



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

## TENSÕES E CÍRCULOS DE MOHR ESTADO PLANO DE TENSÕES PARTE 2

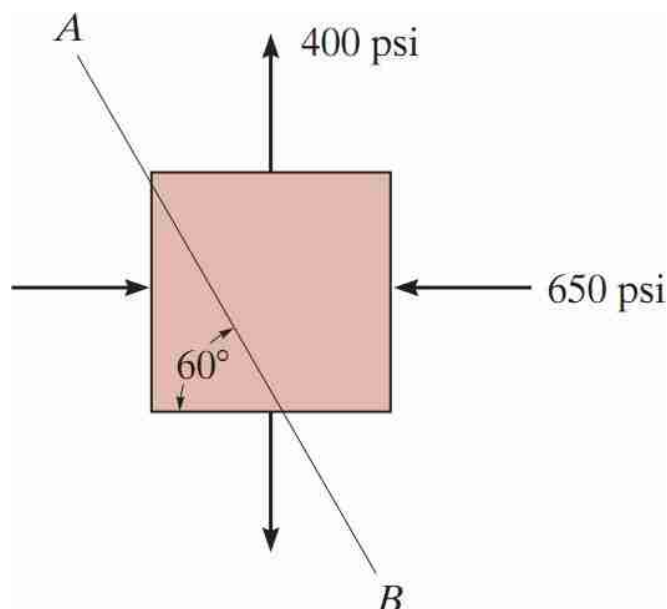
PMI3305 - Mecânica das Rochas Aplicada à Mineração I  
Prof. Eduardo César Sansone

### ESTADO PLANO DE TENSÕES - EXERCÍCIOS



#### Exercício 1:

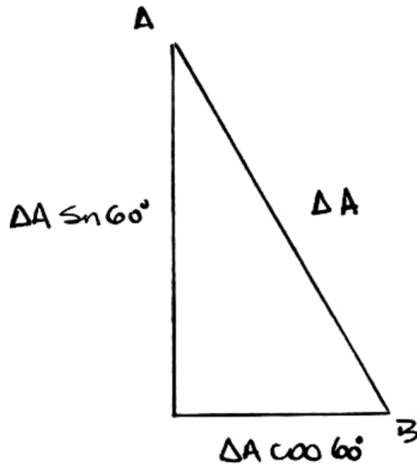
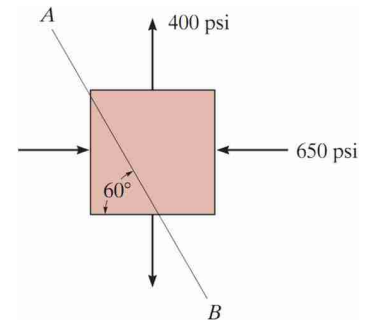
O estado de tensões atuante sobre um ponto no interior de um maciço rochoso é mostrado na figura. Determine as componentes de tensão normal e de cisalhamento que atuam no plano inclinado AB utilizando o método do balanço de forças.



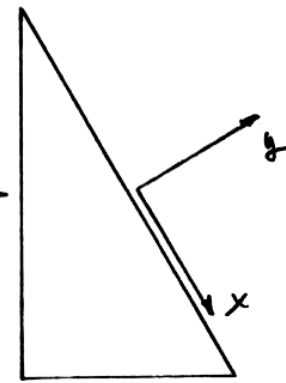


COND. ÇÃO DE EQUILÍBRIO :  $\Sigma F = 0$

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \approx \frac{\Delta F}{\Delta A} \rightarrow \Delta F = \sigma \Delta A$$

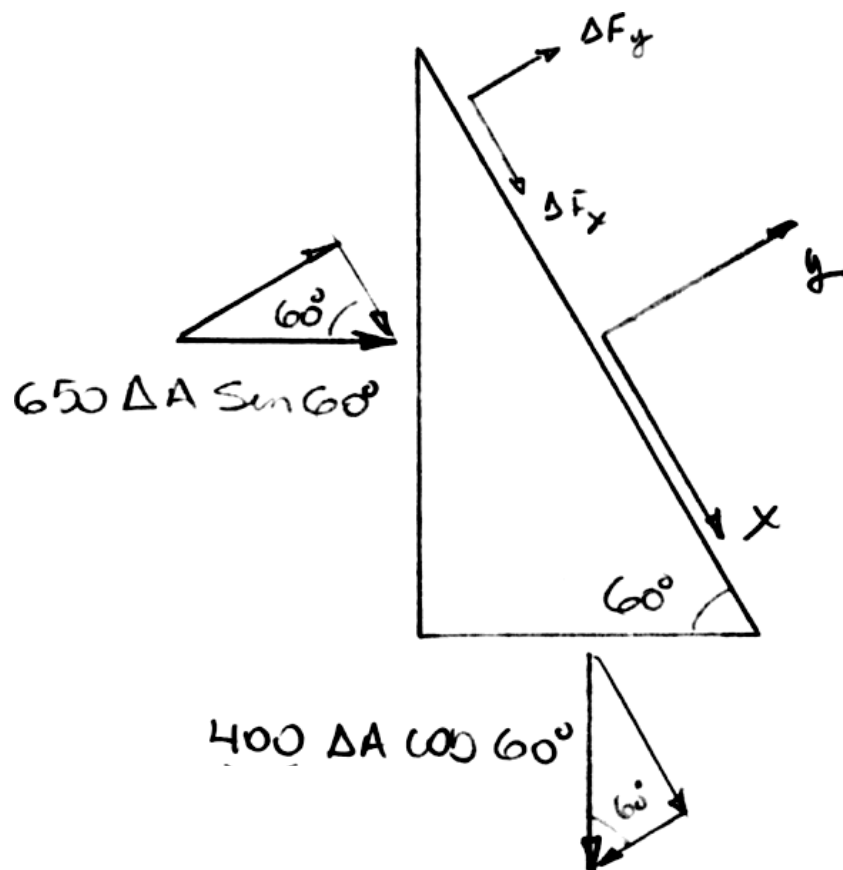


$$650 \Delta A \sin 60^\circ$$



$$400 \Delta A \cos 60^\circ$$

3



4

## ESTADO PLANO DE TENSÕES - EXERCÍCIOS

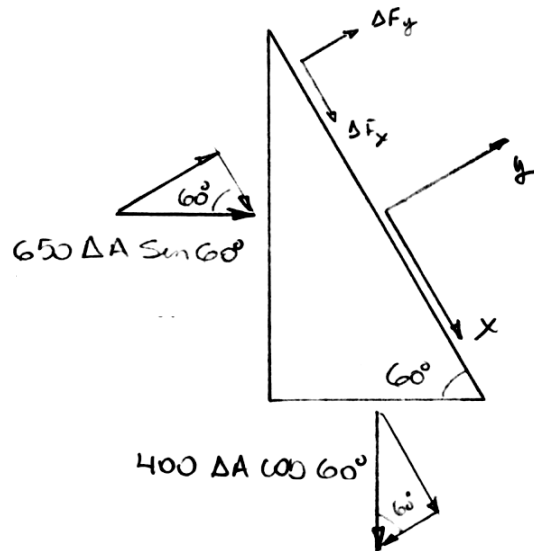


$$\sum F_x = 0 \rightarrow \Delta F_x + 650 \Delta A \sin 60^\circ \cos 60^\circ + 400 \Delta A \cos 60^\circ \sin 60^\circ = 0$$

$$\Delta \bar{F}_x + 281,5 \Delta A + 173,2 \Delta A = 0$$

$$\Delta \bar{F}_x = -454,7 \Delta A$$

$$\sigma_x = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} = -454,7 \text{ ps}$$



5

## ESTADO PLANO DE TENSÕES - EXERCÍCIOS

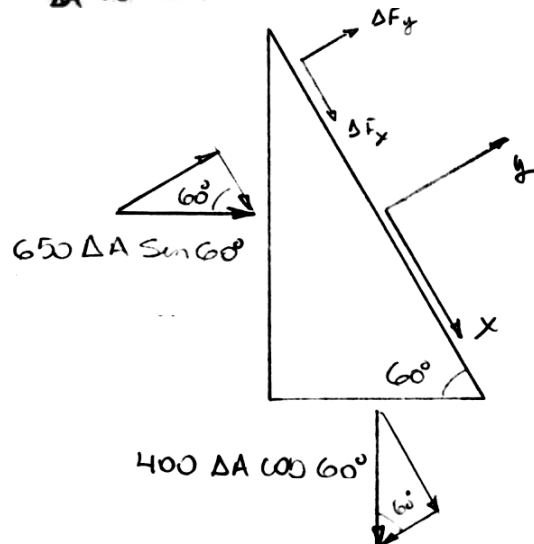


$$\sum F_y = 0 \rightarrow \Delta \bar{F}_y + 650 \Delta A \sin 60^\circ \sin 60^\circ - 400 \Delta A \cos 60^\circ \cos 60^\circ = 0$$

$$\Delta \bar{F}_y + 487,5 \Delta A - 100 \Delta A = 0$$

$$\Delta \bar{F}_y = -387,5 \Delta A$$

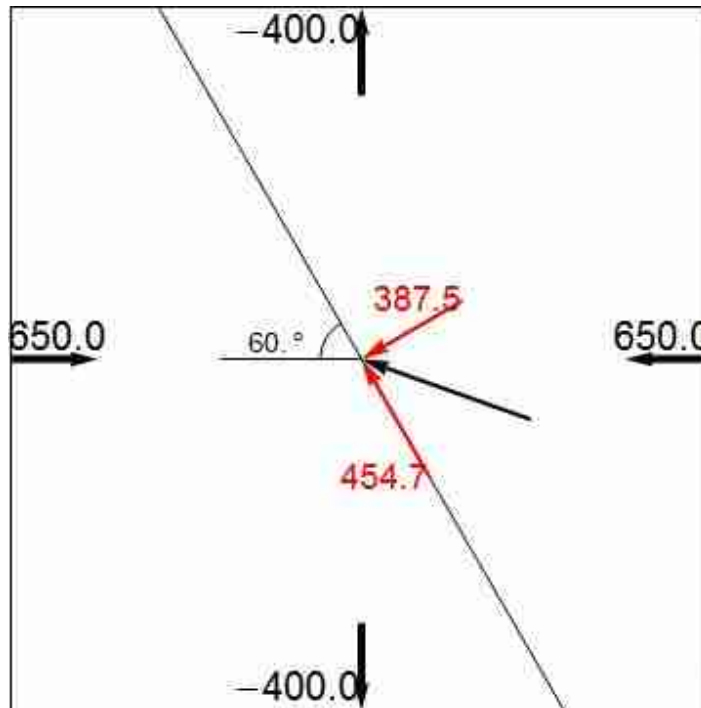
$$\sigma_y = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} = -387,5 \text{ ps}$$



6



$\sigma_1 = 650 \text{ psi}$   
 $\sigma_2 = -400 \text{ psi}$



Círculos de Mohr e tensões atuantes



DIAGRAMA DE MOHR PARA TENSÕES



O diagrama de Mohr foi introduzido em 1882 pelo engenheiro civil alemão Otto Christian Mohr, professor da Stuttgart Polytechnikum e da Dresden Polytechnikum.

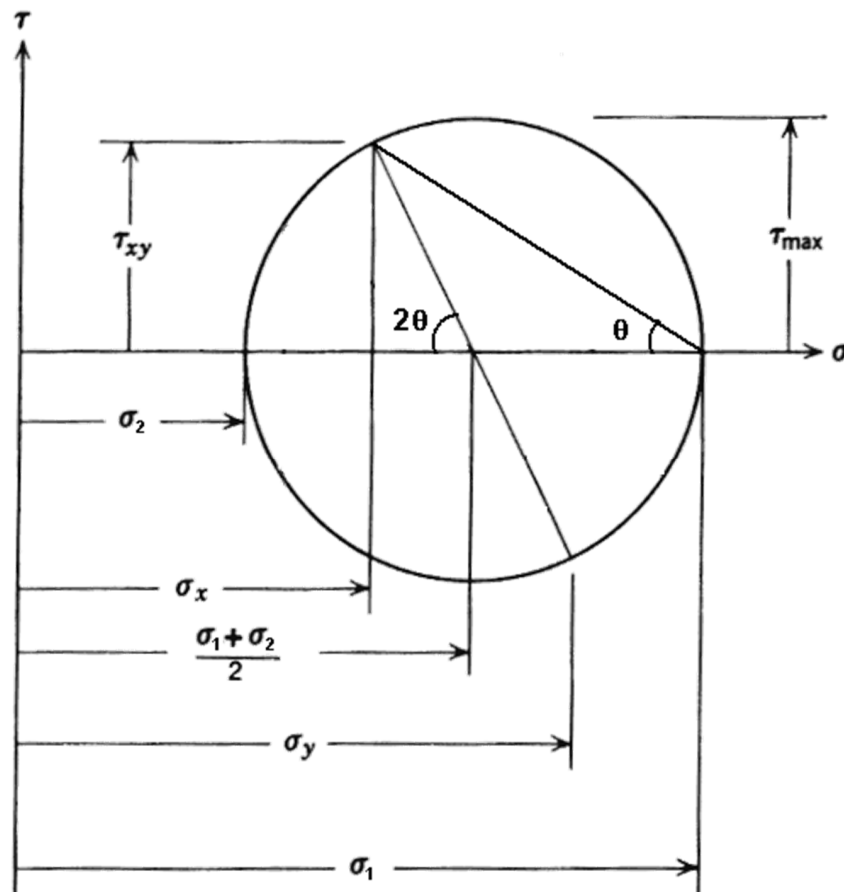
**Importância do diagrama de Mohr:**

- Permite a representação gráfica e a visualização do estado tensões atuante em um determinado ponto de um corpo.
- Conhecidos os valores das tensões principais maior e menor atuantes é possível a determinação da tensão normal e de cisalhamento atuante em planos a qualquer inclinação e vice-versa.
- Permite a representação de critérios de ruptura para o material em estudo.



Photo Deutsches Museum München

Otto Christian Mohr



**Exercício 1:**

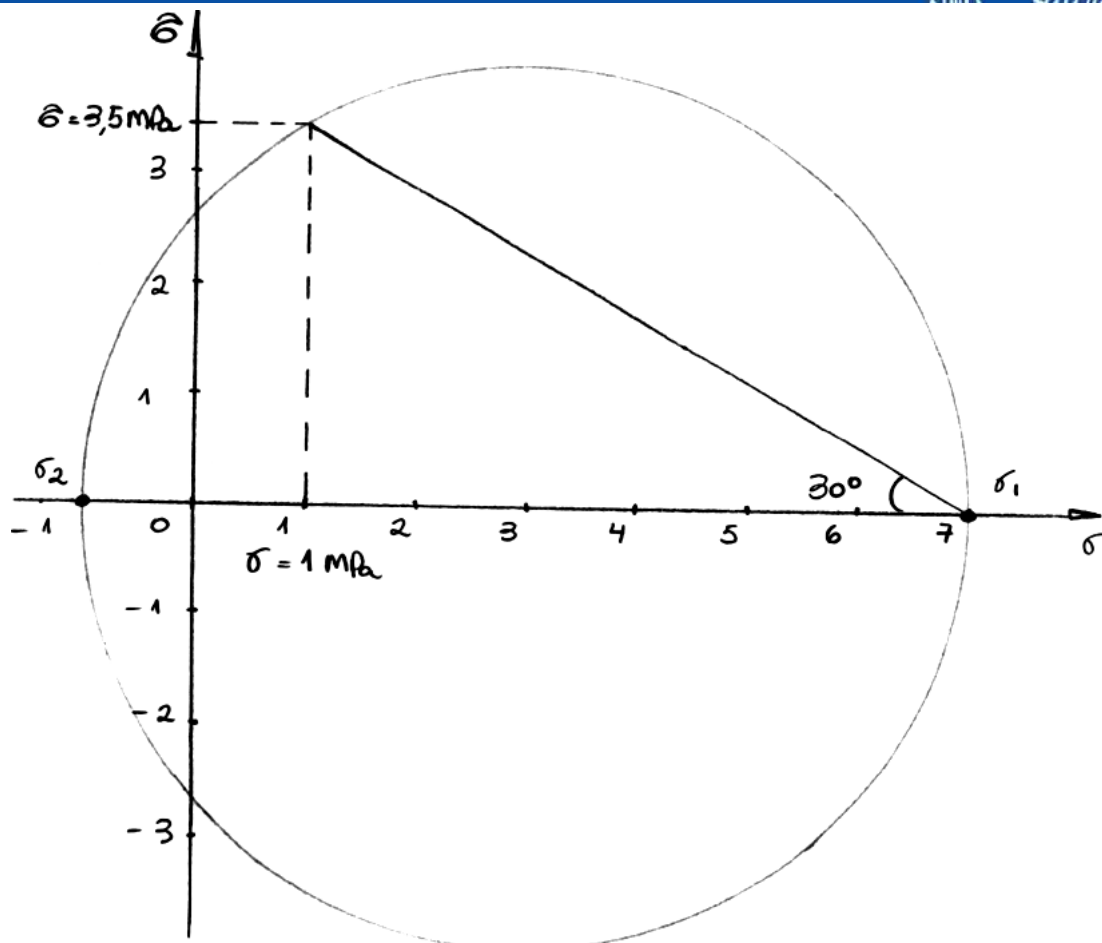
Um ponto no interior de um maciço rochoso está submetido a esforços caracterizados pelas seguintes tensões principais:

$$\sigma_1 = 7 \text{ MPa (compressão)}$$

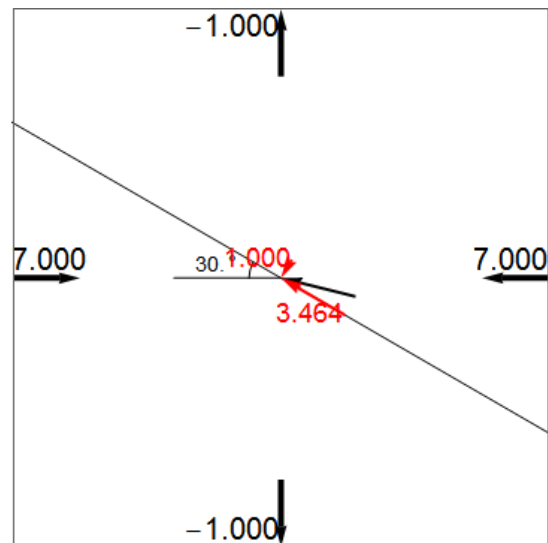
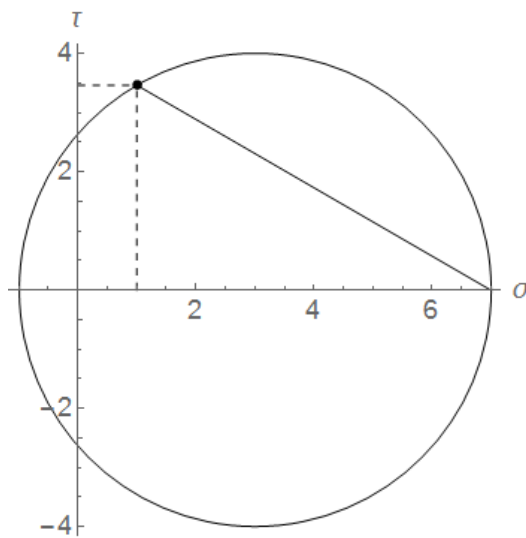
$$\sigma_2 = -1 \text{ MPa (tração)}$$

Desenhe o diagrama de Mohr e determine as componentes de tensão normal ( $\sigma$ ) e de cisalhamento ( $\tau$ ) que atuam em um plano que faz  $30^\circ$  com a direção da tensão principal maior com a utilização de régua e compasso.

11



12



**OBRIGADO!**

**Contato:**  
**Prof. Eduardo César Sansone**  
**[esansone@usp.br](mailto:esansone@usp.br)**