

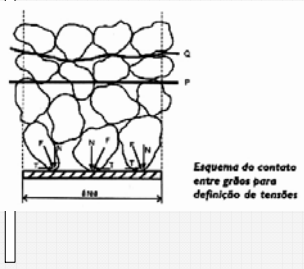


Mecânica dos Solos

Prof. Anna Silvia

Tensões nos Solos

Conceito de tensão em um meio particulado (Solos)



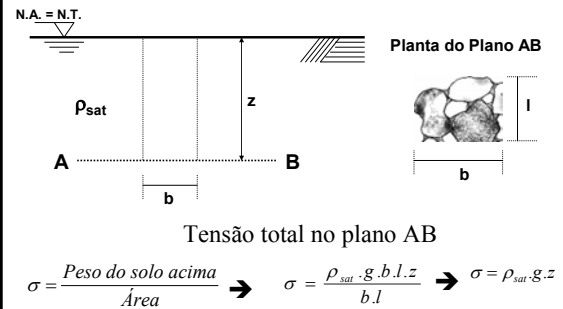
Tensão Normal

$$\sigma_n = \frac{\sum N}{\text{área}}$$

Tensão cisalhante

$$\tau = \frac{\sum T}{\text{área}}$$

Tensões Geostáticas



Tensão total (σ)

$$\sigma = \rho_{sat} \cdot g \cdot z$$

Poro-pressão (u)

Devido ao N. A. existe uma pressão nos poros no plano AB

$$u = \rho_w \cdot g \cdot z$$

Tensão efetiva (σ_e ou σ')

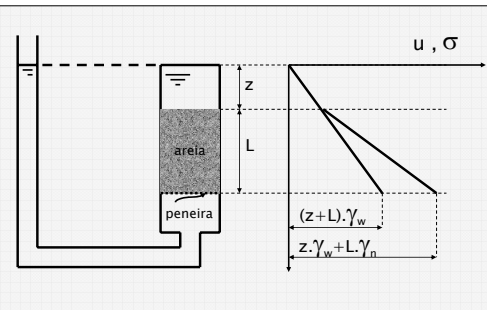
$$\sigma' = \sigma - u = (\rho_{sat} - \rho_w) \cdot g \cdot z$$

Água no Solo

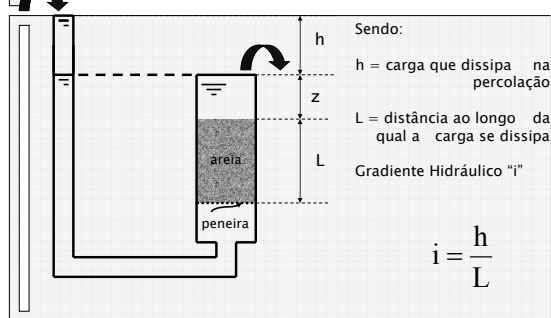
Importância

Estudos de estabilidade
Infiltração
Recalques
Barragens
Disposição de Resíduos

Tensões no solo num permeâmetro sem fluxo



Fluxo



Na natureza:

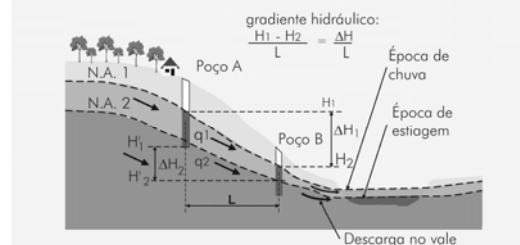


Fig. 7.8 Obtenção experimental da lei de Darcy.

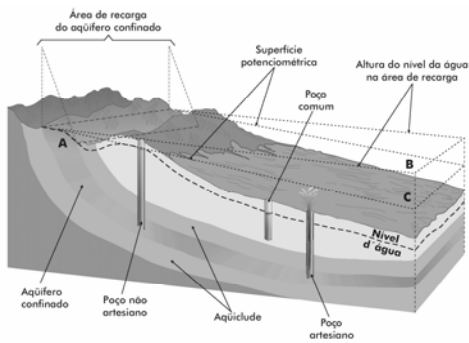
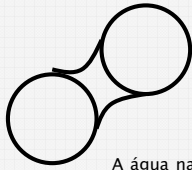


Fig. 7.10 Aquífero confinado, superfície potenciométrica e artesianismo.

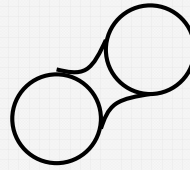
- 6.1 Água capilar nos solos
- 6.2 Permeabilidade

Água Capilar nos Solos



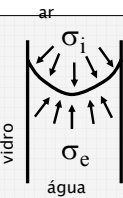
Quando um solo não se encontra saturado, o ar pode se apresentar em forma de bolhas oclusas (se estiver em pequena quantidade) ou em forma de canículos intercomunicados, inclusive com o meio externo.

A água na superfície se comporta como uma membrana. As moléculas de água, no contato com o ar, se orientam em virtude da diferença da atração química das moléculas adjacentes – tensão superficial.



Em virtude desta tensão, a superficial entre a água e o solo nos vazios apresenta uma curvatura.

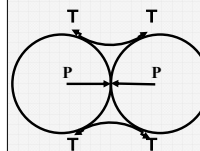
A diferença de pressão entre os 2 fluidos é denominada tensão de sucção.



$$\sigma_i > \sigma_e$$

Quanto maior a curvatura, maior a diferença de pressões.

Se existe um menisco capilar, a água se encontra numa pressão abaixo da pressão atmosférica.



Da tensão superficial da água, T , surge uma força, P , que aproxima as partículas.

A tensão superficial aumenta a tensão efetiva, conferindo ao solo uma coesão aparente.

Essa coesão aparente desaparece caso o solo sature ou seque.

Época das chuvas, solo satura, some a coesão aparente, causando ruptura de encostas, escorregamentos e escavações.

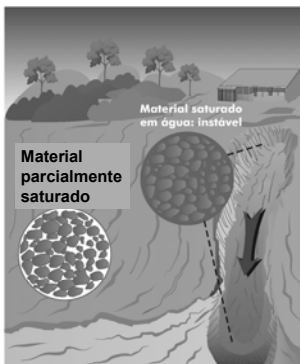


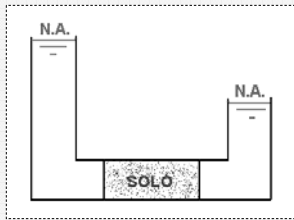
Fig. 7.11 A saturação em água do material inconsolidado devido à subida do nível freático em períodos de chuvas intensas promove escorregamentos de encostas.

A coesão aparente é frequentemente referida às areias, pois podem se saturar ou secar com facilidade.

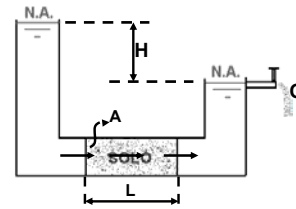
Entretando, é nas argilas que ela atinge valores maiores e é mais importante.

Permeabilidade

Velocidade de Percolação da Água



Lei de Darcy $\Rightarrow Q = k \cdot i \cdot A$



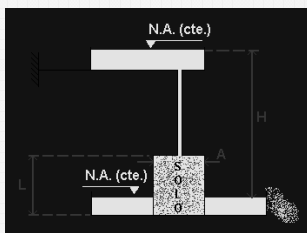
Q = vazão que passa através da área "A"

A = área normal a direção do fluxo

i = gradiente hidráulico médio " H/L "

k = coeficiente de permeabilidade

Ensaio de Laboratório
Permeômetro Carga Constante



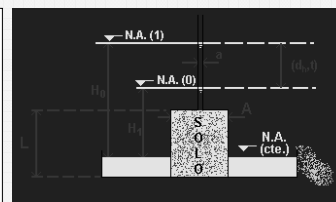
$$k = \frac{V \times L}{t \times H \times A}$$

V = volume de água percolado num certo tempo t

A = área da seção transversal

Fácil Realização
Solos Granulares

Ensaio de Laboratório
Permeômetro Carga Variável



$$k = 2,3 \times \frac{L \times a}{A \times t} \times \log \frac{H_0}{H_1}$$

Tempo (t) necessário para o nível de água ir no tubo de área (a), de H_0 até H_1

Operador mais experiente
Solos Finos

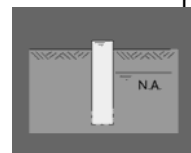
Ensaio de Campo

Ensaio de Cava

Ensaio dentro do furo da sondagem de simples reconhecimento

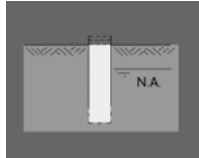
Ensaio de Infiltração

- Ensaio de Infiltração a nível constante
é realizado sustentando-se a carga constante e medindo-se a vazão necessária para mantê-la.



Ensaio de Recuperação

- Bombeia-se a água até que seu nível esteja rebaixado do nível freático ou piezométrico e mede-se, em seguida, a velocidade de recuperação.



Métodos Indiretos

$$k = 100.D_{10}^2$$

$$k = f(e)$$

Tabela 7.2 Volume de poros e tamanho de partículas em sedimentos. Notar a diminuição da permeabilidade com o aumento da porosidade e redução do tamanho da partícula.

Material	Tamanho das partículas, mm	Porosidade %	Permeabilidade
Cascalho	7 a 20	35,2	Muito alta
Areia grossa	1 a 2	37,4	Alta
Areia fina	0,3	42	Alta a média
Siltes e argila	0,04 a 0,006	50 a 80	Baixa a muito baixa

Alguns valores típicos de coeficiente de permeabilidade

Tipo de solo	K (m/s)
Argilas	$< 10^{-9}$
Siltes	10^{-6} a 10^{-9}
Areias argilosas	10^{-7}
Areias finas	10^{-5}
Areias médias	10^{-4}
Areias grossas	10^{-3}

Copiem e dissertem sobre o assunto

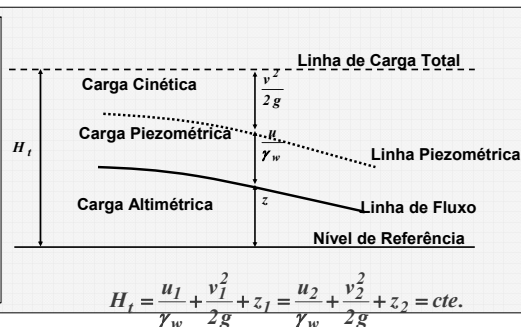
Carga Hidráulica

No estudo de fluxos de água, é conveniente expressar as componentes de energia pelas correspondentes cargas em termos de altura de coluna d'água.

Bernoulli

A carga total ao longo de qualquer linha de fluxo de fluido incompressível mantém-se constante.

Lei de Bernoulli : carga total num ponto é dada por:



$$H_t = \frac{u_1}{\gamma_w} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{u_2}{\gamma_w} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 = cte.$$

Carga cinética = velocidades muito baixas – desprezível

Carga altimétrica = diferença de cota entre o ponto considerado e qualquer cota definida como referência

Carga piezométrica = pressão neutra no ponto, expressa em altura de coluna d'água. É a altura à qual a água se eleva em um tubo, em relação ao ponto do solo em que foi colocado.

Deformações

• Deformações que ocorrem rapidamente após a construção
⇒ Solos Não Saturados

• Deformações que se desenvolvem lentamente após a aplicação das cargas
⇒ Solos Saturados

Ensaio

• Compressão Axial ⇒ Compressão Triaxial

• Compressão Oedométrica

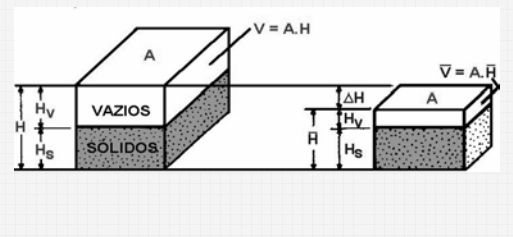
Teoria do Adensamento

Adensamento do solo é a diminuição do índice de vazios com o tempo, devido à saída de água do seu interior.

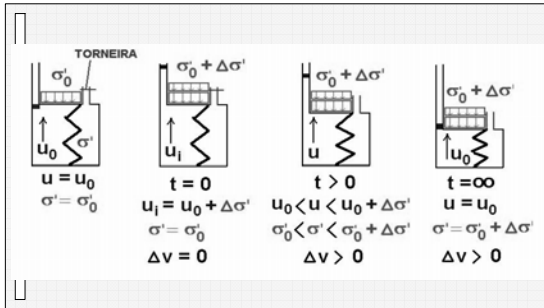
- acréscimo de solicitação sobre o solo (edificação de uma estrutura, construção de aterro);
- rebaixamento do nível d'água do lençol freático;
- drenagem do solo etc

No material estrutural, as deformações conduzem geralmente à mudança de forma, sem variação de volume

- No solo, as deformações conduzem à mudanças tanto na forma como no volume



ANALOGIA DO SISTEMA ÁGUA-MOLA DE TERZAGUI

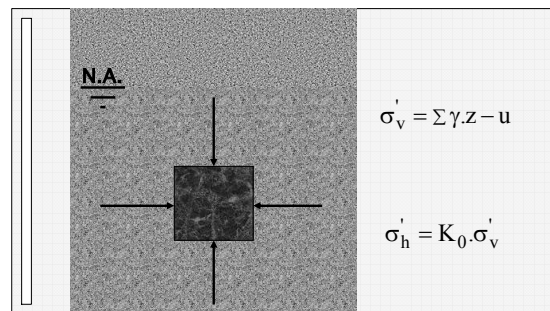


Teoria de Adensamento de Terzaghi

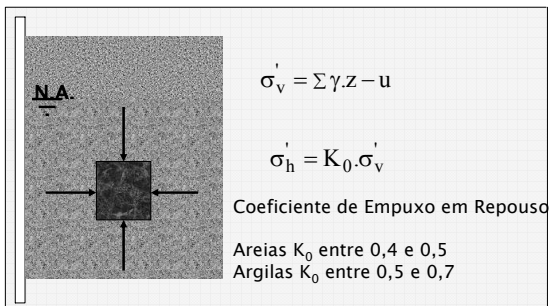
- Solo homogêneo e completamente saturado;
- partículas sólidas e água intersticial incompressíveis;
- adensamento unidirecional;
- escoamento da água e validade da Lei de Darcy;
- determinadas características assumidas como constante;
- extensão a toda massa de solo das teorias que se aplicam aos elementos infinitesimais;
- relação linear entre a variação do índice de vazios e a das tensões aplicadas

Estado de Tensões e Critérios de Ruptura

A tensão normal no plano vertical depende da constituição do solo e do histórico de tensões a que ele está submetido.

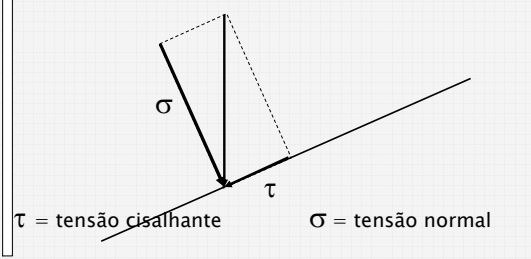


A tensão normal no plano vertical depende da constituição do solo e do histórico de tensões a que ele está submetido.

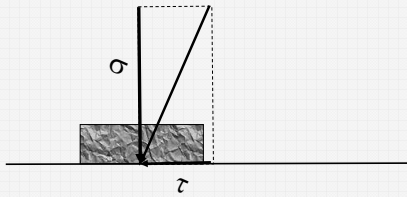


Tensões num plano genérico

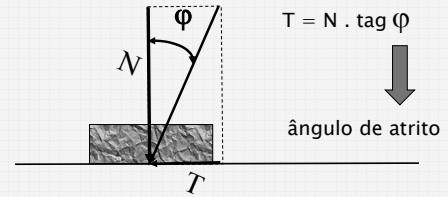
Decomposição da tensão num plano genérico



Resistência dos Solos



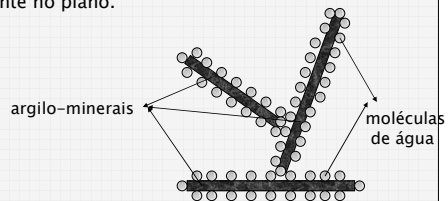
Resistência dos Solos



Resistência dos Solos

Coesão

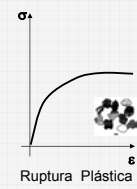
A atração química entre as partículas pode provocar uma resistência independente da tensão normal atuante no plano.



Tipos de Ruptura em Solos

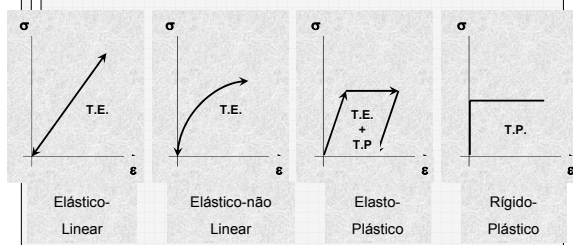


Areias compactas
Argilas rijas



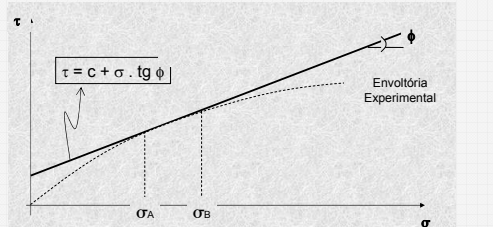
Areias fofas
Argilas moles

Tipos de Curva Tensão - Deformação



Representação Gráfica da Resistência ao Cisalhamento dos Solos

Crítério de resistência de MOHR - COULOMB



Bibliografia recomendada para essa aula

■ Decifrando a Terra

- Organizadores: Wilson Teixeira et al.
- Oficina de Textos (2000)

■ Curso Básico de Mecânica dos Solos

- Carlos Souza Pinto
- Oficina de Textos (2000)