d)$$

9 - Peso específico aparente saturado

Peso específico do solo se viesse a ficar saturado e se isto ocorresse sem variação de volume. É de pouca aplicação prática, servindo para a programação de ensaios ou a análise de depósitos de areia que possam vir a se saturar. Expresso pelo γ_{sat} , é da ordem de 20 kN/m³.

$$\gamma_{sat} = W_{sat} / V$$

10 - Peso específico submerso

É o peso específico efetivo do solo quando submerso. Serve para cálculos de tensões efetivas. É igual ao peso específico natural menos o peso específico da água, portanto com valores da ordem de 10 kN/m³. É expresso pelo símbolo γ_{sub} .

$$\gamma_{sub} = \gamma_{nat} - \gamma_w$$

Neste caso, considera-se a existência do empuxo de água no solo. Logo, o peso específico do solo submerso será equivalente ao o peso específico do solo menos o peso específico da água.

11 - Peso Específico da Água - (γ_w)

Adota-se o valor de 10 kN/m³, esse valor varia pouco com a temperatura, entretanto, deve-se considerar essa pequena variação nos ensaios laboratoriais.