

## CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA DE TALUDES ROCHOSOS: ESTUDO DE CASO DA MINA DEPREC, CAPÃO DO LEÃO – RS.

DAILANA ESTER MAYER<sup>1</sup>; BRUNA CAMILA SCHNEIDER<sup>2</sup>; JULIANA MACIEL  
BICCA<sup>3</sup>; PAOLA BASTOS REGO<sup>4</sup>; YURI VON ALMEN COELHO<sup>5</sup>; ANTÔNIO  
ALVES DA SILVA JUNIOR<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – daaimayer@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – bruna\_schneider\_1994@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – juliana.maciel.bicca@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – aloapbastos@hotmail.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – eng.yuricoelho@gmail.com

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – alves.geoestatistica@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo e reconhecimento de propriedades geomecânicas de um maciço rochoso, além da caracterização geológica estrutural da área de interesse, são indispensáveis na determinação da estabilidade de taludes. A compreensão da natureza e características das formações geológicas, bem como os mecanismos responsáveis por sua instabilidade torna-se de grande importância na tomada de medidas que garantam sua sustentação.

A ruptura de um talude é influenciada diretamente pelo comportamento de suas descontinuidades e pela litologia local, podendo assumir diversas proporções. A caracterização destas estruturas em um maciço rochoso, essencial em diversas classificações geomecânicas, considera parâmetros como número de famílias, frequência, orientação, abertura, preenchimento, espaçamento, percolação de fluidos, alteração e rugosidade.

Do ponto de vista prático, é inviável a descrição das descontinuidades em sua totalidade quando trata-se de um talude de grandes dimensões. Portanto, técnicas de amostragem representativas são utilizadas, como é o caso do *scanline* onde uma fita graduada é colocada no local e é realizado o registro das características de todas as interrupções físicas da continuidade do maciço rochoso que a intersectam.

Levando em consideração as necessidades da engenharia em sistematizar conjuntos de elementos geotécnicos na determinação da estabilidade de um maciço rochoso, diversos sistemas de classificações geomecânicas foram desenvolvidos. Estas classificações diferem-se entre si pelo número de parâmetros considerados e consequentemente por sua confiabilidade.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo a caracterização e reconhecimento de estruturas presentes em um dos taludes da Mina DEPREC, no município de Capão do Leão – RS, a partir da técnica *scanline* avaliando a estabilidade do mesmo através da utilização dos sistemas geomecânicos RMR (*Rock Mass Rating*) e GSI (*Geological Strength Index*).

### 2. METODOLOGIA

Inicialmente foi desenvolvida uma revisão bibliográfica acerca dos conceitos relacionados à mecânica das rochas e das classificações geomecânicas existentes para maciços rochosos. A partir destes estudos foi então executado um trabalho em campo.

Já no local, para o levantamento estrutural através da linha de varredura - *scanline* - foram definidas frentes de análise considerando o tamanho da área de

exposição e a viabilidade de medição do local, além de levar em consideração principalmente a escolha de uma área representativa de todo o maciço da mina.

Após seleção das áreas para levantamento foi esticada uma trena presa à frente de análise, procurando deixá-la na horizontal e mais perto possível da base do talude, essa trena serviu como a linha base das *scanlines*. No talude selecionado foi realizado um conjunto de observações com vista à determinação dos parâmetros físicos e geométricos dos maciços rochosos aí ocorrentes.

As observações foram executadas em todas as descontinuidades que intersectaram a linha de análise e registradas em planilhas de amostragem, sendo então os parâmetros de orientação das descontinuidades e o tipo desta (falha, fraturas, diaclases, etc.), a posição da descontinuidade na trena (a distância, ao longo da *scanline*, a partir do seu início até o ponto em que a descontinuidade intercepta a *scanline*), a persistência, a rugosidade do plano, a existência de abertura e assim o preenchimento da mesma, a presença de água, além de qualquer observação julgada importante.

Em um primeiro momento a partir dos dados adquiridos no estudo em campo, os planos medidos foram representados no estereograma com as orientações de todas as estruturas amostradas na *scanline*, além de ter sido confeccionado o diagrama de roseta para definição das famílias de fraturas presentes. Neste momento os dados foram tratados pelo *software Stereonet 9.0*.

Posteriormente, partindo da análise dos dados e de uma aproximação para os ensaios de compressão uniaxial, o talude foi classificado segundo os métodos de classificação geomecânicas de maciços rochosos RMR de Bieniawski (1989) e GSI de Hoek *et al.* (1995).

Os resultados gerados pelos dois sistemas de classificação geomecânicas citados foram ponderados sendo então caracterizada a instabilidade ou estabilidade do talude em estudo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O RMR (*Rock Mass Rating*), sugerido e aprimorado por Bieniawski entre os anos de 1973 e 1979, que tem sido aperfeiçoado para aplicações em diferentes áreas ao longo dos anos, além de sofrer mudanças significativas nas avaliações atribuídas e características consideradas. Os parâmetros analisados para a utilização deste método de classificação geomecânica são: a resistência à compressão uniaxial da rocha intacta; RQD (*Rock Quality Designation*); Espaçamento das descontinuidades; Influência da água; Orientação das descontinuidades; e Condições das descontinuidades: a) persistência, b) abertura, c) rugosidade, d) enchimento, e) grau de alteração.

Já em 1995, Hoek elaborou uma nova classificação intitulada como GSI ou *Geological Strength Index* visando estimar a redução da resistência sob diversas condições geológicas e obter novos parâmetros geomecânicos de maciços rochosos.

Para a realização da classificação geomecânica pelo método RMR foram considerados os seis parâmetros conforme o modelo de Bieniawski de 1989, sendo todos os pesos obtidos para estes parâmetros baseados na tabela de consulta de Bieniawski (1989).

Todos os parâmetros para o método RMR foram analisados a partir dos dados obtidos das descontinuidades do talude da mina DEPREC e calculados seus respectivos pesos, sendo assim possível realizar o somatório dos mesmos e chegar

a classificação do talude estudado. Os parâmetros foram sintetizados na Tabela 1 para melhor compreensão dos resultados obtidos.

Tabela 1. Parâmetros calculados para o método de classificação RMR de Bieniawski (1989).

Parâmetros considerados	Peso atribuído
Resistencia a compressão uniaxial da rocha intacta	04
RQD	13
Espaçamento das descontinuidades	15
Influência da água	15
Orientação das descontinuidades	00
Condições das descontinuidades	
Persistência	02
Abertura	06
Rugosidade	05
Enchimento	06
Grau de alteração	05
<b>Somatório</b>	<b>71</b>

Dessa maneira, o somatório dos pesos resultou em 71, sendo referente à classe II, classificando o talude rochoso como bom. Consequentemente, segundo Bieniawski (1989), tendo a coesão da massa rochosa entre 300 e 400 KPa e ângulo de atrito da massa rochosa entre 35 e 45°, com aproximadamente 1 ano de estabilidade sem contenção.

Já o sistema introduzido por Hoek é geralmente definido por ábacos. Pela experiência registrada por Hoek ao longo dos anos, alguns elementos geológicos demonstram-se suficientes para fazer o registo de observação em campo e estimar o valor do GSI. Esse método passou por muitas atualizações, uma delas recente e a utilizada neste estudo é a de Hoek *et al.* (2013) que apresentaram um ábaco no qual o GSI pode ser estimado a partir da estrutura (fraturamento) do maciço e da qualidade das descontinuidades (Figura 1).

A estrutura do maciço é quantificada pelo RQD, e a condição das descontinuidades pelos pesos da classificação RMR de Bieniawski (1989), denominados de  $J_{\text{Cond89}}$ . Assim, o GSI pode ser determinado pela relação,  $\text{GSI} = 1,5J_{\text{Cond89}} + \text{RQD}/2$ .

Para o talude estudado a classificação a partir da descrição geológica foi considerada como boa (rugosa, superfície levemente intemperizadas) para as condições das descontinuidades e o talude foi classificado como muito fraturado (maciço parcialmente perturbado, com interação, blocos angulares multifacetados, formado por quatro ou mais famílias de descontinuidades) em relação a estrutura. Ainda um valor de 65,45 foi encontrado segundo a equação descrita acima a partir de valores calculados anteriormente para a classificação pelo RMR ( $J_{\text{Cond89}} = 24$  e  $\text{RQD} = 58,9$ ).



O trabalho prático em campo e a realização deste estudo permitiu aprofundar os conhecimentos em termos de elementos de classificação de maciços rochosos, através da caracterização e reconhecimento de estruturas presentes no talude da mina DEPREC por meio da técnica de levantamento por *scanline*. E assim os dados puderam ser aplicados aos métodos RMR de Bieniawski (1989) e GSI de Hoek et al. (1995) que podem ser aplicados em conjunto.

Os métodos utilizados mostraram-se satisfatórios para a classificação da estabilidade do talude estudado. Foi obtido para o mesmo um resultado positivo, com um valor 71 para o RMR e 65 – 66 para o GSI, sendo considerado o talude como bom e tendo a coesão da massa rochosa entre 300 e 400 KPa, ângulo de atrito da massa rochosa entre 35 e 45°, com aproximadamente 1 ano de estabilidade sem contenção.

Apesar dos resultados encontrados serem favoráveis, o talude é considerado estável por no máximo um ano. Assim, recomenda-se um contínuo monitoramento das variáveis condicionantes da instabilidade dos taludes para manter a segurança da comunidade local, considerando que possíveis mudanças podem ocorrer devido, por exemplo, a chuvas torrenciais e atividades antrópicas não autorizadas no local.

BIENIAWSKI, Z.T. **Engineering rock mass classifications**. New York, Wiley. 1989, 251p.

HOEK, E.; CARTER, T.G. & DIEDERICHS, M.S. **Quantification of the Geological Strength Index Chart**. 47th U.S. Symposium on Rock Mechanics. San Francisco, California, 2013.

HOEK, E.; KAISER, P.K. E BAWDEN, W.F. **Support of underground excavations in hard rock**. Rotterdam, Balkema, 1995, 215p.