

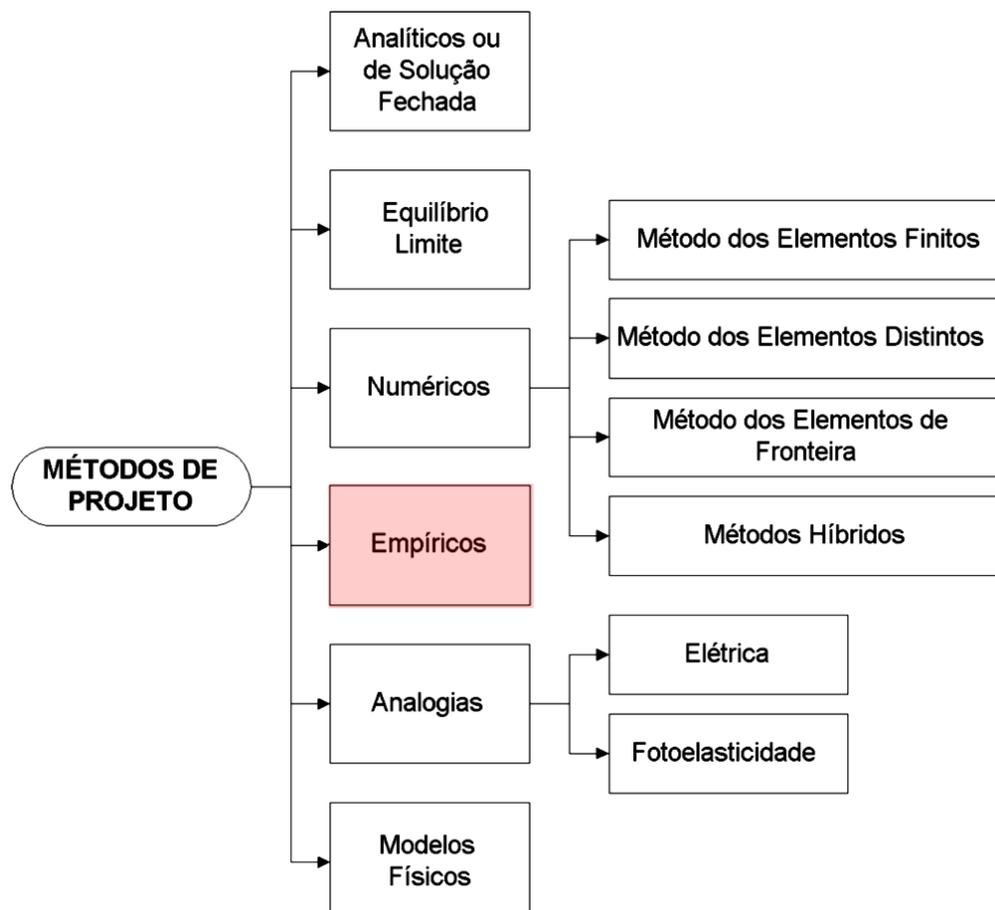


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

CLASSIFICAÇÕES DE MACIÇOS ROCHOSOS PARTE 1

PMI 3309 - Mecânica de Rochas Aplicada à Mineração II
Prof. Eduardo César Sansone

MÉTODOS DE PROJETO





As **CLASSIFICAÇÕES DE MACIÇOS ROCHOSOS** são métodos empregados no projeto de obras em rocha que se baseiam na utilização da experiência acumulada a partir da observação de projetos bem ou mal sucedidos.

Uma "**CLASSIFICAÇÃO**" é construída a partir da compilação de um banco de dados composto das características de obras acompanhadas durante suas fases de concepção, execução e operação, reunindo informações sobre:

- Características da rocha intacta ou sã.
- Características das descontinuidades.
- Tensões *in situ*.
- Presença de água no maciço rochoso.
- Tipo de obra (por exemplo: túnel, talude, painel de lavra etc.).
- Características geométricas da obra.

3



Os resultados finais de uma **CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇOS ROCHOSOS** são:

- 1) Enquadramento do maciço segundo classes pré-definidas.
- 2) Apresentação de orientações para realização do projeto, especialmente quanto aos sistemas de suporte e segurança a serem utilizados.

4



APLICABILIDADE DAS CLASSIFICAÇÕES DE MACIÇOS ROCHOSOS

As CLASSIFICAÇÕES DE MACIÇOS ROCHOSOS são úteis nos estágios preliminares de um projeto de mineração, quando são conhecidas poucas informações sobre o maciço rochoso.

São ainda mais importantes nas operações rotineiras de mina, pois permitem introduzir rapidamente correções sobre o projeto inicial em função da variabilidade dos maciços rochosos.

5



RECOMENDAÇÕES

Como os vários sistemas de classificação enfatizam diferentes parâmetros, é recomendável a utilização de mais de um deles.

O uso das CLASSIFICAÇÕES DE MACIÇOS ROCHOSOS não deve substituir as metodologias de projeto mais elaboradas, deve sim, complementá-las.

6



CLASSIFICAÇÕES A SEREM ESTUDADAS

Classificação de Terzaghi - 1946

Rock Quality Designation Index (RQD) - 1967

Rock Structure Rating (RSR) - 1972

Rock Mass Rating (RMR) - 1976

Índice Q (Rock Tunnelling Quality Index) - 1974

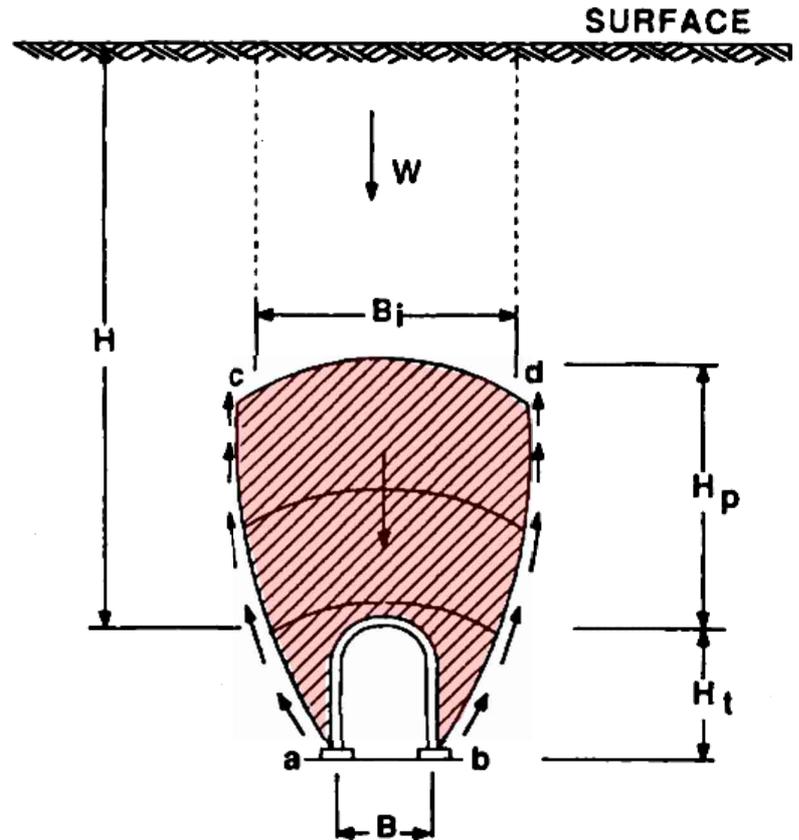


CLASSIFICAÇÃO DE TERZAGHI - 1946



A Classificação de Terzaghi foi proposta para a estimação da carga a ser suportada por suportes metálicos em túneis.

O sistema teve grande importância pois este tipo de suporte teve enorme utilização especialmente na construção de túneis civis.



9



Rock Condition ^c	Rock Load H_p (ft)	Remarks
1. Hard and intact	Zero	Light lining required only if spalling or popping occurs
2. Hard stratified or schistose	$0-0.5B$	Light support, mainly for protection against spalls. Load may change erratically from point to point
3. Massive, moderately jointed	$0-0.25B$	No side pressure
4. Moderately blocky and seamy	$0.25B-0.35(B + H_t)$	Little or no side pressure
5. Very blocky and seamy	$(0.35-1.10)(B + H_t)$	Considerable side pressure
6. Completely crushed	$1.10(B + H_t)$	Softening effects of seepage toward bottom of tunnel require either continuous support for lower ends of ribs or circular ribs
7. Squeezing rock, moderate depth	$(1.10-2.10)(B + H_t)$	Heavy side pressure, invert struts required. Circular ribs are recommended
8. Squeezing rock, great depth	$(2.10-4.50)(B + H_t)$	
9. Swelling rock	Up to 250 ft, irrespective of the value of $(B + H_t)$	Circular ribs are required. In extreme cases, use yielding support



À parte o procedimento de cálculo proposto por Terzaghi, possui atualmente maior importância a classificação proposta para os maciços rochosos quanto ao tipo de instabilidade esperado:

- Rocha Sã.
- Rocha Estratificada.
- Rocha Moderadamente Fraturada.
- Rocha Fraturada e em Blocos.
- Rocha muito Fraturada.
- Rocha Compressível.
- Rocha Expansiva.

11



ROCHA SÃ

Rocha livre de fraturas ou discontinuidades.

⇒ Devido a perturbações geradas por explosivos, fragmentos podem se desprender do teto várias horas ou dias após a escavação.

ROCHA ESTRATIFICADA

Material composto de camadas individuais com pouca ou nenhuma resistência ao deslocamento.

As camadas podem ou não serem enfraquecidas por juntas transversais.

⇒ Quedas de blocos são comuns.

ROCHA MODERADAMENTE FRATURADA

Contém fraturas e discontinuidades.

⇒ Os blocos definidos pelas fraturas se intertravam de forma que as paredes verticais não necessitam de suporte lateral.

12



ROCHA FRATURADA E EM BLOCOS

Fragmentos de rocha intacta e sem alteração totalmente separados entre si e não intertravados.

⇒ Neste tipo de maciço as paredes verticais podem necessitar de suportes laterais.

ROCHA MUITO FRATURADA

Rocha triturada em zonas de falhas, mas sem alteração.

⇒ Pode apresentar problemas na presença de água, caso as partículas possuam tamanho da ordem de areia e não haja cimentação.



ROCHA COMPRESSÍVEL

Rocha contém alta porcentagem de partículas de minerais micáceos ou argilosos, com baixa capacidade de expansão.

⇒ A rocha pode fluir lentamente para o interior da escavação, sem um aumento perceptível de volume.

ROCHA EXPANSIVA

A capacidade de expansão é característica de rochas que contêm argilas expansivas como a montmorilonita.

⇒ A rocha se deforma avança para o interior do túnel em razão da expansão.



ROCK QUALITY DESIGNATION INDEX (RQD) - 1967

15

ROCK QUALITY DESIGNATION INDEX (RQD) - 1967



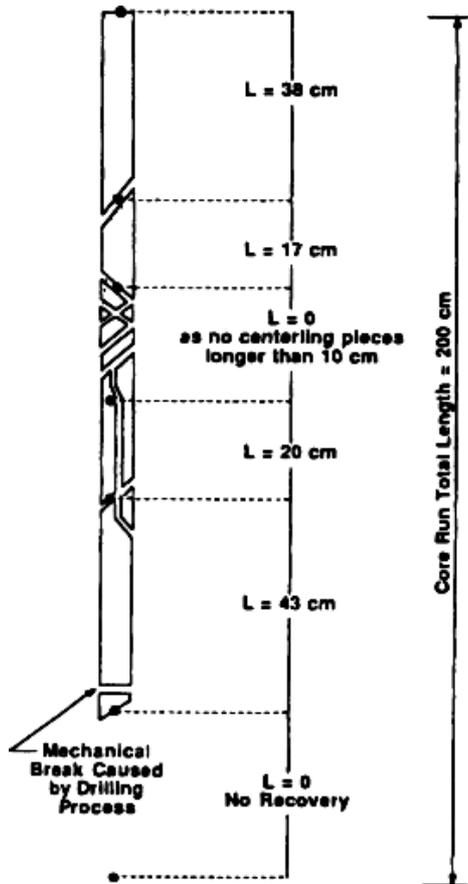
A Classificação foi proposta por Deere visando estimar a qualidade dos maciços rochosos a partir da análise de testemunhos de sondagem.

A Classificação é baseada em um único índice o RQD - ROCK QUALITY DESIGNATION INDEX.

O RQD é definido como a porcentagem do comprimento total dos fragmentos maiores que 10 cm (4") em relação ao comprimento total do testemunho de sondagem com diâmetro pelo menos igual a 54,7 mm.

É um parâmetro que depende da direção da perfuração.

16



$$RQD = \frac{\sum \text{Length of Core Pieces} > 10 \text{ cm (4 in.)}}{\text{Total Core Run Length}} \times 100\%$$

$$RQD = \frac{38 + 17 + 20 + 43}{200} \times 100\%$$

$$RQD = 59\% \text{ (FAIR) (Razoável)}$$

RQD (%)	Rock Quality
<25	Very poor
25-50	Poor
50-75	Fair
75-90	Good
90-100	Excellent

Procedimento para medição e cálculo do RQD

17



	No Support or Local Bolts	Pattern Bolts	Steel Ribs
Deere et al. (1970)	RQD 75-100	RQD 50-75 (1.5-1.8-m spacing) RQD 25-50 (0.9-1.5-m spacing)	RQD 50-75 (light ribs on 1.5-1.8-m spacing as alternative to bolts) RQD 25-50 (light to medium ribs on 0.9-1.5-m spacing as alternative to bolts) RQD 0-25 (medium to heavy circular ribs on 0.6-0.9-m spacing)
Cecil (1970)	RQD 82-100	RQD 52-82 (alternatively, 40-60-mm shotcrete)	RQD 0-52 (ribs or reinforced shotcrete)
Merritt (1972)	RQD 72-100	RQD 23-72 (1.2-1.8-m spacing)	RQD 0-23

RQD e as necessidades de suporte para um túnel de 6 m de largura

18



BIENIAWSKI, Z. T. Engineering rock mass classifications. New York, John Wiley, 1989.

HOEK, E. Practical rock engineering. disponível em: http://www.rocscience.com/educationhoeks_corner.



OBRIGADO!

**Contato:
Prof. Eduardo César Sansone
esansone@usp.br**