



ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
PEF-3309 – Mecânica dos Solo Ambiental

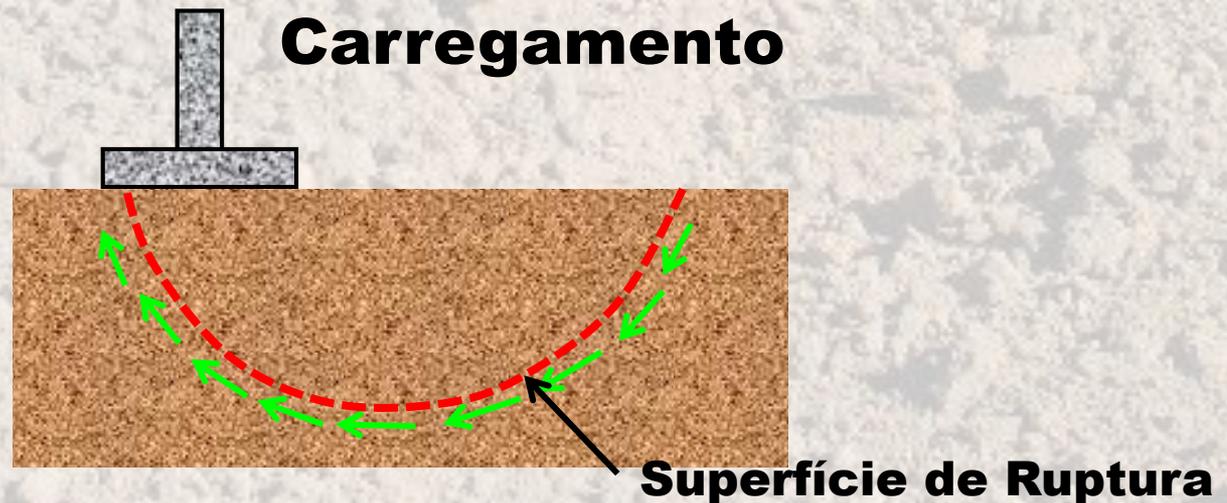
Aula 12

Critérios de Ruptura e Ensaaios de Laboratório

Resistência dos Solos



“A resistência de um solo é a sua resistência ao cisalhamento”



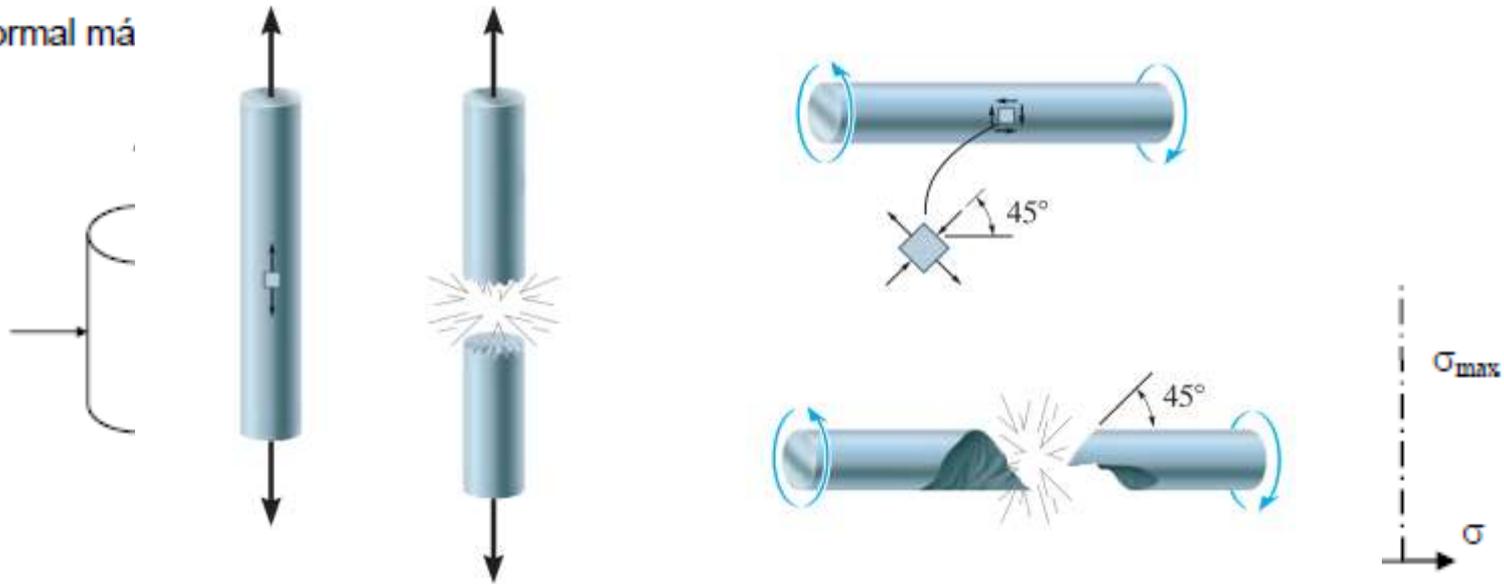
Critérios de Ruptura

Critério que define uma envoltória de ruptura (ou de resistência) que é o lugar geométrico dos estados de tensão na ruptura

Critérios de Ruptura - Rankine

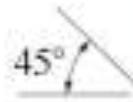
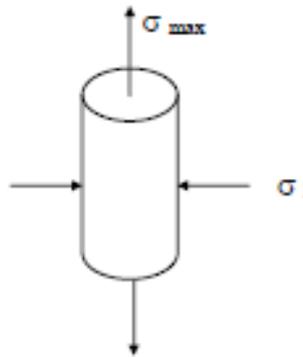
Critério de Rankine - a ruptura ocorre quando a tensão de tração se iguala à tensão

normal má



Critérios de Ruptura - Tresca

Critério de τ_r
de cisalhamento máxi



Planos de falha
OU
"Linhas de Lüder"

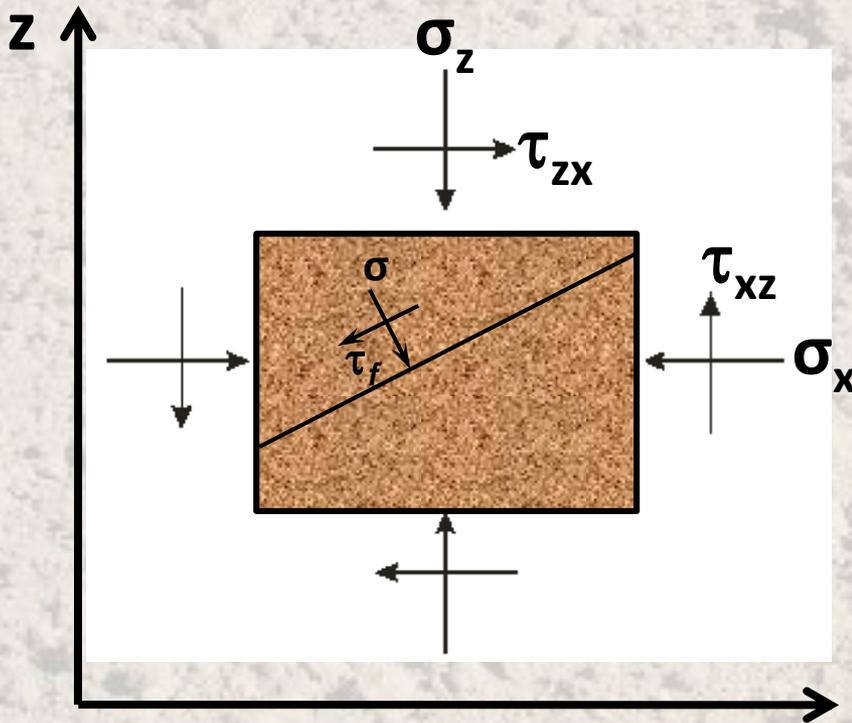
o se iguala à tensão

----- τ_{max}



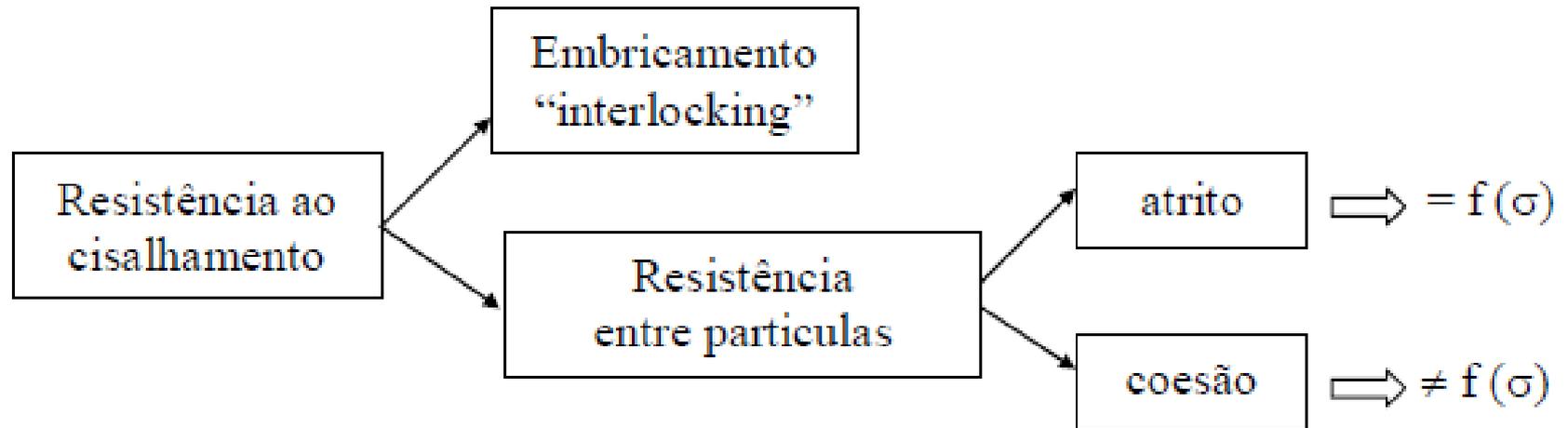
Resistência dos Solos

$$\tau_f = f(\sigma)$$

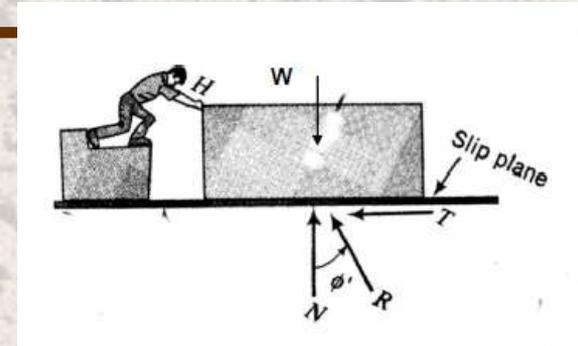
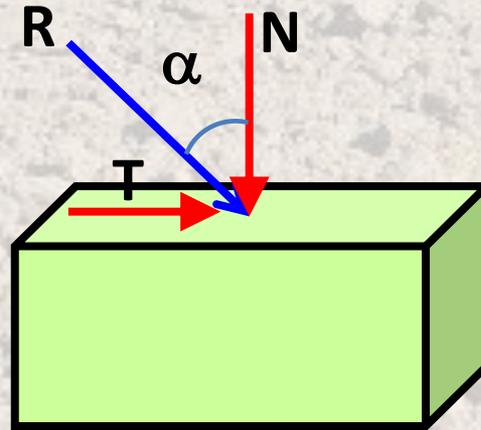


**Infinitas combinações críticas
entre Tensão Normal e Tensão
de Cisalhamento**

Resistência dos Solos - Resumo



Resistência dos Solos - Atrito



$$T_{\max} = F_{\max}$$

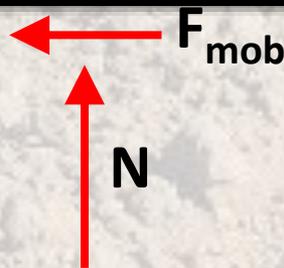
$$F_{\max} = T_{\max} = \mu N$$

$$T_{\max}/A = \mu N/A$$

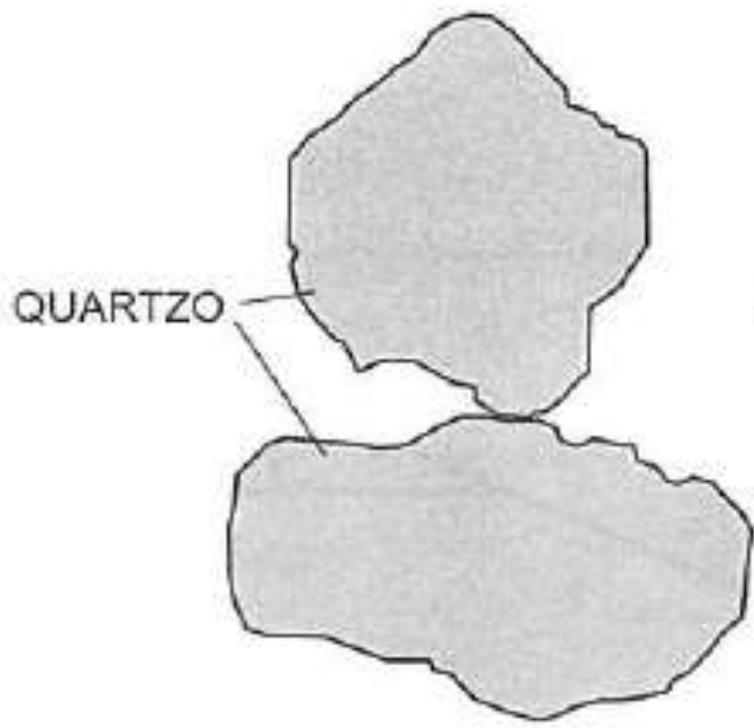
$$\tau_{\max} = \tau_{\text{disp}} = \mu \sigma$$

$$\mu = \tan \alpha = \tan \phi$$

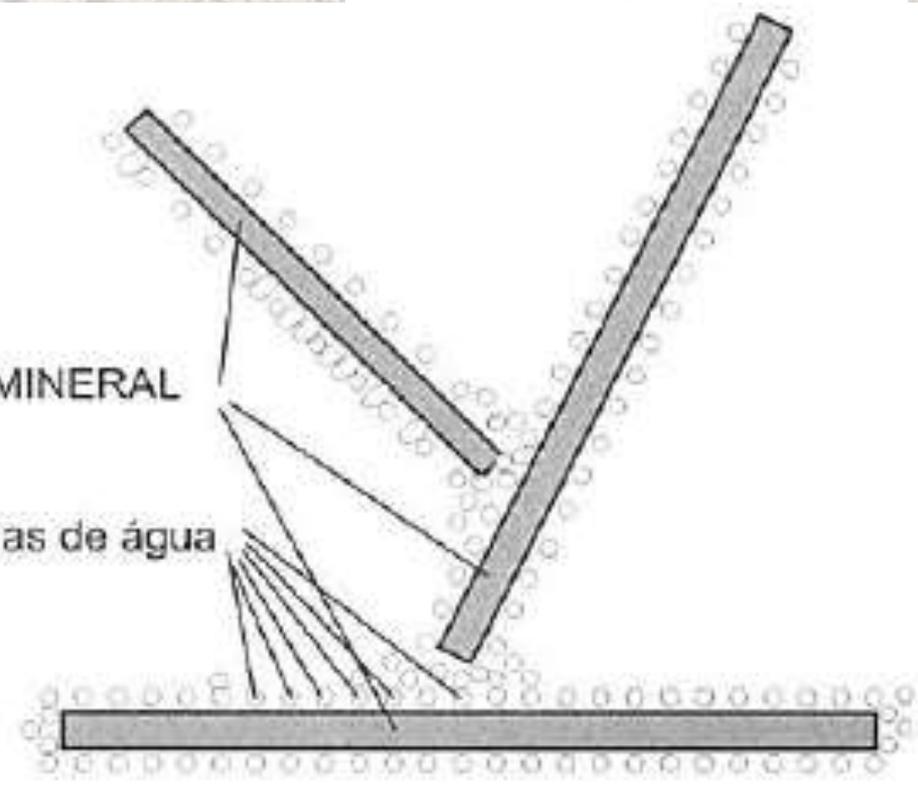
$$\tau_{\text{disp}} = \sigma \tan \phi$$



Resistência dos Solos - Atrito

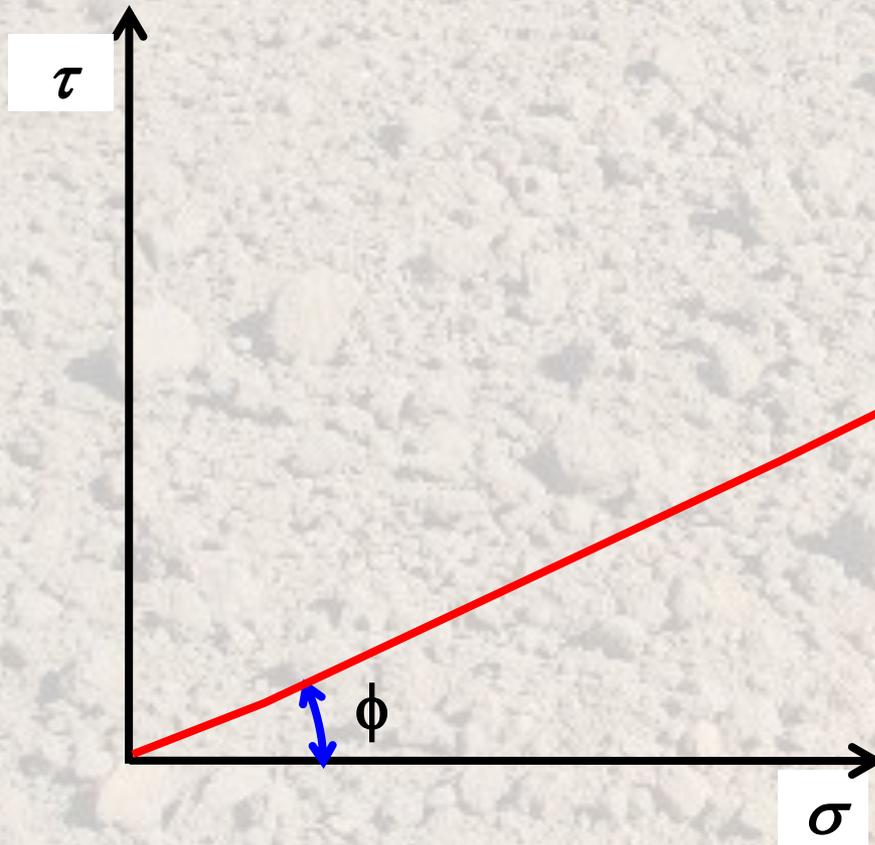


Escala ← 1 mm →



Escala ← 0,0001 mm →

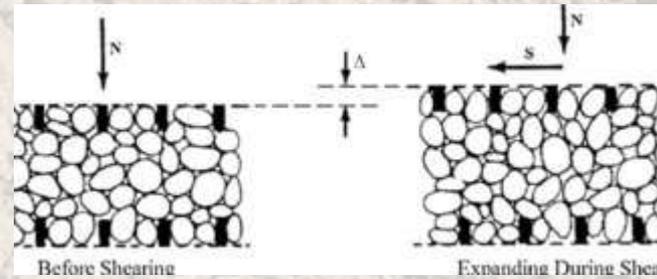
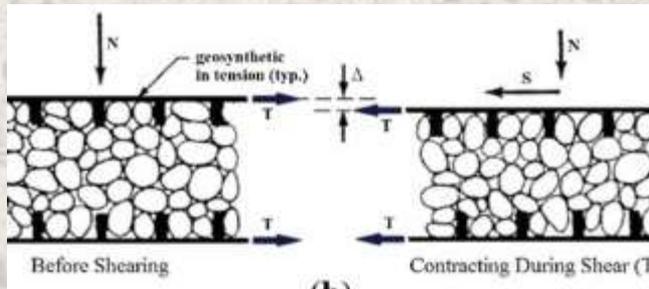
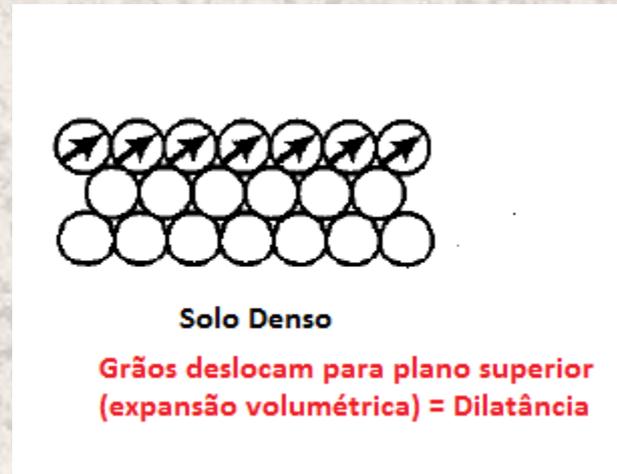
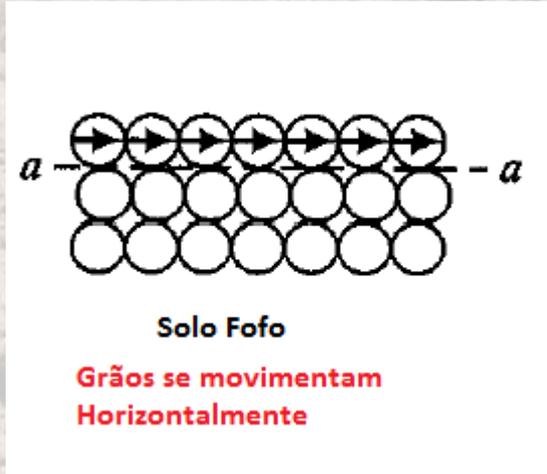
Resistência dos Solos - Atrito



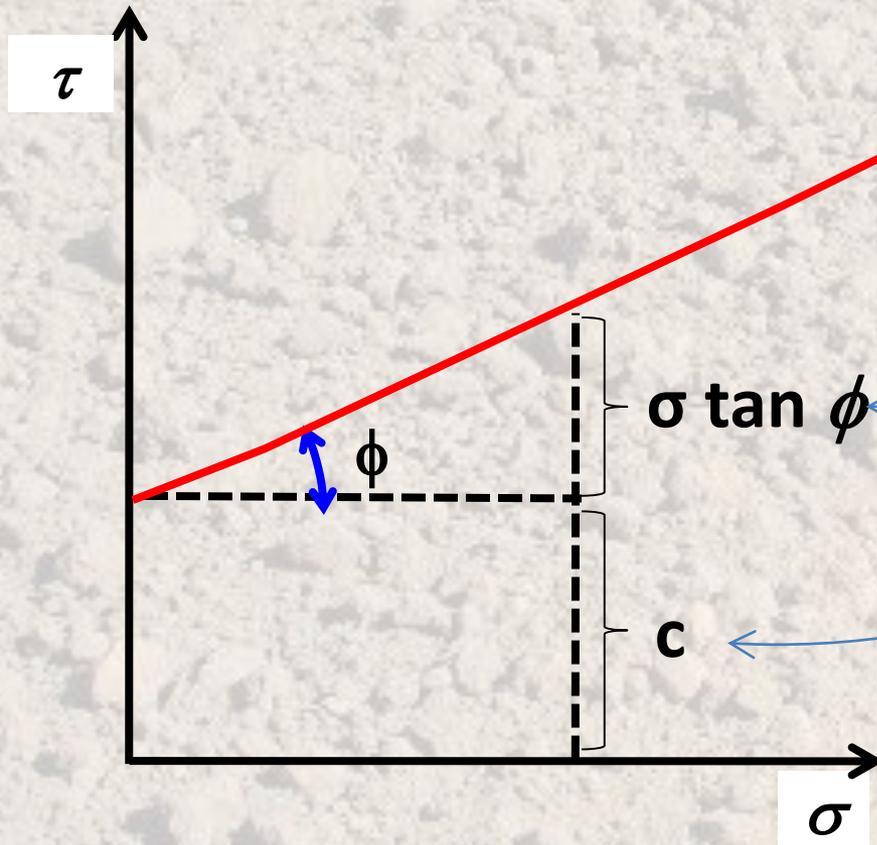
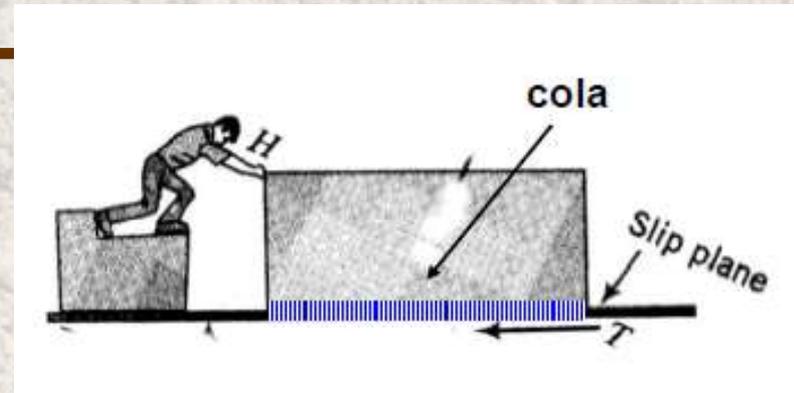
**Critério de Ruptura de
Mohr-Coulomb**

$$\tau_f = \sigma \tan \phi$$

Resistência dos Solos - Atrito / Embricamento / Dilatância



Resistência dos Solos



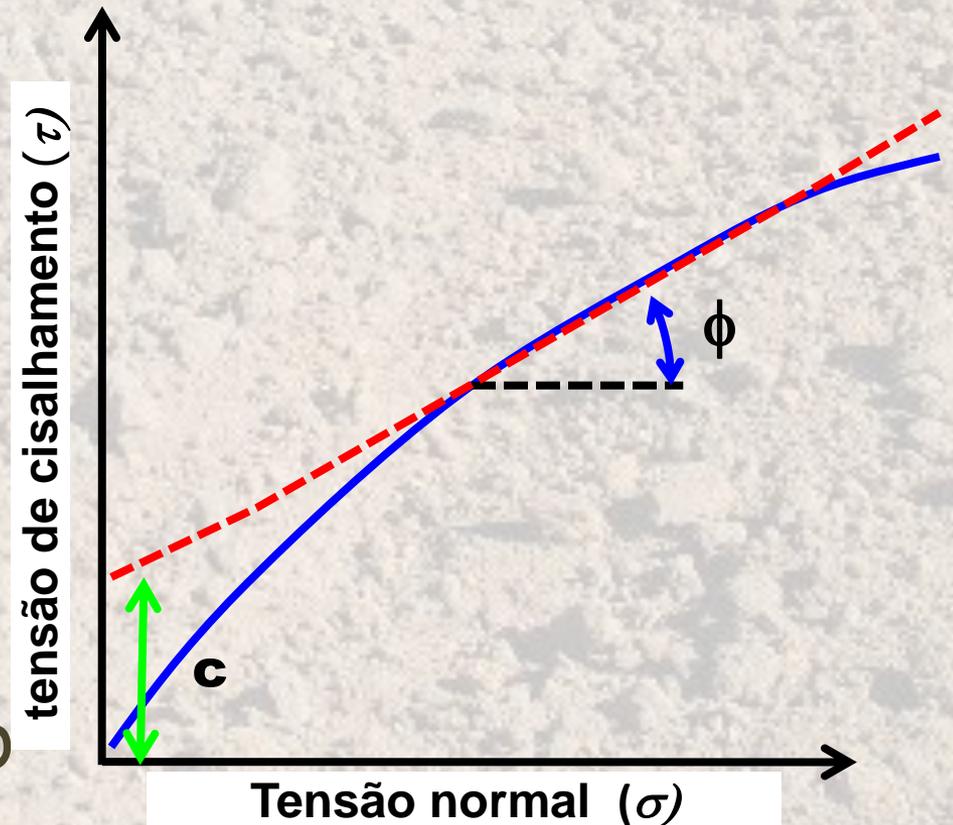
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

resistência por atrito

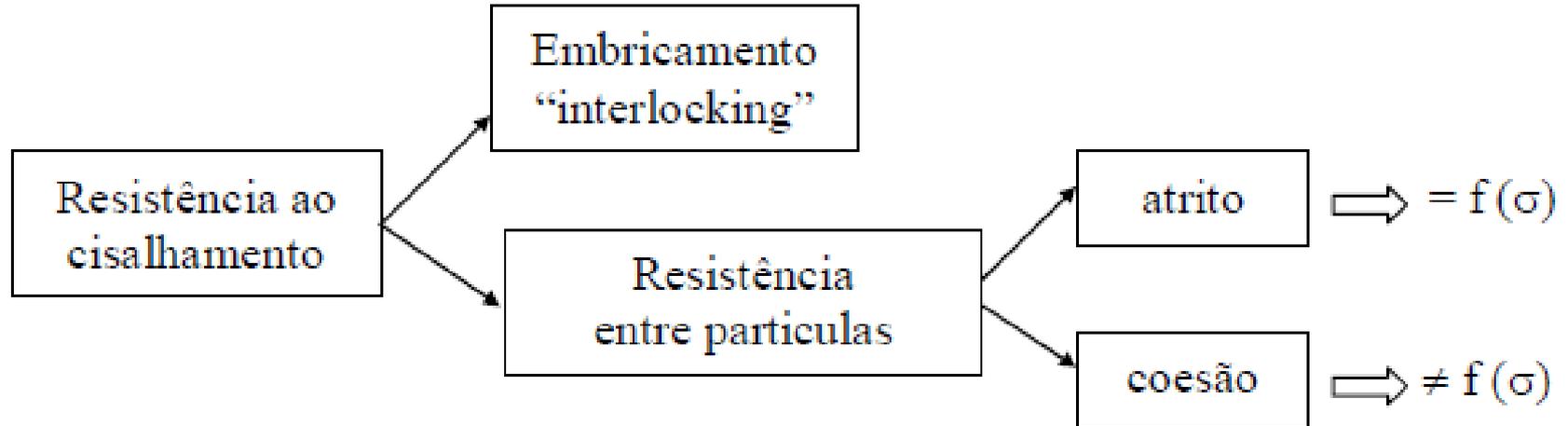
resistência por coesão

Resistência dos Solos - Coesão

- Coesão Real
 - Atração química
 - Cimentação
- Coesão aparente
 - Sucção
- Intercepto de coesão



Resistência dos Solos - Resumo



Resistência dos Solos

c ϕ



- faixa de carregamento aplicada ao solo
- tipo de ensaio efetuado
- histórico de tensões
- etc.



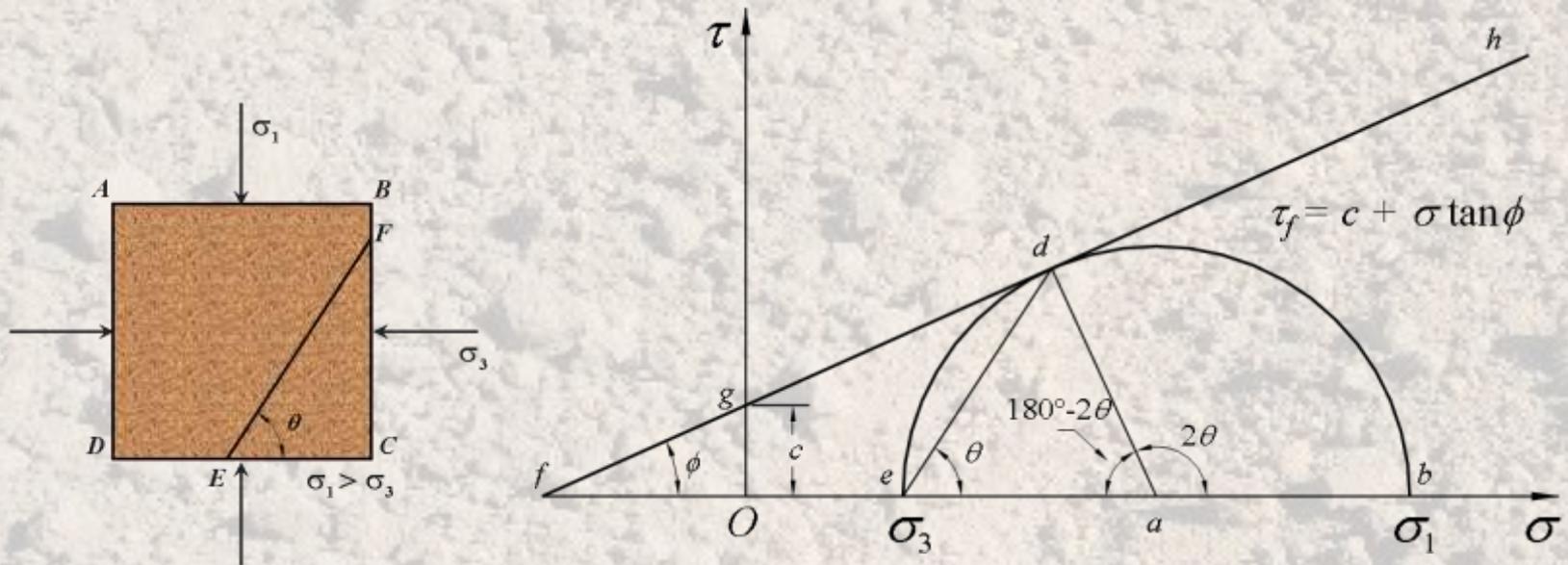
c e ϕ não são parâmetros intrínsecos do solo



Obtidos para atender as condições particulares do problema

Direção do Plano de Ruptura

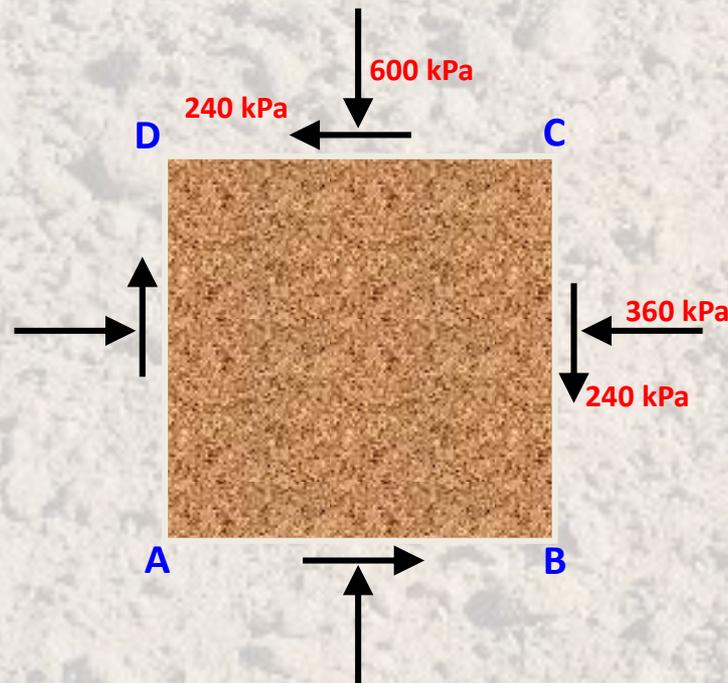
- O plano de ruptura faz um ângulo θ com plano principal menor.



$$2\theta = 90 + \phi \quad \Rightarrow \quad \theta = 45 + \frac{\phi}{2}$$

EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO

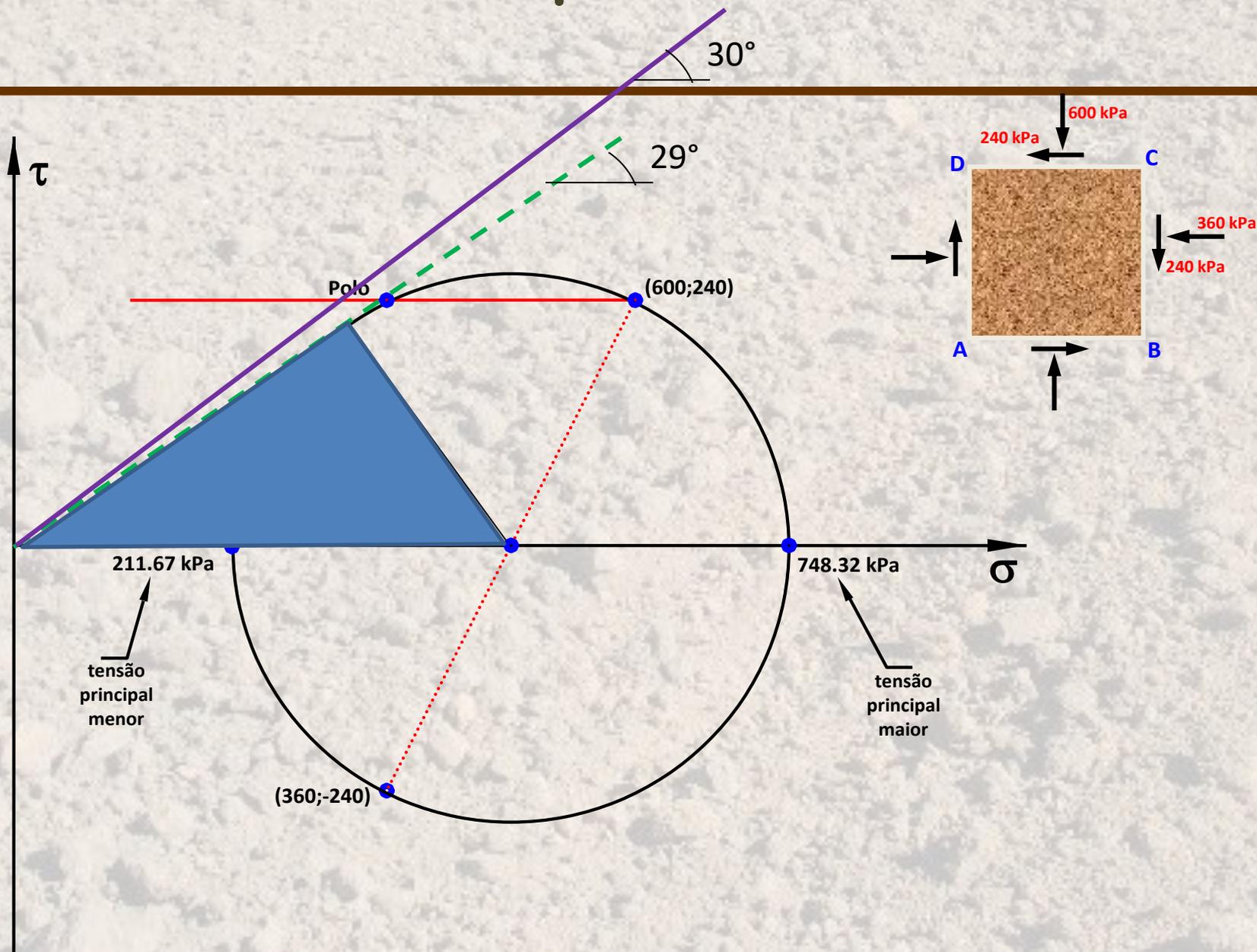
- O estado de tensões abaixo.
 - Se o material é uma areia fofa ($\phi' = 28^\circ$) essa sollicitação o levará a ruptura?
 - Se não, qual o ângulo de máxima obliquidade e o FS?



$$FS = \frac{\tan 30^\circ}{\tan 29^\circ}$$

$$FS = 1,04$$

Exemplo 1

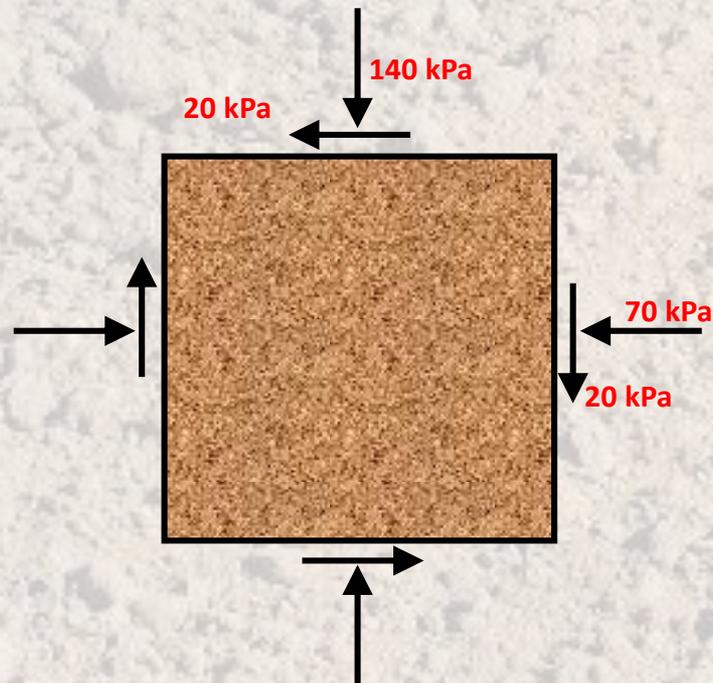


EXERCÍCIO CASA

▪ O estado de tensões em um ponto é caracterizado por $\sigma_v = 140$ kPa; $\tau_v = 20$ kPa e $\sigma_h = 70$ kPa

▪ Qual é a orientação dos planos principais e quais são as tensões que neles atuam?

▪ Se o material é uma areia compacta ($\phi' = 38^\circ$) essa sollicitação o levará a ruptura? Qual o FS?



ENSAIOS PARA A DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE SOLOS

- **Ensaio de cisalhamento direto**
- **Ensaio de compressão triaxial**
- **Ensaio de compressão simples**
- **LER CAP. 12.5 – LIVRO PROF. CARLOS PINTO**