

ANEXO IV. Classificação Geomecânica VSR (*Volcanic Slope Rating*).

IV.1. Origem da classificação

A origem vulcânica das ilhas da Macaronésia confere aos seus maciços características geotécnicas bem diferenciadas das dos materiais sedimentares e metamórficos de outras regiões do mundo. Por esta razão, nenhuma das classificações geomecânicas comumente utilizadas tem uma adaptação eficiente às suas particularidades geológicas. Entre estas vale a pena destacar, pela sua relevância no âmbito geomecânico, a heterogeneidade litológica e estrutural, com alternâncias de materiais de diferentes competências localizados em extensões laterais, por vezes muito pequenas e, no âmbito geoestrutural, a presença de descontinuidades e sistemas de fraturação muito diferentes devido à sua génese diversa, bem como vazios e cavidades.

Estas classificações sofrem desajustes nos maciços lávicos, porque a matriz rochosa tem, geralmente, uma resistência elevada, não tendo uma influência excessiva na resistência geral do maciço, uma vez que o fator mais decisivo, neste aspeto, é a presença de descontinuidades e heterogeneidades, cujas características e direção são de determinação complexa pois uma parte significativa delas tem origem térmica.

Por outro lado, nos maciços piroclásticos, a influência das descontinuidades é baixa e a resistência da rocha matriz é um parâmetro muito inconclusivo porque este material, sendo composto por uma estrutura de partículas, não apresenta um comportamento previsível através de um modelo contínuo convencional.

Estas razões justificam a necessidade de ferramentas específicas que permitam determinar, da forma mais adequada, a qualidade do maciço rochoso vulcânico e, se for caso disso, analisar o risco de um talude escavado nesse maciço.

IV.2. Os parâmetros da Classificação Geomecânica VSR

Esta classificação é aplicável e, para cada uma das três tipologias em que se podem classificar os taludes de rocha vulcânica, apresenta parâmetros específicos. As três tipologias de taludes vulcânicos são: homogêneos, formados por lavas; homogêneos formados por piroclastos e escórias; e heterogêneos. A classificação utiliza cinco parâmetros, que se descrevem nos pontos seguintes.

IV.2.1 Resistência da rocha

A resistência da matriz rochosa e o grau de soldagem dos piroclastos têm uma influência semelhante no comportamento dos dois primeiros tipos de talude anteriormente referidos, pelo que foram agrupados num campo designado "Resistência da rocha". A resistência da matriz rochosa é classificada com o mesmo critério que o *Rock Mass Rating*, RMR (Bieniawski, 1989), com variação desde < 25 MPa a > 250 MPa, enquanto o grau de soldagem dos piroclastos é classificado em função da dificuldade que o material apresenta na separação das suas partículas, manualmente ou com um martelo de geólogo.

No caso de taludes heterogéneos, deve optar-se pelo valor correspondente ao estrato mais fraco, pois este determina a estabilidade do talude.

Quadro IV. 1. Resistência da rocha.

Resistência da rocha					
Matriz rochosa (MPa)	> 250	250-100	100-50	50-25	< 25
Grau de soldagem do material granular	Não podem ser separados	Separam-se com dificuldade com a ponta do martelo	Separam-se quando raspados com a ponta do martelo	Separam-se com dificuldade com a mão	Separam-se facilmente com a mão

IV.2.2 Tamanho do bloco

Este parâmetro representa o grau de fraturação do maciço rochoso. Um talude é tanto mais instável quanto mais fraturado estiver, portanto na sua determinação, em caso de dúvida (taludes com graus de fraturação heterogéneos) recomenda-se optar pelo menor valor. O Quadro IV.2 define os diferentes tamanhos de bloco em m³.

Quadro IV. 2. Tamanho do bloco.

Tamanho do bloco	VB (m ³)	> 10	0,2 - 10	0,01 - 0,2	0,0002 - 0,01	< 0,0002

IV.2.3 Características das descontinuidades

Os parâmetros mais decisivos das descontinuidades são valorizados do ponto de vista do comportamento geomecânico do maciço. Esses parâmetros são: a rugosidade, a continuidade e a abertura e ainda o tamanho dos blocos. Quando se trate de taludes com configurações heterogêneas destes parâmetros recomenda-se optar pelo valor mais baixo.

Quadro IV. 3. Características das descontinuidades.

Características das descontinuidades	Rugosidade	Muito rugosas	Rugosa	Ligeiramente rugosa	Lisa	Plana
	Continuidade (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20
	Abertura (mm)	Fechada	< 0,1	0,1 – 1,0	1 - 5	> 5

IV.2.4 Índice de Heterogeneidade (IH)

Do ponto de vista da estabilidade, um índice de heterogeneidade elevado é indício de que o talude evoluirá negativamente, dada a diferente suscetibilidade à erosão dos materiais que o compõem. Esta heterogeneidade origina, num mesmo maciço, camadas com diferentes características geomecânicas, tanto na resistência como na deformabilidade e suscetibilidade à erosão. Além disso, os planos de contacto entre diferentes materiais assumem, por si só, planos de fraqueza no maciço.

Para avaliar de forma global a heterogeneidade do maciço e, sobretudo, tendo em conta a aplicação da classificação em taludes, propõe-se uma expressão simples que relaciona o número de alternância de materiais presentes num talude com a sua altura.

$$IH = \frac{N^{\circ} \text{de alternâncias de material} \cdot 100}{\text{Altura do Talude}} \quad (IV. 1)$$

Tal como nos parâmetros anteriores, foi definida uma gama de valores, dividida em cinco campos, que se apresenta no Quadro IV. 4.

Quadro IV. 4. Índice de heterogeneidade do maciço.

Índice de Heterogeneidade (IH)	0	1 - 35	35 - 70	70 - 100	> 100
--------------------------------	---	--------	---------	----------	-------

IV.2.5 Índice de Regularidade (IR) da superfície

Este parâmetro reflete dois aspetos muito importantes na litologia das rochas vulcânicas: a erodibilidade das camadas e a presença de vazios. Estes últimos referem-se tanto às cavidades vulcânicas como às cornijas formadas resultantes da erosão.

É um parâmetro muito relevante, uma vez que os taludes que apresentam uma elevada irregularidade são muito instáveis, dado que existem muitos blocos descaçados, que originam cornijas. O Quadro IV.5 mostra as várias observações a ter em conta para definir este índice.

Quadro IV. 5. Índice de regularidade.

Índice de Regularidade (IR)	Muito regular	Regular	Irregular	Bastante irregular	Muito irregular
	Superfície lisa, sem camadas erodíveis ou cavidades/ /cornijas	Poucas irregularidades/ algumas cavidades/ /cornijas < 25 cm de profundidade. Alguma camada algo erodível	Bastantes cavidades/ /cornijas com 25 a 50 cm de profundidade. Algumas camadas suscetíveis à erosão.	Mais de 50 % do talude com cavidades/ /cornijas de 50 cm a 1 m. Várias camadas com elevada suscetibilidade à erosão	Mais de 50 % do talude ocupado por cavidades/ /cornijas > 1 m de profundidade. Muitas camadas com elevada suscetibilidade à erosão.

IV.3. Implementação da Classificação Geomecânica VSR

O objetivo desta classificação é obter o grau de estabilidade de um talude de forma sistematizada, rápida e independente do técnico que realiza a inspeção.

Todos os parâmetros acima mencionados que compõem a Classificação Geomecânica VSR estão listados no Quadro IV.6 que apresenta a classificação completa e permite atribuir uma pontuação a cada um dos parâmetros.

Quadro IV. 6. Classificação geomecânica.

Classificação Geomecânica para taludes em rochas vulcânicas (VSR)						
Resistência da rocha	Matriz rochosa (MPa)	> 250	250-100	100-50	50-25	< 25
	Grau de soldagem do material granular	Não podem ser separados	Separam-se com dificuldade com a ponta do martelo	Separam-se ao raspar com a ponta do martelo	Separam-se com dificuldade com a mão	Separam-se facilmente com a mão
	Pontos	13	8	5	2	0
Tamanho do bloco	VB (m³)	> 10	0,2 - 10	0,01 - 0,2	0,0002 - 0,01	< 0,0002
	(cubo de lado cm)	(> 200)	(60 - 200)	(20 - 60)	(6 - 20)	(< 6)
	Pontos	4	3	2	1	0
Características das descontinuidades	Rugosidade	Muito rugosas	Rugosas	Ligeiramente rugosas	Lisas	Planas
	Pontos	12	8	5	2	0
	Continuidade (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20
	Pontos	16	12	8	4	0
	Abertura (mm)	Fechadas	< 0,1	0,1 a 1	1 a 5	> 5
Pontos	16	12	8	4	0	
Índice de Heterogeneidade	(IH)	0	1 - 35	35 - 70	70 - 100	> 100
	Pontos	6	4	2	1	0
Índice de Regularidade	(IR)	Muito regular	Regular	Irregular	Bastante irregular	Muito irregular
	Pontos	40	30	20	10	0
Total						
	Pontos	100 - 80	80 - 60	60 - 40	40 - 20	20 - 0
Grau de estabilidade		I	II	III	IV	V
		Estável	←—————→			Instável

Com base na recolha de dados de campo, todos os parâmetros devem ser avaliados e somados os pontos correspondentes, de forma a obter um grau de estabilidade. O grau de estabilidade tem uma configuração semelhante ao RMR, de modo que foram definidos graus entre I e V, sendo V o mais instável e I o grau de mais estável. Um talude com:

- grau de estabilidade V é aquele em que já aconteceu um fenómeno significativo de instabilidade;
- grau de estabilidade IV existem sinais evidentes de instabilidade como: grandes blocos caídos, blocos instáveis na encosta, fraturas importantes na crista e sinais recentes de eventos de rotura;
- grau de estabilidade III apresenta algum tipo de instabilidade de baixa ou moderada importância, tal como: blocos caídos de tamanho decimétrico ou presença de consolas localizadas;
- grau de estabilidade II corresponde a um talude estável, sem qualquer sinal de instabilidade significativa, para além de ligeiras acumulações de depósitos finos na sua base; e
- grau de estabilidade I é um talude totalmente estável, sem qualquer sinal de instabilidade visível ou depósitos de qualquer tipo na sua base. Estes taludes não devem apresentar blocos soltos nem caídos.