

USO DA CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA *SLOPE MASS RATING* (SMR) EM UMA PEDREIRA DE MÁRMORE NO DISTRITO DE ITAOCA, SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Garion Guidotti de Souza dos Santos - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Marcos Eduardo Hartwig – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

marcos.hartwig@ufes.br

RESUMO

A classificação geomecânica SMR - *Slope Mass Rating* é uma das mais utilizadas internacionalmente no intuito de se avaliar as condições de estabilidade de taludes em rocha. A classificação SMR é uma modificação da classificação RMR, pois agrega informações geoestruturais. No presente estudo, avaliou-se as condições de estabilidade de uma pedreira de mármore no município de Itaoca, Espírito Santo. Os resultados mostram que os taludes possuem qualidade geomecânica muito ruim a boa, e estão sujeitos a deslizamentos em cunha e planar. Os menores valores de SMR foram determinados para os taludes NE2 e NW. Adicionalmente, taludes de grande altura, desprovidos de bancadas, podem estar sujeitos a efeitos de subamostragem de dados estruturais.

Palavras Chave: *Análise Cinemática; Estabilidade de taludes; Maciço Rochoso.*

ABSTRACT

The Slope Mass Rating – SMR is one of the most widely used geomechanical classification system for the evaluation of rock slope stability. In this study, we applied the SMR to an abandoned marble quarry located in the Itaoca district, Espírito Santo State (southern Brazil). The results indicated that cut slopes have very bad to good stability conditions and are prone to wedge and planar failure modes. The lowest SMR values were determined for the NE2 and NW rock slopes. In addition, benchless slopes may be subjected to undersampling effects of geostructural data.

Keywords: *Kinematic analysis; Slope stability; Rockmass.*

INTRODUÇÃO

Os sistemas de classificação geomecânica tem sido amplamente utilizados na engenharia geotécnica nos últimos 75 anos em todo o mundo, com o intuito de mensurar e avaliar a qualidade e as condições de estabilidade de maciços rochosos em escavações de talude, na mineração e em empreendimentos civis de infraestrutura Basahel e Mitri (2017) [1]. Estes sistemas se baseiam na atribuição de notas a respeito de diversos parâmetros do maciço rochoso a partir de pontos de amostragem, sendo que o resultado final indicará a qualidade do maciço rochoso e qual o sistema de suporte mais adequado a se empregar.

O sistema de classificação geomecânica *Slope Mass Rating* – SMR de Romana (1985) [2] é um dos mais utilizados para a avaliação das condições de estabilidade de taludes em rocha, tendo sofrido diversas atualizações ao longo do tempo. Nesta classificação, os valores variam entre 0 e 100, sendo que 0 corresponde a um maciço muito ruim e 100 o oposto. De acordo com o valor SMR, se obtém cinco classes de estabilidade de maciço e seis classes de tratamento. Em suas variáveis, além de considerar os parâmetros utilizados na classificação *Rock Mass Rating* – RMR Bieniawski (1989) [3], a qual é amplamente adotada em escavações de túneis, ainda considera os modos de ruptura do maciço rochoso (por exemplo, planar e tombamento), que pode ser determinado a partir das relações geométricas entre a atitude dos planos de descontinuidade e a atitude da face do talude.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi o de aplicar a classificação geomecânica *Slope Mass Rating* - SMR de [2] modificada por Anbagalan, Sharma e Raghuvanshi (1992) [4] aos taludes de uma pedreira de mármore localizada no distrito de Itaoca, município de Cachoeiro de Itapemirim, região sul do estado do Espírito Santo, Brasil (Figura 1). Trata-se de uma pedreira inativa da Vale, cujo material era utilizado no processo de pelotização do minério de ferro da empresa no porto em Vitória, ES.

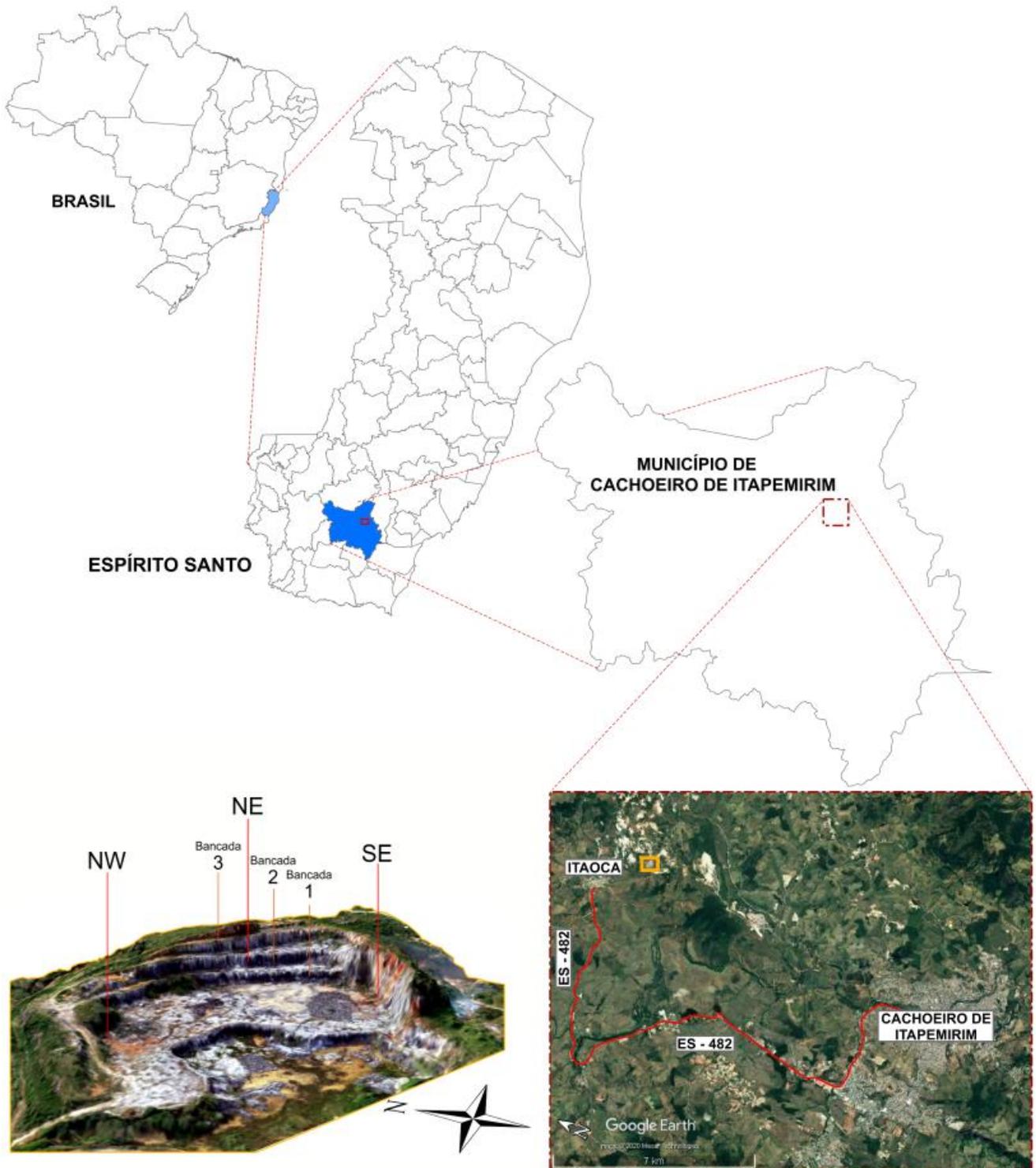


Figura 1. Localização da área de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Dados da classificação RMR Boulhosa (2018) [5];
- Dados estruturais Santos (2018) [6];
- Software *EXCEL*[®] (Microsoft);
- Software *Dips*[®] (Rocscience).

A área de estudo está dividida em três setores: NW, NE e SE. O setor NE possui três bancadas, denominadas como NE1 (inferior), NE2 (intermediária) e NE3 (superior), de aproximadamente 10 metros de altura cada, enquanto os demais, apenas uma única bancada (Tabela 1 e Figura 1). A última bancada do setor NE é constituída de solo e o setor SE envolve um talude de maior altura ($h = 40$ m).

Tabela 1. Atitude dos taludes estudados.

Taludes	Rumo mergulho	Mergulho
NE	233	80
SE	330	80
NW	144	80

Utilizou-se neste trabalho a classificação SMR de [2] modificada por [4], por incluir o modo de ruptura em cunha. As famílias de descontinuidades foram identificadas visualmente por meio de estereogramas a partir de dados estruturais, conforme Carneiro (1996) [7]. Os dados estruturais foram obtidos de [6] por meio da técnica das *scanlines* (ou linhas de varredura), cuja extensão foi de 55 m. As famílias de descontinuidades foram identificadas para cada uma das bancadas de cada setor da mina. Em seguida, procedeu-se com a análise cinemática de estabilidade destes Hudson e Harrison (1997) [8]. O ângulo de atrito utilizado nas análises cinemáticas foi de 63° e o mesmo foi retirado de [6]. Os dados de classificação geomecânica RMR [2] foram obtidos de [4], que aplicou a classificação em estações a cada 5 m. Devido ao fato dos valores RMR possuírem pequena variação, adotou-se a média de seus valores para cada uma das bancadas. Finalmente, de posse da geometria dos taludes, dados estruturais e geomecânicos, procedeu-se com a aplicação da classificação SMR para cada uma das famílias de descontinuidades que poderiam provocar rupturas do tipo planar, tombamento (flexural) e cunha, conforme expressão:

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Em que F1 é o ângulo entre a direção das fraturas (ou a linha de interseção entre dois planos de fraturas) e a direção do talude, F2 é o fator relacionado ao mergulho das fraturas para rupturas planares ou ao mergulho da linha de interseção entre dois planos de fraturas para rupturas em cunha, F3 é o ângulo entre o mergulho do talude e o mergulho das fraturas ou o mergulho da linha de interseção entre dois planos de fraturas e F4 é o fator devido ao método de escavação.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área de estudo está inserida na porção sul do Orógeno Araçuaí (Figura 2), localizado no sudeste do Brasil Alkimim et al. (2007) [9], tendo sido formado durante a amalgamação do Gondwana ocidental ao final do Neoproterozóico. O Orógeno Araçuaí compreende sequências do tipo rifte a margem passiva, com restos ofiolíticos precursores da Bacia Macaúbas e intrusões pré- a pós-colisionais relacionados ao Arco Magmático Rio Doce Pedrosa-Soares et al. (2011) [10]. As sequências supracrustais relacionadas ao arco são

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA RMR

A Tabela 2 mostra os valores médios de RMR e o coeficiente de variação de cada um destes taludes. Nota-se maciços de qualidade geomecânica boa a muito boa (classes I e II). Os baixos valores de coeficiente de variação determinados indicam homogeneidade nos dados geomecânicos. Observa-se que o talude NW é o que possui os menores valores de RMR. Constata-se também que no talude NE, os valores de RMR aumentam com a profundidade.

Tabela 2. Classificação geomecânica média para os taludes da área de estudo.

Fonte: [5].

Taludes	Bancada	RMR Médio	Coeficiente de Variação (%)
	NE 1	83,74	8,69
NE	NE 2	78,3	11,85
	NE 3	73,2	22,03
SE	-	75,6	12,9
NW	-	67,7	28,3

ANÁLISE ESTRUTURAL

TALUDE NE1

O estereograma da Figura 3 reproduz a concentração de 182 polos de juntas obtidos para o talude NE1. Conforme esta figura, três famílias de descontinuidades podem ser identificadas: F1 (203/76), F2 (266/73) e F3 (230/66).

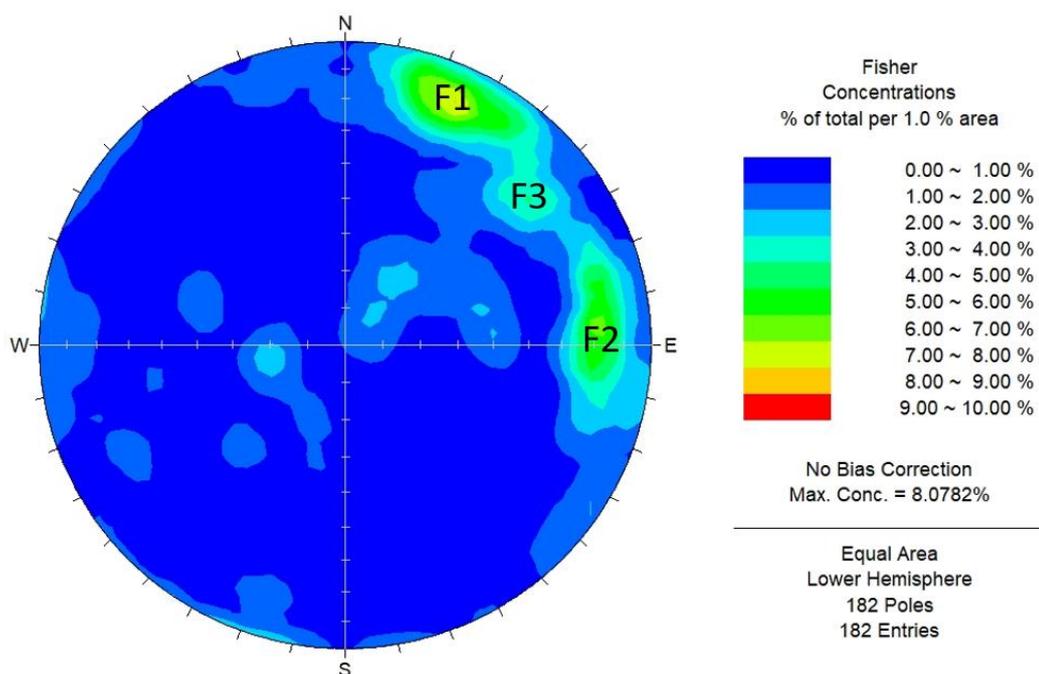


Figura 3. Estereograma de contorno de pólos de juntas para o Talude NE1.

TALUDE NE2

O estereograma da Figura 4 reproduz a concentração de 124 polos de juntas obtidos para o talude NE2. Conforme esta figura, nove famílias de descontinuidades podem ser identificadas: F1 (horizontal), F2 (053/20), F3 (246/60), F4 (219/63), F5 (169/79), F6 (207/85), F7 (302/86), F8 (012/46) e F9 (269/68).

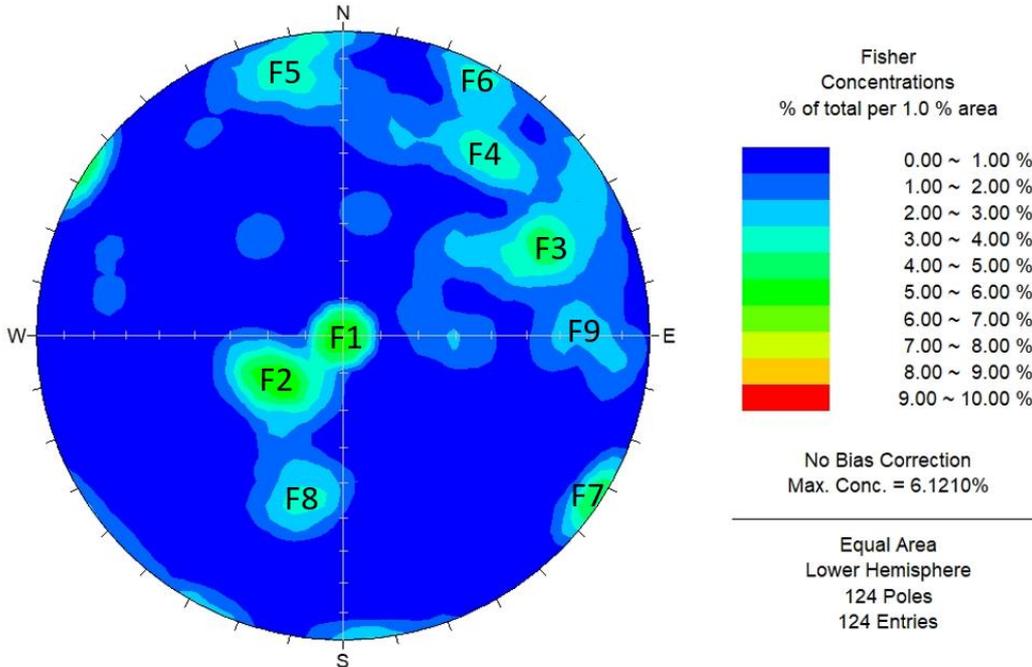


Figura 4. Estereograma de contorno de pólos de juntas para o Talude NE2.

TALUDE NE3

O estereograma da Figura 5 reproduz a concentração de 97 polos de juntas obtidos para o talude NE3. Conforme esta figura, cinco famílias de descontinuidades podem ser identificadas: F1 (054/25), F2 (273/81), F3 (194/87), F4 (172/77) e F5 (230/73).

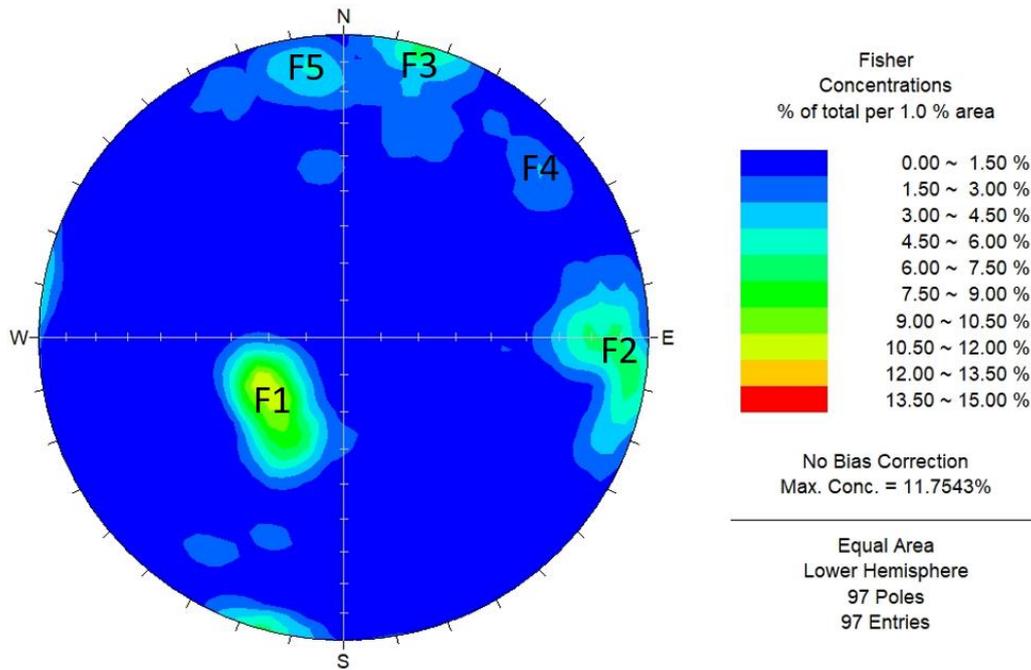


Figura 5. Estereograma de contorno de pólos de juntas para o Talude NE3.

TALUDE SE

O estereograma da Figura 6 reproduz a concentração de 98 polos de juntas obtidos para o talude SE. Conforme esta figura, dez famílias de descontinuidades podem ser identificadas: F1 (296/72), F2 (200/69), F3 (346/47), F4 (187/52), F5 (207/87), F6 (317/61), F7 (290/87), F8 (116/20), F9 (285/58) e F10 (161/68).

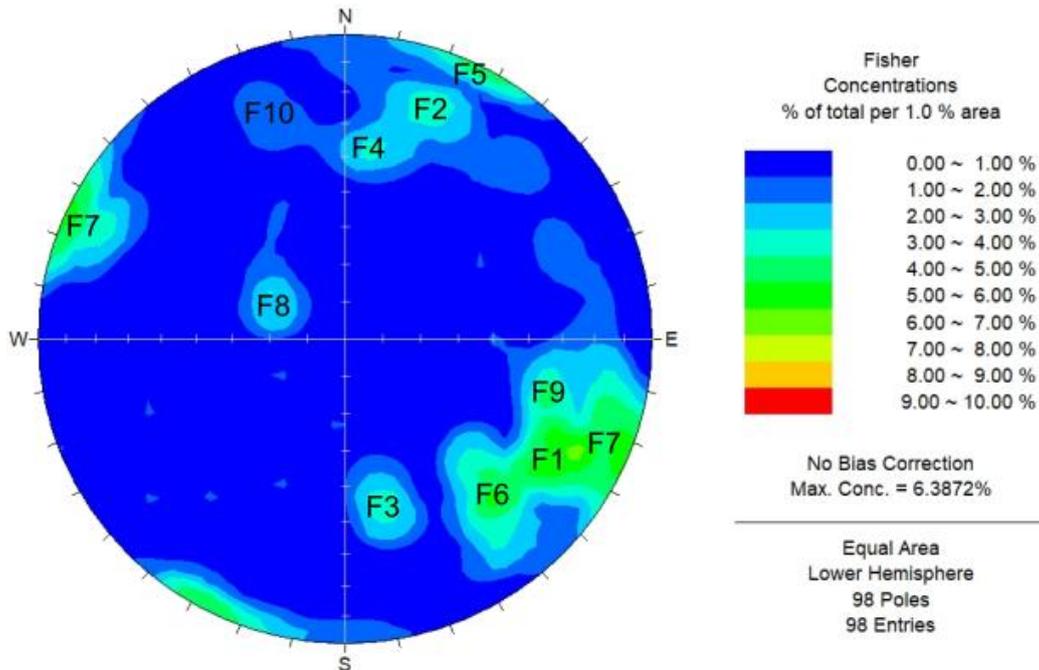


Figura 6. Estereograma de contorno de pólos de juntas para o Talude SE.

TALUDE NW

O estereograma da Figura 7 reproduz a concentração de 7 polos de juntas obtidos para o talude NW. Conforme esta figura, há poucas medidas estruturais e as mesmas mostram grande dispersão.

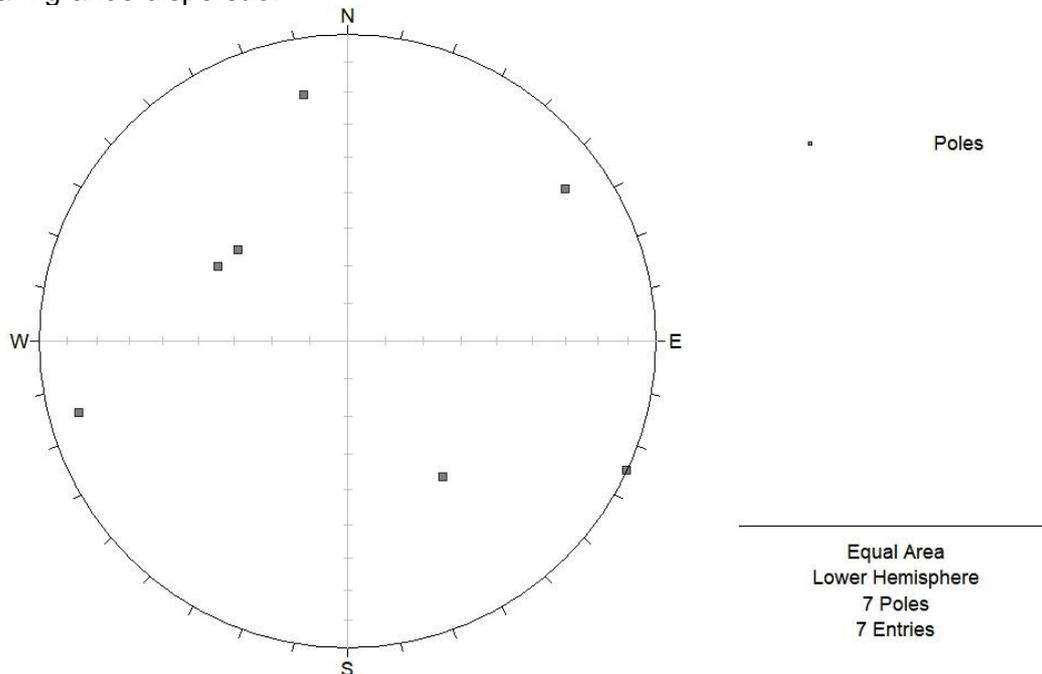


Figura 7. Estereograma de pólos de juntas para o Talude NW.

ANÁLISE CINEMÁTICA

TALUDE NE1

A Figura 8 retrata a análise cinemática para ruptura planar, por tombamento flexural e por cunha para o talude NE1. Observa-se que a família de juntas F2 pode provocar ruptura planar (Figura 8a). Por outro lado, constata-se que a ruptura por tombamento flexural não afeta o talude NE1 (Figura 8b). A Figura 8c retrata a análise cinemática para ruptura em cunha, a qual apresenta duas interseções de descontinuidades ($F2 \cap F1$ e $F2 \cap F3$) localizadas na zona crítica (meia lua hachurada). A Figura 9 retrata uma ruptura em cunha para o talude NE1.

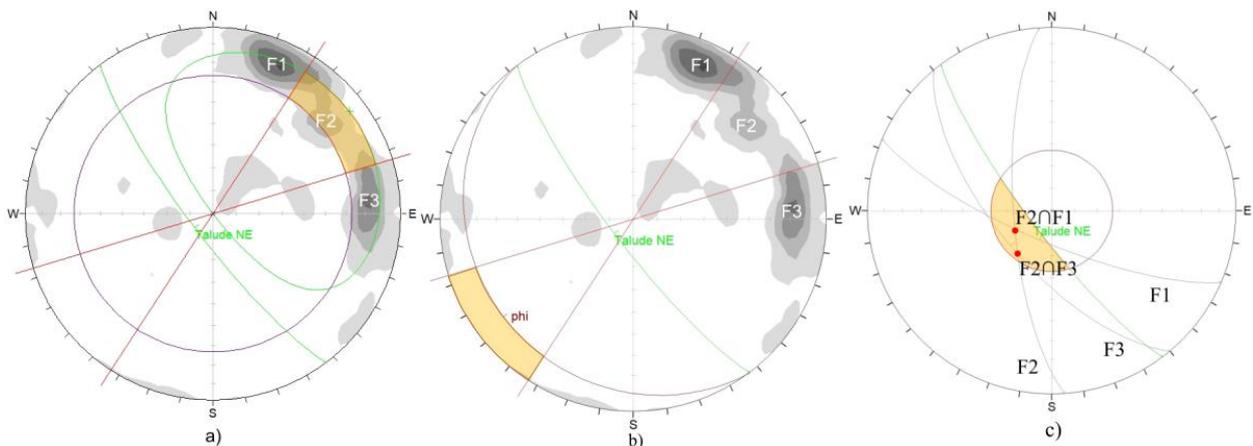


Figura 8. Análises cinemáticas para ruptura planar (a), por tombamento flexural (b) e em cunha (c) para o talude NE1.



Figura 9. Rupturas em cunha afetando o talude NE1.

TALUDE NE2

A Figura 10 retrata a análise cinemática para ruptura planar, por tombamento flexural e por cunha para o talude NE2. Observa-se que as famílias de juntas F3 e F4 podem provocar ruptura planar (Figura 10a). Por outro lado, constata-se que a ruptura por tombamento flexural não afeta o talude NE2 (Figura 10b). A Figura 11 ilustra uma ruptura planar de grandes proporções afetando o talude NE2. A Figura 10c retrata a análise cinemática para ruptura em cunha, a qual apresenta quatro intersecções críticas de discontinuidades (F7∩F4, F7∩F5, F9∩F5 e F9∩F6) localizadas na zona crítica (área hachurada).

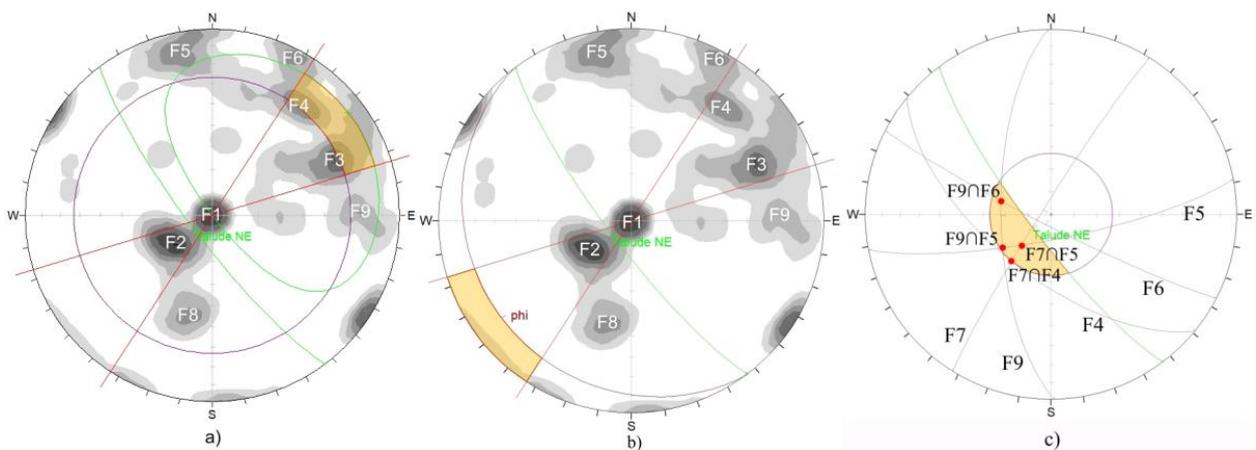


Figura 10. Análises cinemáticas para ruptura planar (a), por tombamento flexural (b) e em cunha (c) para o Talude NE2.



Figura 11. Ruptura planar afetando o talude NE1.

TALUDE NE3

A Figura 12 retrata a análise cinemática para ruptura planar, por tombamento flexural e por cunha para o talude NE3. Observa-se que a família de juntas F4 pode provocar ruptura planar (Figura 12a). Por outro lado, constata-se que a ruptura por tombamento flexural não afeta o talude NE3 (Figura 12b). A Figura 12c retrata a análise cinemática para ruptura em cunha, a qual apresenta três intersecções críticas de discontinuidades ($F2 \cap F3$, $F2 \cap F4 \cap F5$ e $F4 \cap F3$) localizadas na zona crítica hachurada.

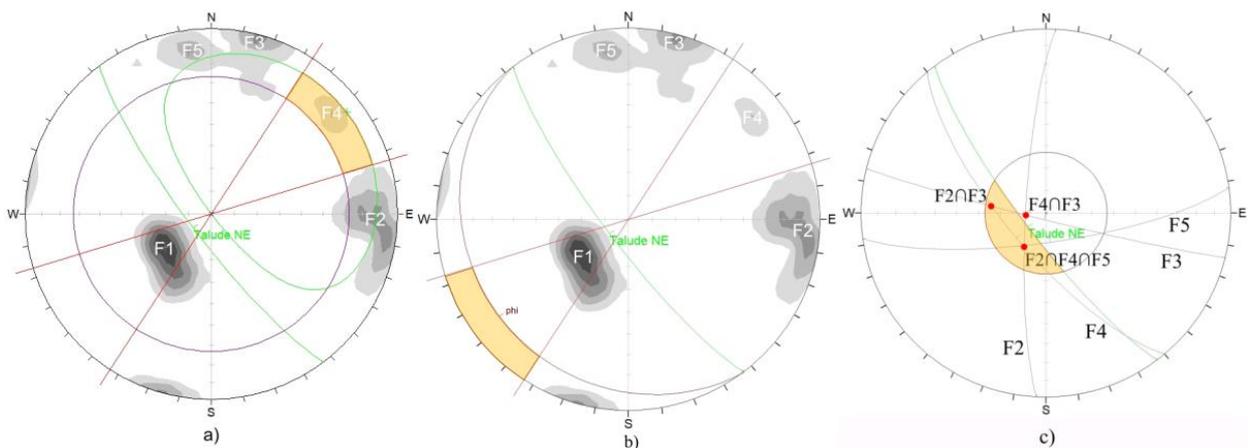


Figura 12. Análises cinemáticas para ruptura planar (a), por tombamento flexural (b) e em cunha (c) para o Talude NE3.

TALUDE SE

A Figura 13 retrata a análise cinemática para ruptura planar, por tombamento flexural e por cunha para o talude SE. Observa-se que a família de juntas F6 pode provocar ruptura planar (Figura 13a). Constata-se também que existe alguma possibilidade das famílias de juntas F7 e F10 provocarem ruptura por tombamento flexural (Figura 13b). A Figura 13c retrata a análise cinemática para ruptura em cunha, a qual apresenta uma intersecção crítica de descontinuidades (F1∩F5) localizada na zona crítica hachurada.

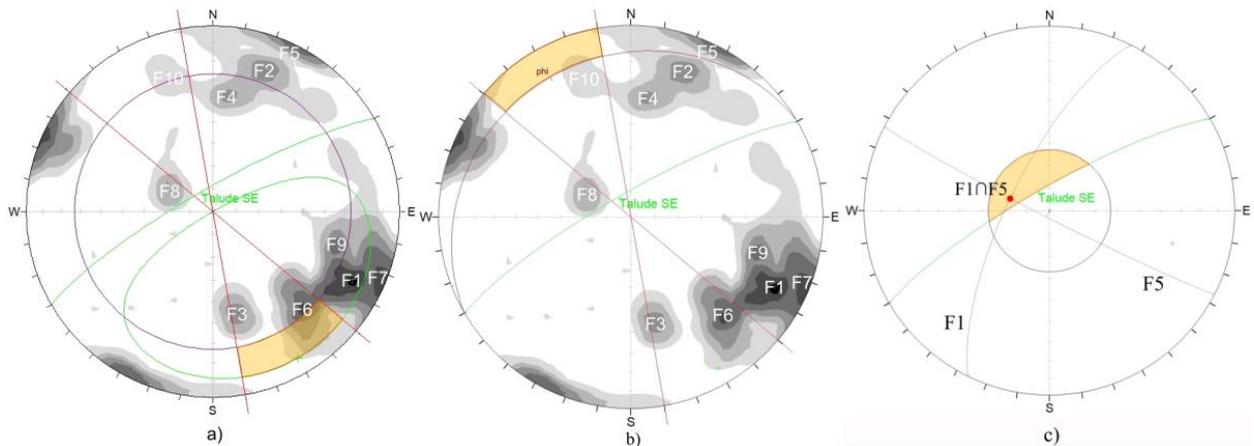


Figura 13. Análises cinemáticas para ruptura planar (a), por tombamento flexural (b) e em cunha (c) para o Talude SE.

TALUDE NW

A Figura 14 retrata a análise cinemática para ruptura planar, por tombamento flexural e por cunha para o talude NW. Observa-se que existe algum potencial da família de juntas F1 provocar ruptura planar (Figura 14a). Por outro lado, constata-se que a ruptura por tombamento flexural não afeta o talude NW (Figura 14b). A Figura 14c retrata a análise cinemática para ruptura em cunha, a qual apresenta quatro intersecções críticas de descontinuidades (F1∩F5, F1∩F4, F1∩F6 e F5∩F4) localizadas na zona crítica hachurada.

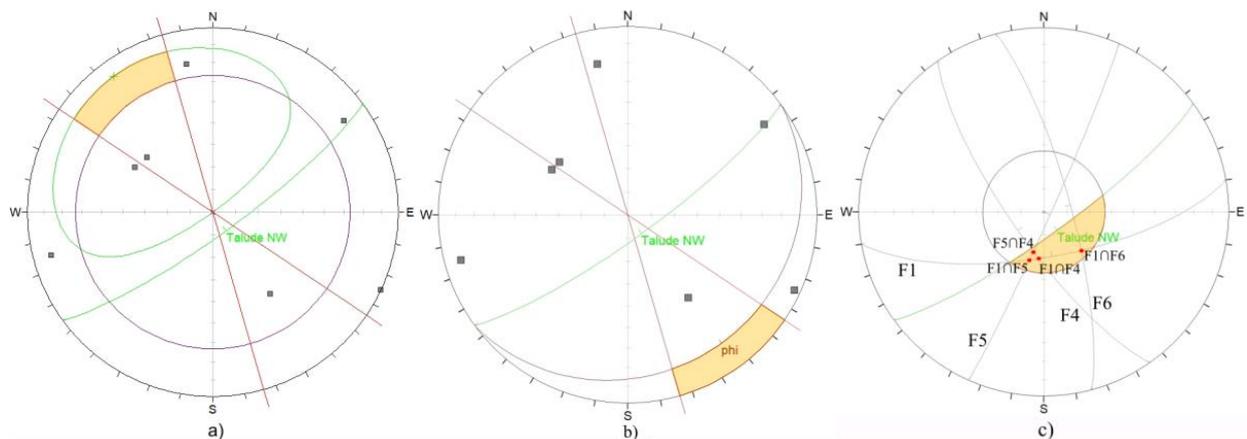


Figura 14. Análises cinemáticas para ruptura planar (a), por tombamento flexural (b) e em cunha (c) para o Talude NW.

CLASSIFICAÇÃO GEOMECÂNICA SMR

A Tabela 6 indica as famílias de juntas identificadas na análise cinemática, que podem provocar ruptura planar, tombamento flexural e cunha para os taludes estudados. Para o talude SE, onde está indicado “dispersão”, verificou-se que existe uma dispersão dos pólos ao redor das famílias F7 e F10, que se encontram na zona de risco para tombamento flexural. Destaca-se que não foi observado ruptura por tombamento flexural na área da mina.

A Tabela 7 reproduz o cálculo do SMR para as diferentes famílias de descontinuidades que podem provocar rupturas para os taludes estudados. A Tabela 8 sintetiza a qualidade geomecânica dos taludes estudados e os tratamentos sugeridos pela classificação SMR.

Os resultados da classificação SMR mostram maciços de qualidade geomecânica muito ruim (classe V) a bom (classe II). Os valores SMR obtidos foram inferiores aos valores de RMR. Todos os taludes analisados estão sujeitos ao modo de ruptura em cunha. Este modo de ruptura foi observado no talude NE1 (Figura 9). Constatou-se que nenhum talude está sujeito a ruptura por tombamento flexural. Os taludes NE2 e NW foram os que apresentaram menor valor de SMR, sendo classificados como maciços muito ruins.

Um aspecto importante que pode afetar o resultado da classificação é a subamostragem dos dados estruturais e geomecânicos. Este aspecto parece ter sido bastante significativo no talude SE, devido à sua grande altura, a persistência pequena a média das descontinuidades (< 10 m) e ao método de coleta dos dados na base dos taludes. Uma forma de minimizar este efeito seria a utilização de drones para a caracterização estrutural de taludes Jordá-Bordehore et al. (2017) [18].

Tabela 6. Síntese das famílias de descontinuidades que podem provocar rupturas para os taludes estudados.

Taludes	Bancadas	Ruptura planar	Ruptura tombamento flexural	Ruptura em cunha
NE	1	F2	-	F2nF1 e F2nF3
	2	F3 e F4	-	F7nF4, F7nF5, F9nF5 e F9nF6
	3	F3	-	F2nF3, F2nF4nF5 e F4nF3
SE	-	F6	F7 e F10 (dispersão)	F1nF5
NW	-	-	-	F1nF5, F1nF4, F1nF6 e F5nF4

Tabela 7. Síntese dos valores de SMR calculados para as diferentes famílias de descontinuidades para os taludes estudados. P = planar, T = tombamento (flexural) e W = cunha.

Taludes	Bancadas	Modo de ruptura	Famílias	RMR	Índices				SMR
					F1	F2	F3	F4	
NE	1	P	F2	83,7	P = 0,15	P = 1	P = -50	0	F2 = 76,2
		T	-		-	-	-		
		W	F2 ∩ F1		W = 0,85	W = 1	W = -50		W = 41,2
		W	F2 ∩ F3		W = 0,7	W = 1	W = -60		W = 41,7
NE	2	P	F3	78,3	P = 0,7	P = 1	P = -60	0	F3 = 36,3
		P	F4		P = 0,7	P = 1	P = -60		F4 = 36,3
		T	-		-	-	-		
		W	F9 ∩ F6		W = 0,15	W = 1	W = -60		W = 69,3
		W	F9 ∩ F5		W = 1	W = 1	W = -60		W = 18,3
		W	F7 ∩ F4		W = 0,7	W = 1	W = -60		W = 36,3
W	F7 ∩ F5	W = 0,7	W = 1	W = -50	W = 43,3				
NE	3	P	F4	73,2	P = 0,15	P = 1	P = -50	0	F4 = 65,7
		T	-		-	-	-		
		W	F2 ∩ F3		W = 0,15	W = 1	W = -6		W = 72,3
		W	F2 ∩ F4 ∩ F5		W = 0,4	W = 1	W = -50		W = 53,2
SE	-	P	F6	75,6	P = 0,15	P = 1	P = -60	0	F6 = 66,6
		T	F7		T = 0,15	T = 1	T = -25		F7 = 71,8
		T	F10		T = 0,15	T = 1	T = -25		F10 = 71,8
		W	F1 ∩ F5		W = 0,15	W = 1	W = -50		W = 68,1
NW	-	W	F5 ∩ F4	67,7	W = 0,15	W = 1	W = -50	0	W = 60,2
		W	F1 ∩ F5		W = 0,15	W = 1	W = -60		W = 58,7
		W	F1 ∩ F4		W = 0,15	W = 1	W = -60		W = 58,7
		W	F1 ∩ F6		W = 0,85	W = 1	W = -60		W = 16,7

Tabela 8. Tratamentos sugeridos pela classificação SMR [2] para cada um dos taludes estudados.

Talude	SMR	Classe	Descrição	Tratamentos
NE	1	III	Normal	Concreto projetado e ancoragens
	2	V	Muito Ruim	Retaludamento, sistema de drenagem, concreto projetado e ancoragens
	3	III	Normal	Concreto projetado, ancoragens e tela metálica

SE	-	66,6	II	Bom	Limpeza, ancoragens e tela metálica
NW	-	16,7	V	Muito Ruim	Retaludamento, sistema de drenagem, concreto projetado e ancoragens

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a aplicação da classificação geomecânica SMR de [2] modificado por [4] nos taludes de uma pedreira de mármore localizada em Itaoca, ES. A classificação SMR é um método de classificação específico utilizado para a avaliação das condições de estabilidade de taludes rochosos, não permitindo a determinação de um fator de segurança. Adicionalmente, esta classificação não leva em conta o efeito da altura do talude, tampouco a pressão hidrostática. Os resultados obtidos permitem concluir que:

- Os taludes estudados foram classificados como maciços de qualidade geomecânica muito ruim a boa (classes SMR V a II), estando sujeitos a rupturas em cunha e planar;
- O talude NE2 e NW apresentaram os menores valores de SMR, sendo classificados como maciços muito ruins;
- Taludes de grande altura, desprovidos de bancadas, como o talude SE (h = 40 m) podem estar sujeitos a efeitos de subamostragem de dados estruturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BASAHEL, H.; MITRI, H. (2017). **Application of rock mass classification systems to rock slope stability assessment: A case study**. Journal of rock mechanics and geotechnical engineering. V.9. p. 993-1009.
- [2] ROMANA, R. M. (1985). **New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes**. Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics in Excavations for Mining and Civil Works, International Society for Rock Mechanics. **Anais...Zacatecas**.
- [3] BIENIAWSKI, Z. T. (1989). **Engineering rock mass classifications : a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering**. [s.l.] Wiley.
- [4] ANBALAGAN, R; SHARMA, S; RAGHUVANSHI, TK.(1992). **Rock mass stability evaluation using modified SMR approach**. In: Proceedings of the 6th National Symposium on Rock Mechanics; p. 258-268.
- [5] BOULHOSA, G. S. (2018). **Levantamento estrutural e estudo de classes geomecânicas de maciço utilizando o sistema rmr por análise geoestatística e imagens de drone: aplicação em uma mina de mármore inativa em Itaoca, ES**. Universidade Federal do Espírito Santo, p. 79.
- [6] SANTOS, S. T. (2018). **Análise cinemática de taludes de uma mina de mármore abandonada, no distrito de Itaoca – ES**. Universidade Federal do Espírito Santo, n. 1, p. 72.

- [7] CARNEIRO, C.D.R. (1996). **Projeção estereográfica para análise de estruturas: programas ESTER e TRADE**. Fundamentos teóricos, exercícios e aplicações em microcomputador, laboratório e campo. São Paulo: UNICAMP-CPRM-IPT. 158p.
- [8] HUDSON, J.A.; HARRISON, J.P. (1997). **Engineering Rock Mechanics: An introduction to the principles**. Pergamon. Elsevier Science. Kidling, Oxford, UK. Pgs 1-458.
- [9] ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SORES, A. C.; NOCE, C. M.; CRUZ, S. C. P. (2007). **Sobre a Evolução Tectônica Do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental**. Geonomos.
- [10] PEDROSA-SOARES, A.C.; DE CAMPOS, C.P.; NOCE, C.; SILVA, L.C.; NOVO, T.; RONCATO, J.; MEDEIROS, S.; CASTAÑEDA, C.; QUEIROGA, G.; DANTAS, E.; DUSSIN, I. ; ALKMIM, F. (2011). **Late Neoproterozoic–Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen (Brazil)**, the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources. Geological Society of London, Special Publication 350, p. 25–51.
- [11] PEIXOTO, E.; PEDROSA-SOARES, A.C.; ALKMIM, F.F. ; DUSSIN, I.A. (2015). **A suture-related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí orogen (SE Brazil) during Western Gondwanaland assembly**. Gondwana Research. v. 27, 878–896.
- [12] GRADIM, C.; RONCATO, J.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CORDANI, U.; DUSSIN, I.; ALKMIM, F.F.; QUEIROGA, G.; JACOBSSOHN, T.; SILVA, L.C. ; BABINSKI, M. (2014). **The hot back-arc zone of the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation**. Brazilian Journal of Geology. v. 44, p. 155–180.
- [13] VIEIRA, V.S.; MENEZES, R.G. (2015). Programa Geologia do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do estado do Espírito Santo**. Escala 1:400.000. Belo Horizonte: CPRM. 289p.
- [14] SILVA, J. N. (1993). **Programa de levantamento geológico básico do Brasil. Cachoeiro de Itapemirim. Folha SF.24-V-A-V. Estado do Espírito Santo. Escala 1:100.000**. Brasília.
- [15] ALMEIDA C.N., MELLO E.F., IZAQUE D.M., SILVA P.D. (2012). **Caracterização geológica e geoquímica das intrusões de rochas metamáficas e félsicas nos mármores do Sul do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Geociências, vol. 42 (2) 245 – 264.
- [16] JORDT-EVANGELITA, H. e VIANA, D. J. (2000). **Mármores da região de Itaóca (ES) e escarnitos no contato com diques máficos e félsicos: mineralogia e petrogênese**. Geonomos, 8(2): 61-67.
- [17] VIEIRA, V.S. (1997) **Carta Geológica da Folha Cachoeiro de Itapemirim – SF-24-V-A**. Programa Geologia do Brasil, CPRM. Escala 1:250.000.
- [18] JORDÁ-BORDEHORE L., RIQUELME A., CANO M., TOMÁS R. (2017). **Comparing manual and remote sensing field discontinuity collection used in kinematic stability assessment of failed rock slopes**. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 97:24-32. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2017.06.004>