

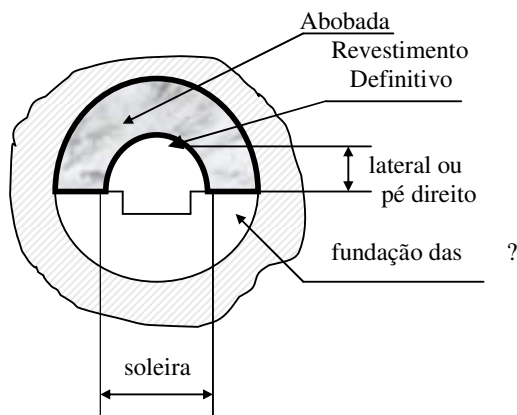
Obras Subterrâneas:

Elementos de um túnel:

Um túnel é uma obra, que consiste na abertura de um maciço rochoso ou terroso por métodos mecânicos ou manuais. Um túnel pode ser uma obra que consiste numa construção tipo mineiro.

Os túneis a céu aberto são mais baratos, são mais seguros e tem-se um melhor conhecimento Geotecnico.

Ao túneis mineiros, têm menor segurança, pois não se tem um conhecimento muito grande do terreno. A sua escavação é feita por explosivos , máquinas de ataque ? ou maq. de ataque ? . Exemplos de túneis mineiros: rodoviários, ferroviários, hidráulicos, passagem para peões, etc..



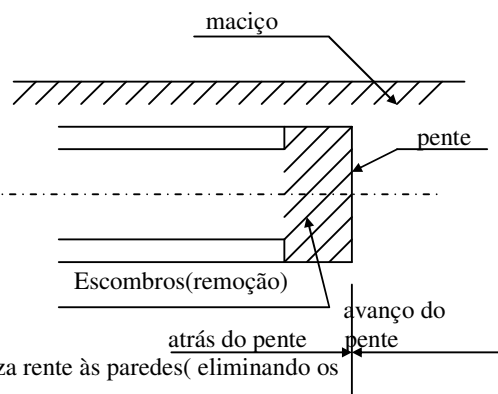
Aduelas – Elemento pré-fabricado

Anel – Fatia do revestimento do túnel escavado por ? ou TBM e constituído por aduelas.

Avanço – Comprimento do túnel efectuado num dado período de tempo.

Saneamento – Depois da remoção dos escombros, faz-se uma limpeza rente às paredes (eliminando os blocos instáveis).

Blindagem – Operação para bloquear os terrenos instáveis em torno da escavação.



Saneamento – Depois da remoção dos escombros, faz-se uma limpeza rente às paredes(eliminando os blocos instáveis).

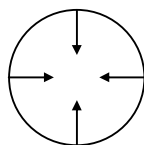
Blindagem – Operação para bloquear os terrenos instáveis em torno da escavação.

Cambota ou cinta – Suporte em forma de arco, adaptado ao perfil da secção do túnel e instalado no lugar contra a parede para suportar o terreno.

Confinamento – Fenómeno gerador de tensões de confinamento (tensões que aparecem na interface entre o terreno e o suporte).

Desconfinamento – Diminuição de tensões na parede do túnel.

Convergência -



Descompressão – Modificação das tensões naturais do terreno.

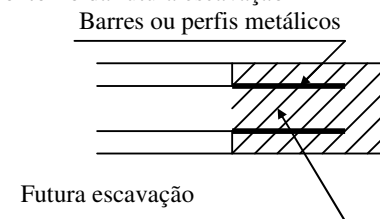
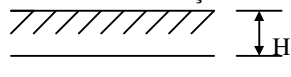
Enpilagem - No avanço ao desmate do pente, instala-se um suporte no Contorno da futura escavação constituído por barras ou perfis metálicos.

Plano de tiro – Plano para desmate por explosivos, com indicação da posição, profundidade, diâmetro e direcção dos furos que constituíram a pega de ataque do túnel. Deve conter informação também sobre as cargas, o tipo de explosivo e as retardas a usar.

Pega – Conjunto de presas carregadas.

Pregagem – Haste metálica destinada a reforçar a rocha

Recolhimento -



Classificação geomecânica de maciços rochosos

O dimensionamento / Métodos:

Métodos empíricos:

Os empíricos são baseados na prática da construção de túneis, sintetizando a experiência adquirida, e estabelecendo assim, regras para classificar o maciço a escavar, através dum índice de qualidade.

Métodos teóricos ou analíticos:

A utilização destes métodos impõe que se considere que o maciço é um meio homogéneo e em que se aplicam as leis da Teoria da Elasticidade $e/$ ou Plasticidade.

Exemplo: Método das curvas características.

Nota geral:

Quando se projecta uma obra subterrânea em maciços rochosos, tem de se conhecer a sua qualidade geotécnica, esta actividade é muito subjectiva porque em meios naturais cada caso é um caso e os maciços não são homogéneos nem isotrópicos o que faz com que as características de um maciço não se adapte a outro num local diferente.

Objectivo das Classificações geomecânicas:

Na classificação de um maciço há que caracterizá-lo geotecnicamente indicando uma classe geomecânica pré- estabelecida. Deve-se estimar o tempo que o maciço(escavação) é autoportante, e o tipo e qualidade do suporte inicial a instalar.

Classificação de Terzaghi:

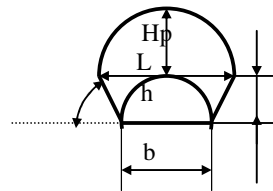
Classifica maciços em 9 tipos, atendendo às condições de fracturação, à coesão ou expansibilidade dos solos. Aplica-se quando o recolhimento H_p for superior ao dobro da altura de escavação ou 1,5 vezes

Admite-se quando durante a escavação há relaxamento de terreno acima da abobada e nas hasteais , devido a este movimento desenvolve-se lateral / forças de atrito, transferindo a carga para os lados de forma que a abobada e as hasteais só suportam carga equivalente a uma altura H_p .

De acordo com os valores de H_p , através de uma tabela adequada, sobe-se a qualidade da rocha e as recomendações a ter em conta.

$$\theta = 45 + \frac{\phi}{2}$$

θ



Métodos empíricos:

Classificação de Protodyakonov :

Baseia-se na experiência recolhida no Metro Soviético. Classifica ao terrenos associados a um parâmetro f (Coeficiente de resistência às dimensões do túnel), definindo as cargas de dimensionamento e o suporte a instalar.

O parâmetro f depende de:

-- Rocha ; σ_c \Rightarrow Resistência à compressão simples $f = \alpha / l_0$

-- Solo ϕ - Ângulo de atrito interno

-- Solo C - Coesão (Mpa)

$$f = \text{tg } \phi + C / \alpha$$

Calcula-se também o carregamento sobre a abobada $\Rightarrow (P_v = \gamma h)$;

A pressão uniforme lateral $\Rightarrow (P_h = \gamma (h + 0,5m) \text{tg } 2(45 - \phi/2))$;

A altura de carregamento $\Rightarrow (h = B/2f; B = b + 2m \cdot \text{tg}(45 - \phi/2))$

De acordo com o parâmetro f , através de uma tabela retira-se a natureza da rocha, a sua Descrição, massa volumica .

Classificação de Laupper:

Baseia-se no estudo sistemático sobre o tempo que permanecem estáveis as escavações Efectuadas em diferentes tipos de rocha.

Atende os seguintes parâmetros:

-- **vão livre** \Rightarrow A maior das dimensões, diâmetro equivalente do túnel e comprimento sem suporte.

-- **tempo de estabilidade** \Rightarrow tempo que permanece sem desmoronamento o comprimento livre.

Com base nestes parâmetros classifica-se as rochas em 7 classes.

Classificação Deere:

Baseia-se na construção do metropolitano de New York .

Define o parâmetro , que se obtem da recuperação de sondagens efectuadas com o Diâmetro mínimo de 54 mm.

O índice , traduz a percentagem definida pela relação entre o somatório das ?

com comprimento superior a 10 cm eo comprimento total ?
 O é máximo (100%), para um maciço de excelente qualidade.
 Na consideração de tem de se ter em conta alguns factores:
 -- Modo de operar ; o equipamento; a experiência do sondador ; má recolha da amostra.
 Deere apresenta tabelas para túneis com ϕ (6 a 12metros), em função do e do sistema de desmonte usado; indica os possíveis suportes a usar.

Classificação de Barton:

Baseia-se na experiência recolhida de obras subterrâneas na Noruega.
 Define um índice de qualidade Q obtido da ponderação de 6 parâmetros procedentes da observação do maciço rochoso.

$$Q = \frac{ROD}{N} \cdot \frac{j_r}{j_a} \cdot \frac{j_w}{SRF}$$

Em que cada índice pode variar entre;

- (0;100) \Rightarrow **RQD** Qualidade da rocha.
- (0,5;20) \Rightarrow **jn** Grau de fracturação do maciço.
- (0,5;4) \Rightarrow **jr** Índice de rugosidade, contemplando o preenchimento e continuidade.
- (0,05;1) \Rightarrow **jw** Coeficiente redutor da presença de água.
- (0,75;20) \Rightarrow **ja** Índice de alteração das juntas.
- (0,5;20) \Rightarrow **SRF** Factor que considera a influência do estado tensão do maciço rochoso.

RQD \Rightarrow Representa o tamanho dos blocos.

jn
jr \Rightarrow Representa a resistência ao corte entre blocos.

ja
jw \Rightarrow Representa a influência do estado de tensão.

SRF
 O índice Q , varia entre (0,001 e 1000), sendo classificado através de tabelas.

Classificação de Bieniawski

Baseia-se na experiência obtida em túneis na África do Sul. Utiliza 5 parâmetros.

- Resistência à compressão uniaxial(em laboratório).
- RQD
- Grau de fracturação do maciço.
- Condições hidrológicas.
- Estudo das descontinuidades

Com base nestes parâmetros estabelece-se o RMR, atribuindo-se notas relativamente à influência das orientação das descontinuidades relativas ao eixo da escavação(Parâmetro correctivo) .

Atitude – É a orientação da fracturação de uma rolha. É definido pela directriz e inclinação.

Directriz – é o ângulo que a fractura faz com a direcção Norte/Sul

Inclinação – é determinada pelo ângulo com o plano horizontal e pela inclinação do quadrante para o qual a fractura mergulha.

A classificação de Bieniawski, estabelece 5 classes de maciço: **muito bom, bom, regular Fraco e muito fraco**, a que são atribuídos parâmetros médios de resistência(coesão, ângulo de atrito interno) e módulo de deformabilidade do maciço rochoso.

Estabelece também os tempos médios de autosuporte do maciço em função do vão escavado E o tipo de qualidade do suporte inicial a instalar.

Atitude:

N 70°E – é a directriz, significando que as fracturas são orientadas segundo um ângulo de 70° Com o Norte magnético.

30°NW – é o ângulo que as fracturas fazem com a horizontal, isto é, 30° para Noroeste.

A orientação das fracturas – Bieniawski considera a orientação das fracturas em relação ao avanço da escavação, como sendo um factor correctivo das notas que vêm a ser dadas ao maciço (RMR), tem em conta a ? das fracturas.

Grau de Alteração (SIMR): Os graus de alteração de um maciço rochoso variam entre w1 e w5:

Em que: w1 – são; w3 – medianamente alterado; w5 – decomposto.

A cada grau estabelece-se um tipo de alteração do maciço.

Grau de Fracturação (SIMR): Os graus de fracturação do maciço rochoso variam entre F1 a F5, em que:

F1 > 200 cm \Rightarrow Fracturas muito afastadas.

F2 (60-200) \Rightarrow Afastadas

F3 (20 – 60) \Rightarrow Medianamente afastadas.

F4 (6 –20) \Rightarrow Próximas

F5 < 5 \Rightarrow Muito próximas.

O grau de fracturação traduz em termos de simbologia a distância entre fracturas.

Recuperação – É uma relação em % entre o comprimento do furo de sondagem e ?
E o comprimento da ? estriada.

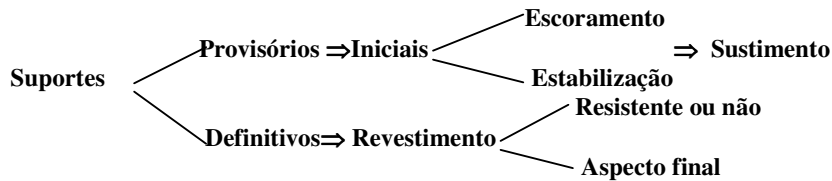
Exemplo : Furo de 1 m \Rightarrow ? 1m \Rightarrow Recuperação = 100%.

Furo de 1 m \Rightarrow ? 0,5 m \Rightarrow “ “ = 50% (Pode acontecer devido à presença de fracturas.

Suportes em obras subterrâneas:

Suporte inicial ⇒ Estivação, escoramento da escavação efectuada com caracter provisório e necessário à utilização da frente e paredes da cavidade escavada, garantindo-se assim a segurança na frente de trabalho.

Revestimento definitivo ⇒ Aplicação de materiais que não conferem o aspecto final e definitivo da obra e poderão ter ou não função de resistência e colaborar na utilização da escavação.



História dos Suportes:

- **Evolução das técnicas mineiras:** Ex: Pórticos fechados bem madeira não se usam porque necessitam de mão de obra especializada, menor resistência à humidade
- **Suportes metálicos:** São elementos que se adaptam melhor à secção curva da escavação. Elementos de suporte ou de ? . Ex: Perfis HEB, IPN, Cambotas, Pórticos metálicos...
- **Betão projectado:** é empregado sob o nome de germit. Utiliza-se para proteger os terrenos de alterações diversas. Confere ou não o aspecto final.
- **Pregagens:** Utilizadas em maciços rochosos.
- **Aplicação combinada dos métodos:** Principal - as pregagens eo betão projectado.

Tipos de suporte:

Cambotas ⇒ Constituem pórticos metálicos. São constituídos por perfis HEB ou TH. Poderão ser associados a chapas metálicas. Correntemente são utilizadas Cintas associadas a betão projectado com rede electrosoldada. As cambotas costumam ter espaçamento entre 0,8 e 1,5 metros.

Betão projectado :

Vantagens: elevada resistência; endurecimento mais rápido; betonagem sem cofragem; Boa adaptação às superfícies; boa ligação sem necessidade de enchimento; Protecção imediata das superfícies contra agentes atmosféricos; facilidade de aplicação com outros suportes; rapidez(uso de máquinas adequadas de fácil reparação; pode ser aplicado sobre redes electrosoldadas; permite adição de fibras metálicas.

Aplicação:

Via seca: Inertes e cimento misturados a seco e água adicionada à saída(endurecedores em pó).

⇒ **Vantagens:** grande velocidade, boa aderência aos suportes
pequena quantidade de água – A/C baixa > menor retracção e maior

⇒ **Inconvenientes:** perdas da ordem de 25 a 40% da mistura; libertação de poeiras.

Via húmida: a amassadura é feita à partida, aceleradores de presa adicionadas à saída.

⇒ **Vantagens:** fraca poluição(pouca poeira produzida)⇒
redução de perdas: a dosagem de água é mais precisa.

⇒ **Inconvenientes:** pequena aderência devido à baixa velocidade.

Pregagens: as pregagens limitam as deformações, evitando assim a perda das características resistentes iniciais do maciço, evitando a queda de blocos.