



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

CLASSIFICAÇÕES DE MACIÇOS ROCHOSOS PARTE 2

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

CLASSIFICAÇÕES DE MACIÇOS ROCHOSOS



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**



ROCK STRUCTURE RATING (RSR) - 1972

3

ROCK STRUCTURE RATING (RSR) - 1972



O RSR - ROCK STRUCTURE RATING foi introduzido a partir da análise do histórico de casos de túneis escavados, onde os arcos metálicos foram os principais tipos de suporte utilizados, embora também a utilização de concreto projetado tenha sido registrada.

Assim, o método se propôs a descrever a qualidade de maciços rochosos e a selecionar o tipo apropriado de suporte.

O RSR foi o primeiro sistema a utilizar o conceito da ponderação de vários fatores na composição de um índice numérico:

$$\text{RSR} = A + B + C$$

Com valor máximo de 100.

4



PARÂMETRO A (GEOLOGIA)

Avaliação geral da estrutura geológica, com base em:

- a) Origem da rocha (ígneia, sedimentar ou metamórfica).
- b) Dureza da rocha (dura, média, mole ou decomposta).
- c) Estrutura geológica (maciça, pouco fraturada, moderadamente fraturada ou intensamente fraturada).

	Basic Rock Type				Geological Structure			
	Hard	Medium	Soft	Decomposed	Massive	Slightly	Moderately	Intensively
Igneous	1	2	3	4			Folded or	Folded or
Metamorphic	1	2	3	4		Faulted	Faulted	Faulted
Sedimentary	2	3	4	4				
Type 1					30	22	15	9
Type 2					27	20	13	8
Type 3					24	18	12	7
Type 4					19	15	10	6

Tabela para determinação do valor do parâmetro A

5



PARÂMETRO B (GEOMETRIA)

Efeito do padrão de descontinuidades em relação à orientação do túnel, com base em:

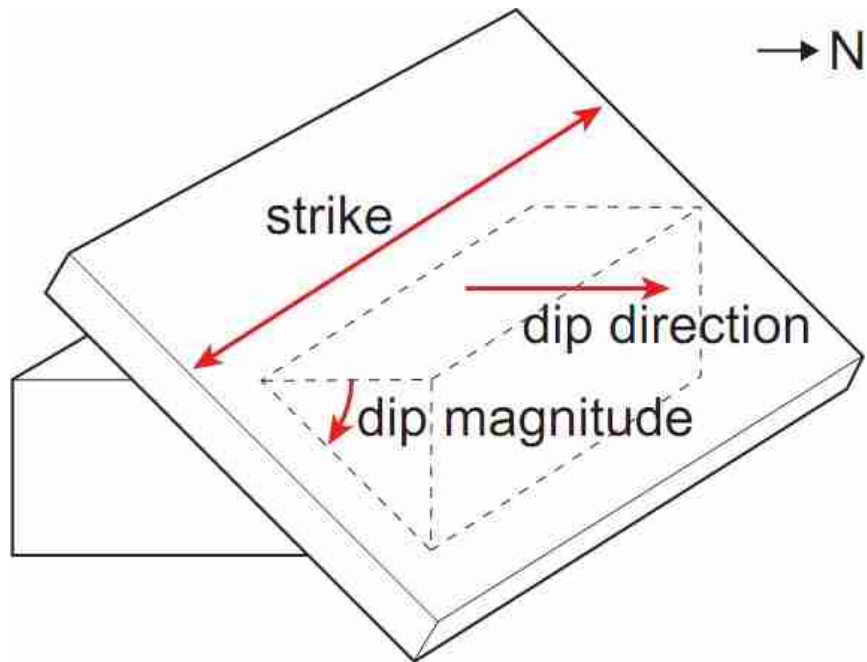
- a) Espaçamento das juntas
- b) Orientação das juntas (direção e mergulho)
- c) Direção da orientação do túnel

Average joint spacing	Strike ⊥ to Axis					Strike to Axis			
	Direction of Drive						Direction of Drive		
	Both	With Dip		Against Dip		Either direction			
		Dip of Prominent Joints ^a						Dip of Prominent Joints	
	Flat	Dipping	Vertical	Dipping	Vertical	Flat	Dipping	Vertical	
1. Very closely jointed, < 2 in	9	11	13	10	12	9	9	7	
2. Closely jointed, 2-6 in	13	16	19	15	17	14	14	11	
3. Moderately jointed, 6-12 in	23	24	28	19	22	23	23	19	
4. Moderate to blocky, 1-2 ft	30	32	36	25	28	30	28	24	
5. Blocky to massive, 2-4 ft	36	38	40	33	35	36	24	28	
6. Massive, > 4 ft	40	43	45	37	40	40	38	34	

^a Mergulho: plana: 0-20°; inclinada: 20-50°; vertical: 50-90°

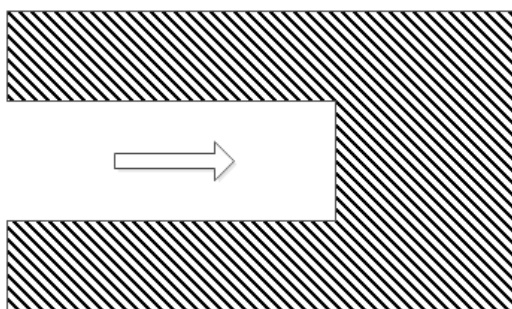
Tabela para determinação do valor do parâmetro B

6

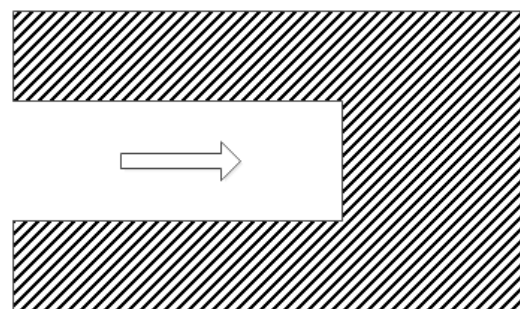


Orientação de descontinuidades

7



Mergulho na direção do avanço
Situação Favorável



Mergulho contra a direção do avanço
Situação Desfavorável

8



PARÂMETRO C

Efeito do fluxo de água subterrânea e das condições da junta, com base em:

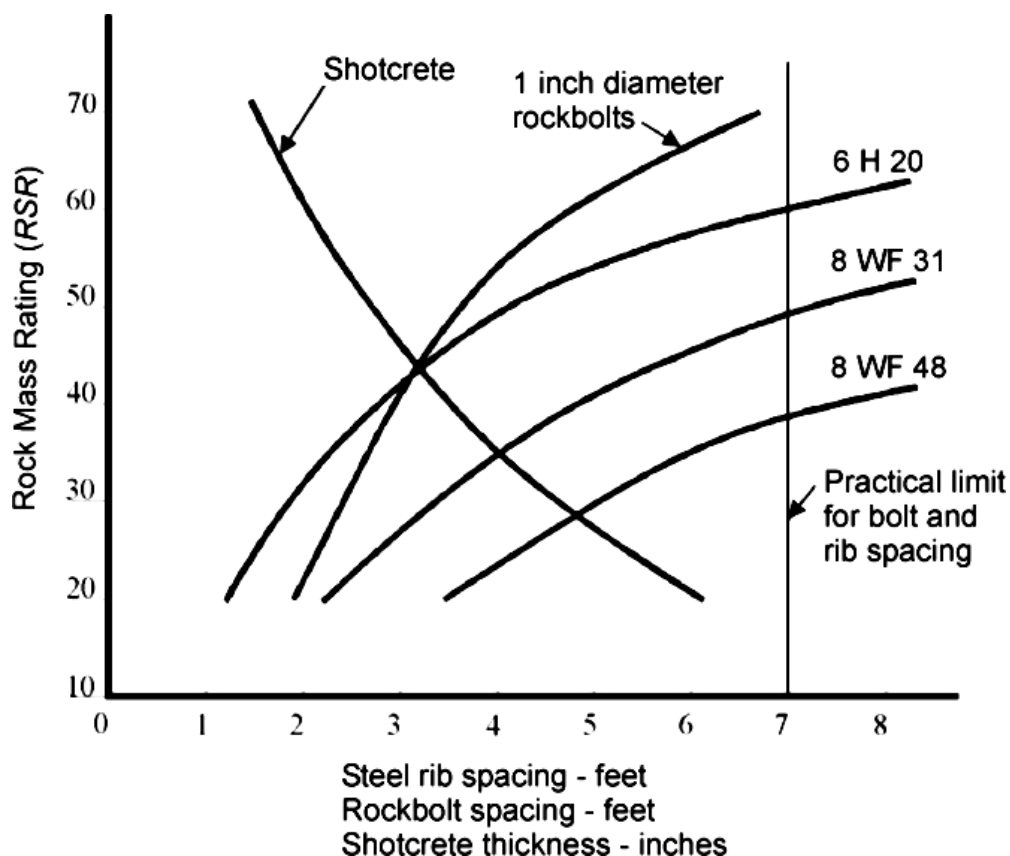
- a) Qualidade do maciço em relação aos parâmetros A e B
- b) Condição das fraturas (boa, regular ou ruim)
- c) Fluxo de água

Anticipated water inflow gpm/1000 ft of tunnel	Sum of Parameters A + B					
	13 - 44			45 - 75		
	Joint Condition ^b					
	Good	Fair	Poor	Good	Fair	Poor
None	22	18	12	25	22	18
Slight, < 200 gpm	19	15	9	23	19	14
Moderate, 200-1000 gpm	15	22	7	21	16	12
Heavy, > 1000 gp	10	8	6	18	14	10

^b Condição das juntas: Boa = apertadas ou cimentadas; regular = sensivelmente intemperizadas ou alteradas; pobre = severamente intemperizadas, alteradas ou abertas.

Tabela para determinação do valor do parâmetro C

9



RSR e as necessidades de suporte para um túnel de 24 ft (7,3 m) de diâmetro



EXERCÍCIO

Classificar segundo o Rock Structure Rating - RSR um maciço rochoso com as seguintes características:

- Granito, com alta dureza.
- Maciço moderadamente fraturado.
- Descontinuidades mais proeminentes com inclinação de 40°.
- Strike perpendicular ao eixo da escavação e mergulho contrário à direção de avanço.
- Juntas bem fechadas (cimentadas).
- Sem fluxo subterrâneo de água.



SOLUÇÃO

Parâmetro A:

- Rocha ígnea, alta dureza: **Tipo 1**
- Maciço moderadamente fraturado (tipo 1) → **A = 15**

	Basic Rock Type				Geological Structure			
	Hard	Medium	Soft	Decomposed				
Igneous	1	2	3	4		Slightly	Moderately	Intensively
Metamorphic	1	2	3	4		Folded or	Folded or	Folded or
Sedimentary	2	3	4	4	Massive	Faulted	Faulted	Faulted
Type 1					30	22	15	9
Type 2					27	20	13	8
Type 3					24	18	12	7
Type 4					19	15	10	6

Tabela para determinação do valor do parâmetro A



SOLUÇÃO

Parâmetro B:

- Maciço moderadamente fraturado
- Juntas inclinadas a 40° (dipping)
- Strike perpendicular ao eixo e contrário ao avanço

B = 19

Average joint spacing	Strike ⊥ to Axis					Strike to Axis			
	Direction of Drive						Direction of Drive		
	Both	With Dip			Against Dip		Either direction		
		Dip of Prominent Joints ^a						Dip of Prominent Joints	
	Flat	Dipping	Vertical	Dipping	Vertical	Flat	Dipping	Vertical	
1. Very closely jointed, < 2 in	9	11	13	10	12	9	9	7	
2. Closely jointed, 2-6 in	13	16	19	15	17	14	14	11	
3. Moderately jointed, 6-12 in	23	24	28	19	22	23	23	19	
4. Moderate to blocky, 1-2 ft	30	32	36	25	28	30	28	24	
5. Blocky to massive, 2-4 ft	36	38	40	33	35	36	24	28	
6. Massive, > 4 ft	40	43	45	37	40	40	38	34	

^a Mergulho: plana: 0-20°; inclinada: 20-50°; vertical: 50-90°

Tabela para determinação do valor do parâmetro B

13



SOLUÇÃO

Parâmetro C:

- Juntas cimentadas
- A + B = **34**
- Sem fluxo de água

C = 22

Anticipated water inflow gpm/1000 ft of tunnel	Sum of Parameters A + B					
	13 - 44			45 - 75		
	Joint Condition ^b					
	Good	Fair	Poor	Good	Fair	Poor
None	22	18	12	25	22	18
Slight, < 200 gpm	19	15	9	23	19	14
Moderate, 200-1000 gpm	15	22	7	21	16	12
Heavy, > 1000 gp	10	8	6	18	14	10

^b Condição das juntas: Boa = apertadas ou cimentadas; regular = sensivelmente intemperizadas ou alteradas; pobre = severamente intemperizadas, alteradas ou abertas.

Tabela para determinação do valor do parâmetro C

14



SOLUÇÃO

Parâmetro A:

- Rocha ígnea, alta dureza: Tipo 1
- Maciço moderadamente fraturado (tipo 1) → A = 15

Parâmetro B:

- Maciço moderadamente fraturado
- Juntas inclinadas a 40° (dipping)
- Strike perpendicular ao eixo e contrário ao avanço

B = 19

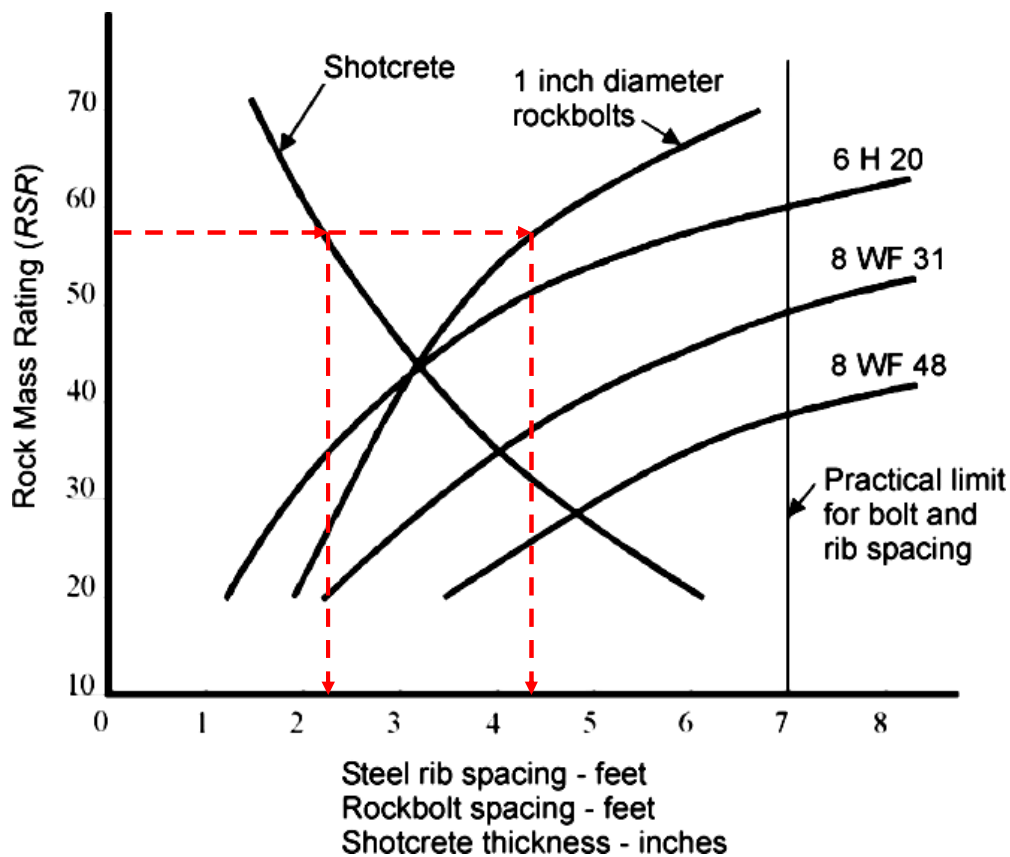
Parâmetro C:

- Juntas cimentadas
- A + B = 34
- Sem fluxo de água

C = 22

TOTAL: RSR = 15 + 19 + 22 = 56

15



RSR e as necessidades de suporte para um túnel de 24 ft (7,3 m) de diâmetro

16



OBRIGADO!

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