

DIMENSIONAMENTO DE CONTENÇÕES PARA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA APARTIR DA CARACTERIZAÇÃO DO MACIÇO ROCHOSO: MINA PILAR DE GOIÁS

PIRES, Plinio Ferreira; FERREIRA¹, Juliana Martins de Bessa²; PORTILHO, Rodrigo Nascimento³
 BARBOSA, Gustavo Rodrigues⁴; LOPES, Igor Rocha⁵; **CORREA, Wanderson Dantas⁶**;

¹Mestre em Geotécnica e Construção Civil pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiás, Brasil.

Docente na UniEVANGÉLICA, Campus Ceres, E-mail: plinio_pires@hotmail.com.

² Mestre em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente pelo Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA), Goiás, Brasil.

Docente na UniEVANGÉLICA, Campus Ceres, E-mail: juliana.bessa@unievangelica.edu.br.

³Mestre em Ensino de Matemática e Ciências pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Aparecida de Goiânia, Brasil.

Docente na UniEVANGÉLICA, Campus Ceres, E-mail: portilhofaria@hotmail.com.

⁴Graduando em Engenharia Civil na UniEVANGÉLICA, Campus Ceres, E-mail: gustavo_rb22@hotmail.com.

⁵Graduando em Engenharia Civil na UniEVANGÉLICA, Campus Ceres, E-mail: igor-lopes@gmail.com. ⁶Graduando em Engenharia Civil na UniEVANGÉLICA, Campus Ceres, E-mail: wandersondantass@hotmail.com.

Resumo: O engenheiro civil geotécnico que atua numa mineração subterrânea é de suma importância para a continuidade das demais atividades neste setor, este profissional tem de ter a capacidade de caracterizar o maciço rochoso, realizar projetos de suporte de contenções, garantir que estes estejam sendo instalados de forma correta garantindo sua efetividade, manter a estabilidade das escavações, onde garanta-se a segurança de todos que ali exerçam suas atividades com o objetivo de eliminar qualquer tipo de acidentes quanto a quedas de rochas ou colapsos das escavações. Além destas importantes atribuições outro papel importante em que este profissional está inserido e quanto a rentabilidade e lucratividade das empresas mineradoras onde compreende-se reduzir as diluições de minério junto aos realces de lavra.

Palavras-chave: Mineração. Engenharia civil geotécnica. Mapeamento geotécnico. Contenções.

Introdução

A necessidade por exploração de minérios vem desde os primórdios da humanidade onde sua utilização está associada ao desenvolvimento de toda uma sociedade. Devido à sua alta utilização foram primeiramente explorados na superfície, porem ficaram escassos rapidamente, assim foi onde se viu a necessidade de explorá-los em ambientes mais complexos, tendo que alcança-los utilizando minerações subterrâneas (HERRERA, 2014).

Para alcançar estes minerais são necessários a realização de escavações subterrâneas onde são abertas galerias junto ao maciço rochoso. Uma vez que o

maciço está teoricamente estável estas aberturas geram redistribuições de tensões devido à grandes concentrações de cargas que se encontram sobre as mesmas podendo gerar instabilidades e riscos de acidentes.

Cabe ao engenheiro civil geotécnico estudar e compreender como se comporta o maciço rochoso após a abertura das galerias e analisar sistematicamente por meio de mapeamentos geotécnicos os pontos de fraqueza do maciço rochoso a fim de propor as contenções adequadas proporcionando um ambiente estável para que possa ser realizado as atividades de forma segura podendo assim garantir a continuidade do projeto.

Para demonstrar a atividade deste profissional numa mina subterrânea exemplificaremos o seu trabalho a partir da realização do mapeamento geotécnico, a caracterização do maciço rochoso e como as contenções são direcionadas a partir do mapeamento.

Metodologia

Para a caracterização geotécnica do maciço rochoso foi utilizada o método Rock Mass Rating (RMR Bieniawski 1974) onde são utilizados seis parâmetros para serem pontuados que segundo o autor contribuem para a qualificação do maciço rochoso em obras subterrâneas. A soma destes parâmetros nos dá a classificação do maciço rochoso.

Os itens a serem qualificados em campo são: Resistência de compressão uniaxial de rocha intacta; RQD (Rock quality designation); Espaçamento das descontinuidades; Condição das descontinuidades; Influência de água; Orientação das descontinuidades, conforme tabela 1.

Parâmetros			Coeficientes						
1	Resistência da rocha intacta	Point Load	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Ver compressão uniaxial		
		Compressão uniaxial	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
Pesos			15	12	7	4	2	1	0
2	R.Q.D.		90-100 %	75-90 %	50-75 %	25-50 %	< 25 %		
	Pesos		20	17	13	8	3		
3	Espaçamento das descontinuidades		> 2 m	0,5-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Pesos		20	15	10	8	5		
4	Condição das descontinuidades (ver Tabela 3)		Superfícies muito rugosas, não contínuas, sem separação, paredes de rocha não alteradas	Superfícies ligeiramente rugosas, separação < 1 mm, paredes ligeiramente alteradas	Superfícies ligeiramente rugosas, separação < 1 mm, paredes muito alteradas	Superfícies polidas ou enchimento com espessura < 5 mm ou juntas contínuas com separação 1-5 mm	Enchimento mole com espessura > 5 mm ou juntas contínuas com separação > 5 mm		
	Pesos		30	25	20	10	0		
5	Presença de água	Caudal por 10 m de comprimento do túnel	nenhum	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min		
		Relação pressão da água vs tensão principal máxima	0	< 0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condições gerais	Completamente seco	Água intersticial	Húmido	Escorrimentos	Entrada de água		
		Pesos		15	10	7	4	0	

Tabela 1 – Tabelas descritivas para os parâmetros de cálculo no RMR.

A realização do mapeamento geotécnico é realizado em galerias de desenvolvimento com espaçamento de 20m entre cada ponto.

O mapeamento consiste em coleta de dados de todas as famílias de descontinuidades com maior persistência e qualificá-las de acordo com o método (RMR Bieniawski 1974). Para cada família de descontinuidades são realizadas as seguintes etapas: Coleta de três medidas com a bússola onde se retira o DIP e DIP DIRECTION, realização do cálculo de RQD, verificação de compressão uniaxial utilizando-se o martelo de geólogo, verificação dos espaçamentos das descontinuidades, condições das descontinuidades, presença de água e a orientação das descontinuidades. Após qualificar todas as famílias de descontinuidades encontradas e realizar-se o seu somatório chegamos a um valor onde podemos qualificar o maciço rochoso conforme a tabela 2.

Material escavado	Rocha sã	Rocha pouco fraturada foliada	Rocha fraturada e foliada	Rocha fraca e ou / muito fraturada	Rocha macia, argilosa ou disgregavel
Classe de Maciço	A	B	C	D	E
RMR	99-81	80-61	60-41	40-21	>20
Q Barton	<60	60 - 6,0	6,0 - 0,7	0,7 - 0,07	>0,07

Tabela 2 - Propostas de classificação RMR.

A partir dos mapeamentos realizados foram recomendados os suportes para cada tipo de caracterização do maciço rochoso, conforme apresentada na tabela 3.

Categoria da escavação	Padrão de fortificação para galerias de desenvolvimento permanente				
	Rocha sã	Rocha foliada pouco fraturada	Rocha fraturada e foliada	Rocha fraca e ou / muito fraturada	Rocha macia, argilosa ou disgregavel
Classe de Maciço	I	II	III	IV	V
RMR	99-81	80-61	60-41	40-21	>20
Q Barton	<60	60 - 6,0	6,0 - 0,7	0,7 - 0,07	>0,07
Tirante Helicoidal de aço phi= 22 mm Comprimento 2,4 m.	Espaçamento 1,5x1,5m; tirantes adicionais na lateral segundo cada caso	Espaçamento 1,5x1,5m; tirantes adicionais na lateral segundo cada caso	Espaçamento 1,0x1,0m; tirantes adicionais na lateral segundo cada caso	Espaçamento 1,0x1,0m; tirantes adicionais na lateral segundo cada caso	Espaçamento 1,0x1,0m; tirantes adicionais na lateral segundo cada caso
Tela Eletrosoldada 4,2 (2,45x6m)			Instalação no teto, sobreposição de 30 cm entre cada tela.	Instalação no teto, sobreposição de 30 cm entre cada tela.	Instalação no teto, sobreposição de 30 cm entre cada tela.
Concreto Projetado com fibra metálica				Espessura 2" a 4" piso a piso (resistencia >=25 MPa)	Espessura 2" a 4" piso a piso (resistencia >=25 MPa) Cambotas em arco; aço 6".
Tirante Helicoidal de aço phi= 22 mm Comprimento 3,0 m.					Enfilagem horizontal espaçada 20 cm.

Tabela 3 - Contensões recomendadas por caracterização do maciço rochoso

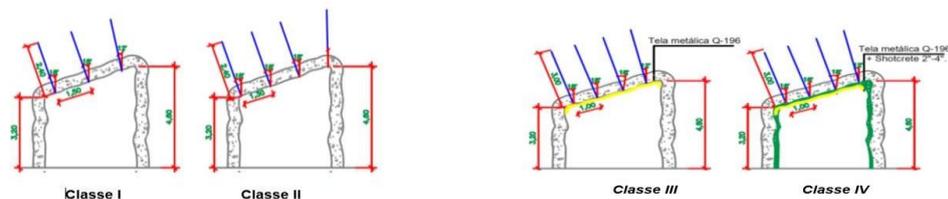


Figura 1 - Padrões de Suporte classe I e II, conforme tabela 3. **Figura 2** Padrões de Suporte classe I e II, conforme tabela 3.

Para áreas onde forem necessárias contenções do tipo V necessita-se de maior atenção devido à baixa resistência do maciço rochoso e ao alto grau de descontinuidade com baixa resistência. Assim são recomendados com base no mapeamento geotécnico e conseqüentemente na caracterização do maciço a realização de enfilagem com barras rígidas de 3m com espaçamento entre elas de 20cm, sendo que o avanço da galeria posterior a sua instalação, não deva ultrapassar 1,2m. Após o avanço realizar instalação de tela e tirantes e concluir com duas camadas de projetado com 20cm de espessura cada até cobrir totalmente a tela. Esta contenção deve ser realizada até se passar por toda área onde encontra-se com maciço caracterizado V, após interceptação de maciço competente e juntamente com a realização do mapeamento geotécnico e recomendada nova contenção.

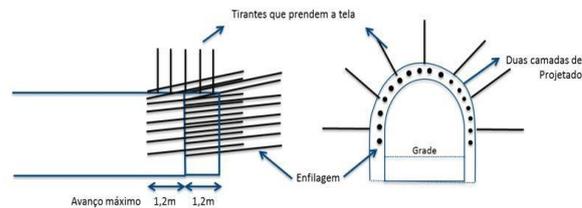


Figura 3 - Padrões de suporte especial para classe V, conforme tabela 3.

Resultados e discussão

Foram feitas as classificações da qualidade do maciço rochoso para cada ponto de acordo com Bieniawski (1974). A partir do levantamento do mapeamento realizado foi possível realizar caracterização o maciço e realizar um zoneamento, conforme figura 4, dos locais com características semelhantes em relação ao potencial de instabilidade da Mina Pilar, assim como um resumo das características de cada região podendo direcionar as contenções necessárias de acordo com a tabela 3.

Com este zoneamento, figura 4, vemos que o trabalho deste profissional não se restringe apenas nos locais em que hoje tem-se atividades mas dá para as demais áreas da mina a condições de planejar onde poderão atuar já tendo informações importantes sobre a qualidade do maciço podendo planejar custos com contenções e tempo de trabalho devido a instalação das mesmas.

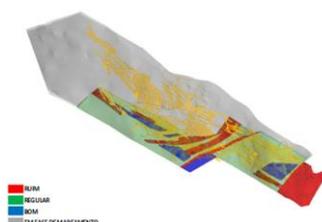


Figura 4 - Setorização geotécnica Mina Pilar.

Conclusão

Através de uma realização de um procedimento padrão para a execução de um mapeamento geomecânico proporciona uma forma de padronizar as informações que são coletadas em pesquisas facilitando assim futuras análises. Essa padronização ajuda a melhorar a qualidade dos produtos gerados evitando assim erros operacionais durante a atividade.

Pela realização deste procedimento é possível reduzir o tempo do profissional indicado para a atividade, e tendo em vista que são utilizados formulários pré-determinados também é capaz de extrair a maior quantidade de informações possível de cada um dos pontos.

O estudo deste procedimento proporciona um melhor auxílio no treinamento de novos profissionais que foram indicados para atuar nesta atividade, assim como ter um consenso entre diferentes profissionais que atuam na mesma área de atividade, tendo em vista que cada profissional pode ter uma visão diferenciada do mesmo assunto, possibilitando assim que cada profissional realize suas descrições e observações de seu próprio pontos de vista.

Referências bibliográficas

- GUERRA, Gabriel Jaime Zapata; BRASÍLIA/DF: Março /2011 - **Caracterização geomecânica de maciços rochosos intemperizados**. – Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/12852?mode=full>> Acesso em 26 ago. 2018.
- RENÓ, Rodolfo; GONTIJO, Alexandre Assunção; HERRERA, Jaime Andres Corredor; de 13 setembro 2014; **Procedimento Operacional de Mapeamento Geomecânico em Escavações Subterrâneas** – Disponível em: <https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobramseg/2014/599571_80_Proc_Operac___CBMR_2014_rev_final.pdf> Acesso em 31 ago. 2018.