

## APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA SLOPE MASS RATING EM UM TALUDE DE PEDREIRA EM CAPÃO DO LEÃO – RS

CATARINA RODRIGUES DO AMARAL<sup>1</sup>; LÉO VIEIRA<sup>2</sup>; MARINA LUIZA JORDÃO  
MARTINS<sup>3</sup>; RODRIGO ANTÔNIO FREITAS RODRIGUES<sup>4</sup>; PAOLA BRUNO  
ARAB<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [catarina.amaral\\_@hotmail.com](mailto:catarina.amaral_@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [leo.vieira.14@aberdeen.ac.uk](mailto:leo.vieira.14@aberdeen.ac.uk)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marinaljm@gmail.com](mailto:marinaljm@gmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [rodriz.eng.petroleo@gmail.com](mailto:rodriz.eng.petroleo@gmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – [paola.arab@gmail.com](mailto:paola.arab@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Os perigos associados a instabilidade de taludes representam em boa parte os problemas geotécnicos enfrentados pela sociedade atual. Frequentemente, relatam-se ocorrências de acidentes associados a escorregamento de material rochoso, os quais podem ser evitados através de uma análise detalhada de estabilidade de taludes. A análise de estabilidade para situações desse tipo tem como objetivo identificar os taludes em situação propícia à ruptura e sugerir ações cabíveis de manutenção.

As classificações geomecânicas são metodologias adequadas para atingir esse objetivo. Ainda que pouco exploradas no Brasil, tais classificações representam parte relevante da elaboração de projetos de engenharia geotécnica, constituindo a essência para formulações empíricas. *Slope Mass Rating* (SMR), classificação geomecânica desenvolvida por Romana (1985), é empregada em programas de estabilização de taludes rochosos e será abordada neste trabalho. Tal classificação foi elaborada pelo autor a partir da Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski, 1973), sendo esta última aplicada a obras de escavação subterrânea.

A área de estudo do presente trabalho, está inserida no contexto geológico do Escudo Sul-rio-grandense (ESRG), que, conforme Almeida & Hasui (1984), representa a porção meridional da Província Mantiqueira. O Cinturão Dom Feliciano (CDF), o qual compõe boa parte do ESRG, é representado pelo Granito Capão do Leão na área estudada, a qual situa-se na região sudeste do domínio leste do CDF.

O objetivo desse trabalho analisar a qualidade e a estabilidade de um talude escavado em maciço rochoso por meio da classificação geomecânica *Slope Mass Rating* – SMR.

### 2. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho deve-se a disciplina de Mecânica das Rochas do curso de Engenharia Geológica, onde o mesmo foi objeto de avaliação parcial. Desta forma, diversas observações amplamente relevantes em estudos geotécnicos foram aplicadas. A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo a primeira delas referente aos trabalhos de campo, enquanto a segunda compreendeu o processamento e análise dos dados coletados na primeira fase.

A etapa de campo foi compreendida pela aplicação do método de scanline, caracterização das descontinuidades e caracterização litológica (ISRM, 1978). O método de scanline consiste em definir uma linha de varredura no maciço rochoso, com o auxílio de uma fita métrica (5 m), e registrar o espaçamento entre

as descontinuidades que intersectam-na. A caracterização das descontinuidades leva em consideração um conjunto de parâmetros de fundamental importância na segunda etapa de atividades.

Além disso, as estruturas podem ser avaliadas quanto a sua orientação, abertura, preenchimento, persistência, rugosidade, ângulo de atrito, resistência das paredes, percolação d'água e número estimado de famílias. Para a aplicação do método de scanline, foi adotada a fita de 3 m ao invés da fita de 5 m (recomendação técnica), por conta da logística de campo, de maneira a conseguir dispor todos os alunos em frentes de escavação seguras. Esta foi a única recomendação técnica não seguida ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Na etapa de análise cinemática do talude, o trabalho obedece a seguinte metodologia: (i) plotagem das descontinuidades na rede de Schmidt, (ii) reconhecimento das famílias de descontinuidades e suas intersecções, (iii) determinação das orientações médias e verificação da dispersão e (iv) definição da orientação da scanline.

A orientação média das descontinuidades, somadas à orientação média do talude e ao ângulo de atrito (obtido com o tilt test), formam a base para a análise de estabilidade do talude. Existem várias formas de instabilidade, como é o caso da queda de blocos, do escorregamento/deslizamento e o tombamento. Para esse trabalho foram utilizados os testes de Markland (1972). Estes testes são amplamente utilizados em maciços rochosos de qualidade boa a razoável e, por meio das projeções estereográficas, auxiliam na obtenção da análise cinemática de estabilidade de taludes.

Para a classificação geomecânica foi calculada a classificação RMR de Bieniawski (1989), a qual, posteriormente, foi aplicada à classificação SMR de Romana (1985). Desta forma, com o auxílio da SMRTTool beta 1.10 – Planilha Excel para cálculo do SMR (Riquelme et al., 2014), foi obtido um valor de SMR a partir do RMR anteriormente calculado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

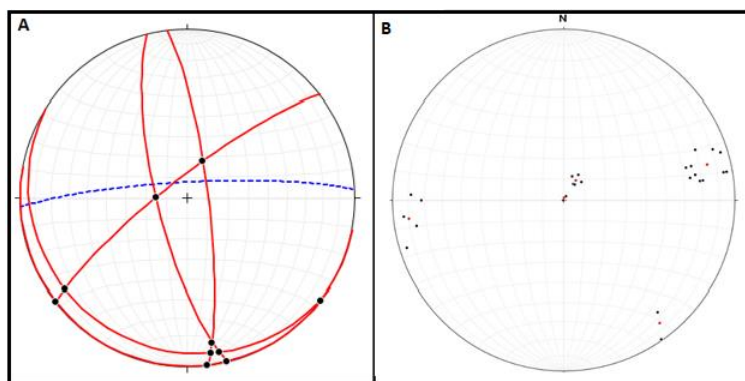
O talude estudado apresenta atitude média de (267°/82° NW) e a scanline atitude de (074°/059°). Os dados obtidos na etapa de campo estão sumarizados na tabela 1 e representados em projeção estereográfica na figura 1, enquanto as famílias definidas encontram-se na tabela 2.

**Tabela 1** - Descrição realizada em campo das fraturas que interseccionam a scanline.

Descrição das Fraturas (método <i>scanline</i> )					
Fratura	Atitude Média	Comprimento	Persistência	Índice JRC	Abertura
1	(165/69°SW)	80 cm	Fraca	8--10	Muito Apertada
2	(168/65°SW)	30 cm	Fraca	10--12	Muito Apertada
3	(349/84°NE)	43 cm	Fraca	6--8	Muito Apertada
4	(117/01°SW)	2,57 m	Moderada	6--8	Apertada
5	(123/11°SW)	2,54 m	Moderada	6--8	Apertada
6	(164/84°SW)	22 cm	Fraca	4--6	Muito Apertada
7	(355/74°NE)	20 m	Forte	4--6	Parcialmente Aberta
8	(230/84°NW)	3 m	Moderada	6--8	Apertada

**Tabela 2** - Descrição das famílias observadas e as fraturas que pertencem a cada família.

Famílias de Fraturas			
Família	Atitude	Espaçamento	Fraturas Correspondentes
1	(353/80°NE)	80 cm	3 e 7
2	(232/80°NW)	60 cm	8
3	(166/75°SW)	80 cm	1, 2 e 6
4	(101/01°SW)	100 cm	4
5	(122/11°SW)	50 cm	5



**Figura 1 – A)** Projeção estereográfica representando as atitudes das famílias de descontinuidades em linhas vermelhas, a atitude do talude em linha pontilhada azul e as cunhas em círculos pretos. **B)** Projeção estereográfica dos polos dos planos das fraturas medidas em campo (em preto) e o polo das famílias identificadas (em vermelho).

A análise cinemática de estabilidade de Markland (1972) avaliou o potencial de ruptura planar, assim como o potencial de ocorrência de ruptura em cunha e o potencial de ocorrência de ruptura por tombamento. Após os testes, o maciço foi considerado não suscetível aos três tipos de ruptura.

A classificação RMR, considera cinco parâmetros: (i) a resistência da rocha intacta, (ii) o RQD, (iii) o espaçamento das descontinuidades, (iv) a condição das descontinuidades e (v) a ação da água subterrânea. Esses valores de RMR, somados aos fatores de ajuste de Romana (2003), resultam em uma classificação geomecânica adaptada, agora SMR, para cada família de fratura, bem como para cada intersecção entre essas famílias.

Os valores de SMR obtidos foram submetidos a uma análise estatística. A média obtida entre os 15 valores de SMR foi 73,6 enquanto a mediana e moda foram iguais a 75. O valor mínimo de SMR foi 51 e o valor máximo foi 86. Vale lembrar que aproximadamente 54% dos valores são iguais a 75. De acordo com o valor de SMR encontrado, Romana (2003) sugere algumas obras de apoio para a reestabilização de taludes (Figura 2).

Sabe-se que o menor valor encontrado deve ser o valor escolhido para representar o talude em questão, pelo simples fato de considerar uma margem que equivalha a um fator de segurança. Por outro lado, o menor valor de SMR encontrado (51) destoa muito de todos os outros valores de SMR. Um talude com SMR 51 necessitaria passar por obras de estabilização que poderiam incluir uma concretagem e, julgando pelo que foi observado em campo, tais obras seriam demasiadas para o talude estudado neste trabalho.

Portanto, excluindo o menor valor de SMR, os dois menores valores que sobram são de 67 e esse é o valor de SMR escolhido para representar o talude rochoso da pedra do Capão do Leão. Com esse valor de SMR em mente, faz-se possível a classificação do talude na classe SMR II (Estável) e, finalmente, a sugestão de obras de estabilização coerentes para esse talude (Figura 2). No caso de taludes de SMR 67, não são necessárias obras de redimensionamento. É possível, porém, que haja queda de blocos por gravidade, já que há famílias de fraturas subhorizontais. Para evitar estes tipos de acidentes são recomendados para a estabilização do talude obras de reforço ou obras de proteção.

Ao passar, portanto, por uma análise criteriosa de um profissional da área, o talude estudado poderia tanto permanecer nas condições atuais, quanto passar por obras de proteção, como a instalação de malhas de contenção localizadas.

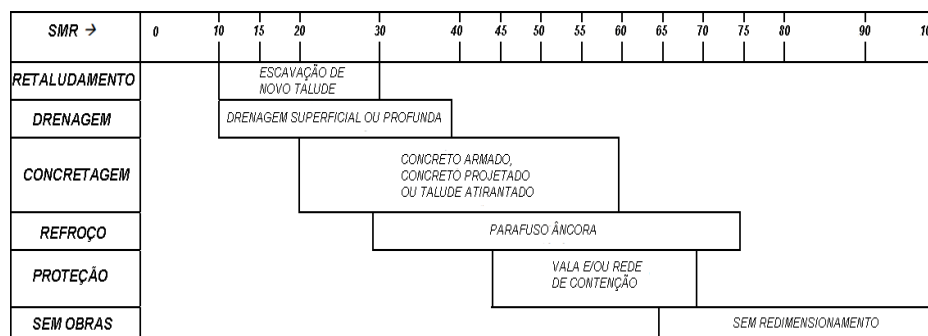


Figura 2 - Obras de apoio sugeridas por Romana (2003).

#### 4. CONCLUSÕES

A partir das informações obtidas neste trabalho, constata-se que o talude estudado está em condição estável. Portanto, neste caso, não é necessário o tratamento da frente escavada, exceto caso seja observada a presença de blocos favoráveis a queda livre em campo. Neste último caso, certa proteção localizada seria adequada, tal como uma malha de contenção. Conclui-se que as técnicas abordadas neste trabalho permitem a adequada classificação geomecânica de um talude, representando uma alternativa eficiente, prática e de baixo custo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. 1984. O embasamento da Plataforma Sul Americana. In: **O Pré-cambriano do Brasil**, Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 350-378.
- BARTON, N. R. 1973. Review of a new shear strength criterion for rock joints. **Eng Geol**, 7:287-332.
- BARTON, N.R.; CHOUBEY, V. 1977. The shear strength of rock joints in theory and practice. **Rock Mech**. 10(1-2), 1-54.
- BIENIAWSKI, Z. T. 1989. **Engineering rock mass classifications**. Wiley, New York.
- ISRM, 1978. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. **Int J Rock Mech Min Sci Geomech Abstr** 15:319-368.
- MARKLAND, J. T. 1972. A useful technique for estimating the stability of rock slopes when the rigid wedge slide type of failure is expected. **Imperial College Rock Mechanis Research Reprints** 19:1-10.
- RIQUELME, A.; TOMÁS, R; ABELLÁN A. 2014. **SMRTool beta**. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante.
- ROMANA, M. 1985. New adjustment ratings for application of Bieniawski classifications to slopes. In: **International symposium on the role of rock mechanics**, Zacatecas, pp 49-53.
- ROMANA, M. 2003. DMR (Dam Mass Rating). An adaptation of RMR geomechanics classification for use in dams foundations. **Int. Cong. On Rock Mechanics**, (Technology roadmap for rock mechanics) South African Inst, Of Min, and Meta, 977-980.