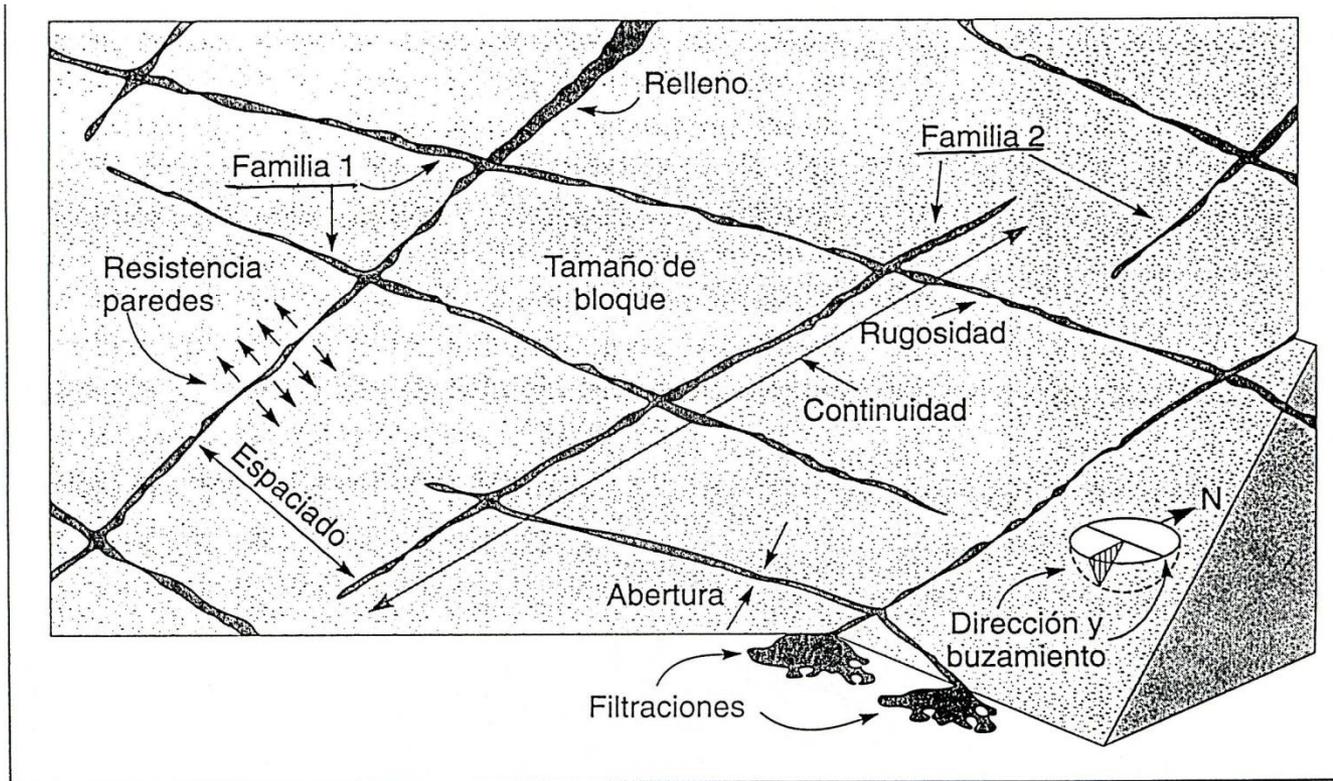

ENSAIOS EM MACIÇO ROCHOSO

Ensaaios em maciço rochoso

- Rocha \neq maciço rochoso
 - Características que é necessário estudar para grandes obras em maciço rochoso:
 - Deformabilidade
 - Resistência
 - Permeabilidade
 - Estado de tensão *in situ* (com interesse em obras executadas a grande profundidade)
-

Ensaaios em maciço rochoso



Ensaaios em maciço rochoso

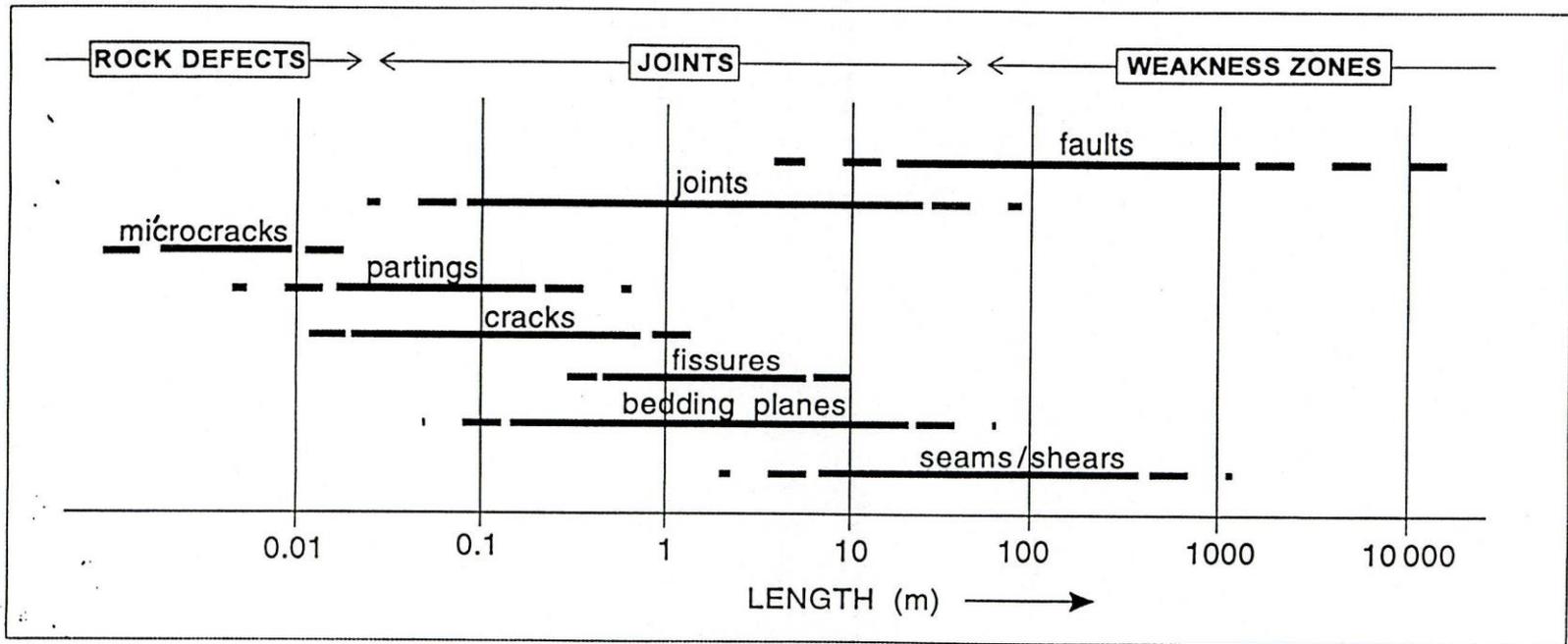


Figure 3.1 The main types of discontinuities according to size. The size range (length) used for joints is indicated (revised from Palmström, 1995).

Permeabilidade

Ensaaios em maciço rochoso

- Ensaaios de permeabilidade tipo Lugeon
 - Patamares de pressão em intervalos de tempo definidos
 - Objectivos:
 - Determinar o valor (aproximado) da permeabilidade de maciços rochosos
 - Avaliar o grau de fracturação das rochas (também estudado nas carotes de sondagem)
 - Determinar a necessidade de impermeabilização dos maciços e quantidade de calda de cimento a injectar
-

Ensaio em maciço rochoso

- Procedimento:
 - Injecção de água sob pressão num troço do furo e determinação da absorção de água. Pode usar-se um só obturador ou dois obturadores
 - Utilizar vários patamares de pressão, durante 10 minutos cada, aumentando a pressão de injecção até 10 kg/cm^2
 - Redução de pressão pelos mesmos patamares, com determinação da absorção em cada patamar
 - O maciço deve estar saturado, até atingir estabilização

Ensaaios em maciço rochoso

- Propostas de alteração:
 - Pressão máxima não deve ultrapassar o peso próprio do maciço no local do ensaio
 - Cálculo da absorção em litros por minuto e por metro de furo, extrapolada para pressão de 1MPa (expresso em unidades Lugeon)
 - Não existe uma correspondência recíproca entre a fracturação e a permeabilidade/regime de escoamento
-

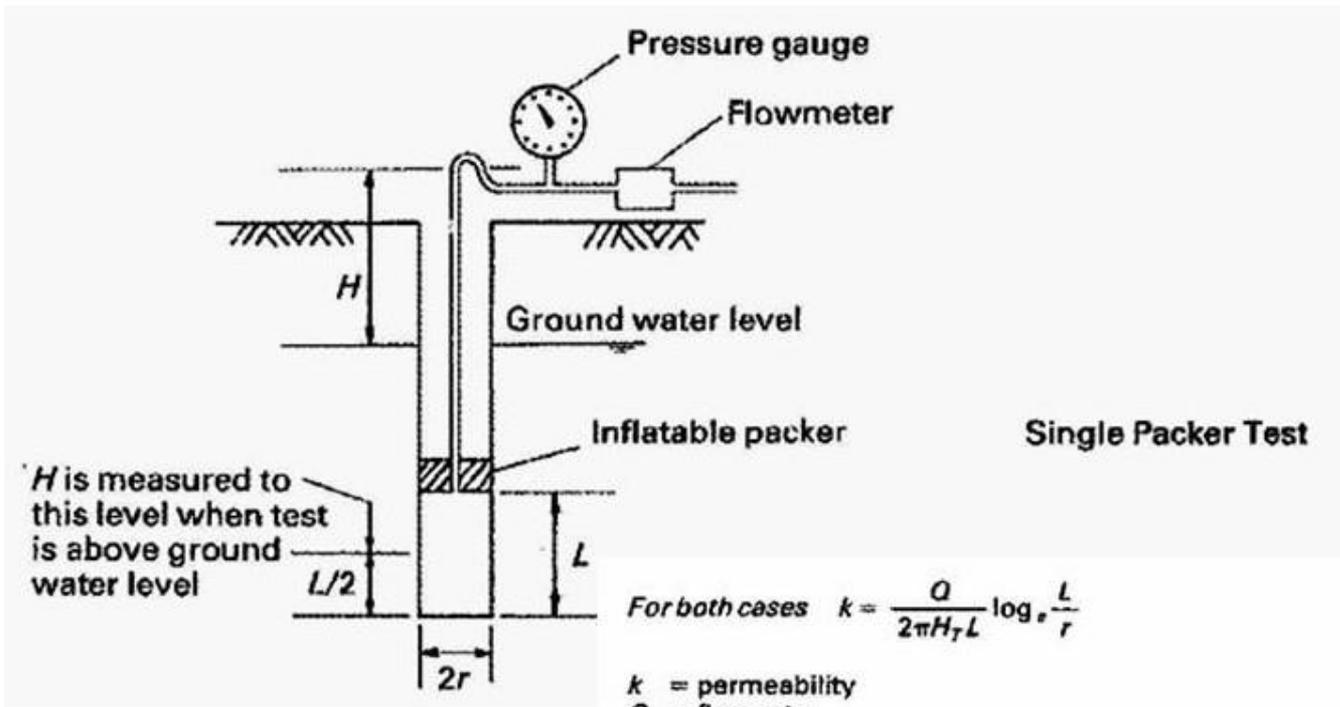
Ensaaios em maciço rochoso

- Patamares de pressão alternativos:
 - $P1=0,09 \times \text{profundidade}$
 - $P2=0,16 \times \text{profundidade}$
 - $P3=0,23 \times \text{profundidade}$

- Atendendo à profundidade:
 - Até 25 m – 0,5 MPa
 - 25 a 50 m – 1,0 MPa
 - 50 a 75 m – 1,5 MPa
 - Abaixo de 75 m – 2,0 MPa

Ensaio em maciço rochoso

Obturador simples – execução do ensaio à medida que avança a sondagem

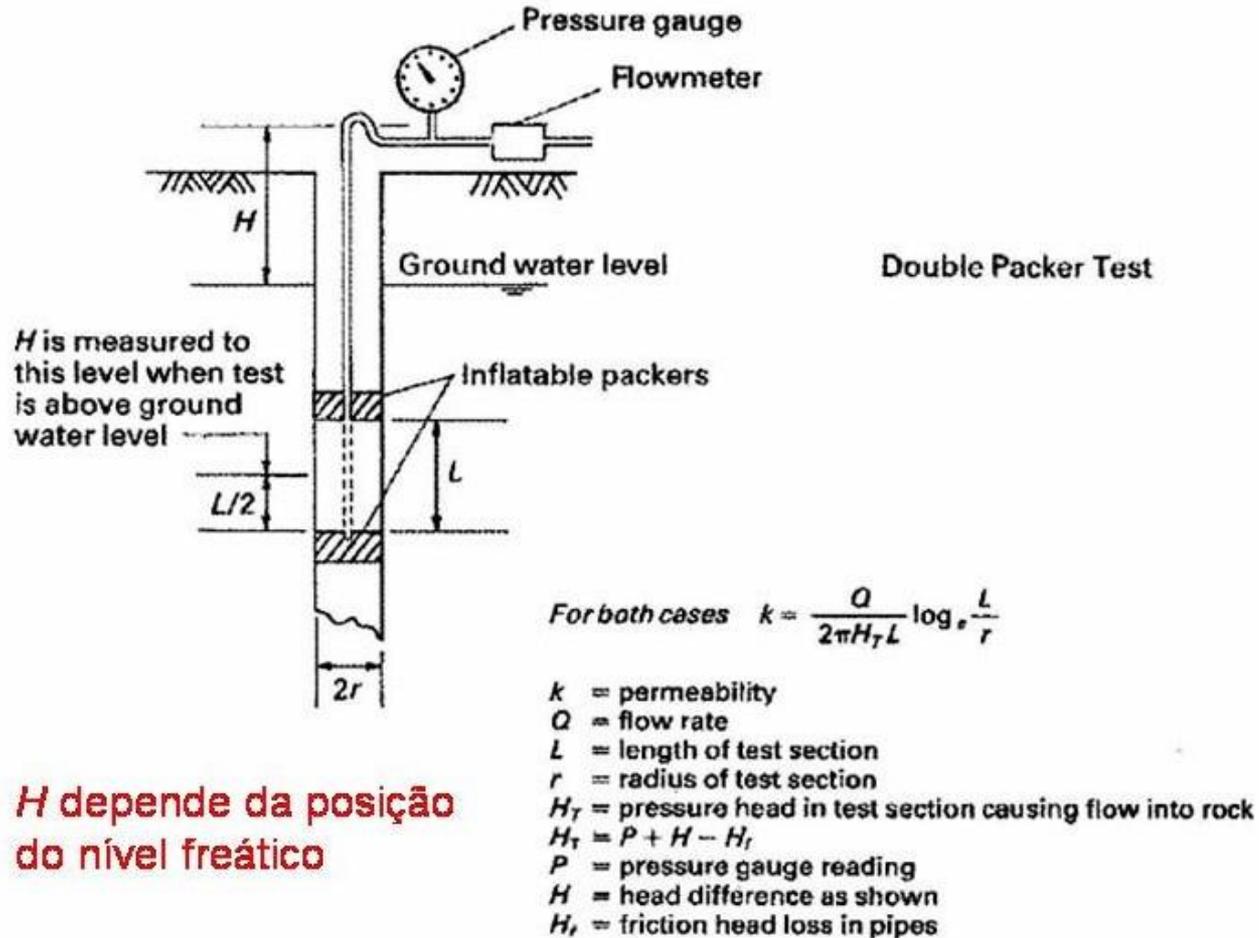


H depende da posição do nível freático

k = permeability
 Q = flow rate
 L = length of test section
 r = radius of test section
 H_T = pressure head in test section causing flow into rock
 $H_T = P + H - H_f$
 P = pressure gauge reading
 H = head difference as shown
 H_f = friction head loss in pipes

Ensaio em maciço rochoso

Obturador duplo – execução do ensaio após furação



H depende da posição do nível freático

Ensaaios em maciço rochoso

- Interpretação dos resultados
 - Tipo de escoamento
 - Fracturação
 - Tendência para colmatação ou desobstrução das fracturas
 - Determinação da profundidade recomendável para tratamento de impermeabilização e consolidação
-

Ensaaios em maciço rochoso

O maciço é considerado estanque se em 2 troços consecutivos (2x5m) $UL < 1$

- ❑ Unidade Lugeon (UL) = 1 l/min.m à pressão de 10 kg/cm^2 ($\sim 1 \text{ MPa}$) durante 10 min
- ❑ Unidade de absorção (UA) = A
 $(\text{l}/10\text{min}) / [t(\text{min}) \times l(\text{m}) \times p(\text{kg/cm}^2)]$

Ensaaios em maciço rochoso

- Cálculo de coeficiente de permeabilidade (regime laminar)

- $K = 1,67 \times 10^{-6} \times (1/c) \times (Q/P_e)$ (m/s)

- c – coeficiente de forma (m) $c = 2L/[\log(2L/D)]$

- Q – caudal absorvido (l/min)

- P_e – pressão efectiva (MPa)

Ensaaios em maciço rochoso

- Cálculo do regime de escoamento
 - $n = \log(P_1/P_0) / \log(A_1/A_0)$
 - Sendo P, pressão e A, absorção em litros
 - $n < 1$ – regime anormal, por aumento de absorção
 - $n = 1$ – regime laminar
 - $1 < n < 2$ – regime intermédio
 - $n = 2$ – regime turbulento
 - $n > 2$ – regime anormal por diminuição de absorção

Ensaaios em maciço rochoso

- Pressão efectiva:

- Acima do NF

- $P_e = H/10 + P_m - P_c$

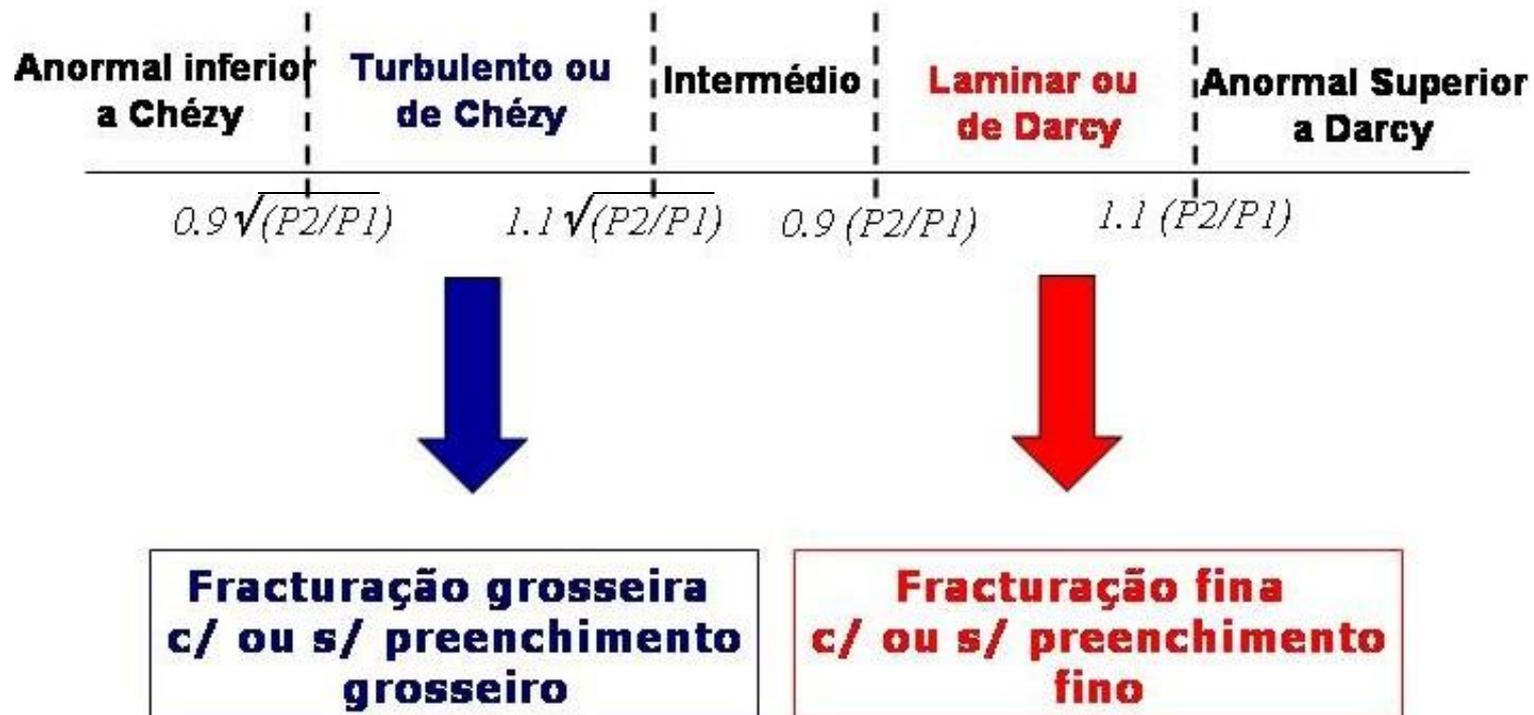
- Abaixo do NF

- $P_e = NF/10 + P_m - P_c$

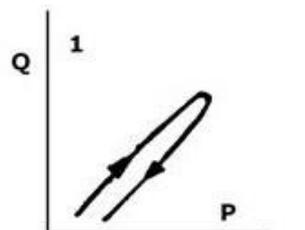
- Com P_m a pressão manométrica, P_c perda de carga, H profundidade média do ensaio, NF profundidade do nível freático; P_c determinado por gráfico (curvas de calibração determinadas no campo) ou fórmulas

Ensaio em maciço rochoso

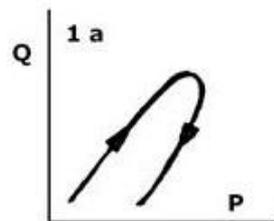
O regime de escoamento está dependente do tipo de fracturação ou do tipo de preenchimento das fracturas



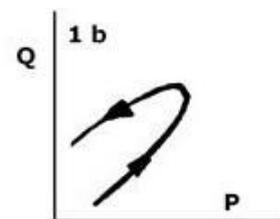
Ensaio em maciço rochoso



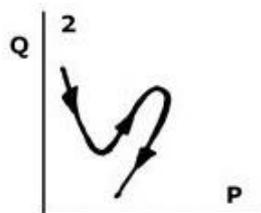
Escoamento laminar com colmatagem



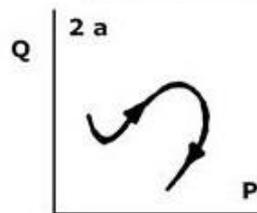
Escoamento laminar com colmatagem a pressão elevada



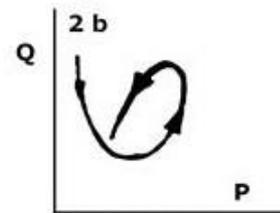
Escoamento laminar com desobstrução a pressão elevada



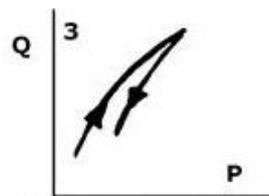
Colmatagem a pressão baixa



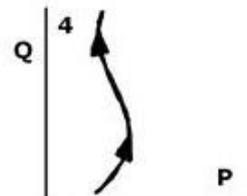
Colmatagem a baixa e depois a alta pressão



Colmatagem a baixa pressão e desobstrução a elevada pressão



Escoamento turbulento com colmatagem



Desobstrução progressiva