

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Aplicabilidade de Análises de Estabilidade Tridimensionais em Taludes de Mina a Céu Aberto a partir de Modelo de Blocos Geotécnico

Cissa Lopes Lanna

Engenheira de Minas, Progen, Nova Lima -MG, Brasil, c0615473@vale.com

Leonardo Alberto Sala

Geólogo, Vale S.A, Nova Lima-MG, Brasil, leonardo.sala@vale.com

Alexandre Martins Ferreira

Engenheiro Civil, Vale S.A, Nova Lima-MG, Brasil, alexandre.martins.ferreira@vale.com

Henrique Guimarães Pedrosa

Geólogo, Vale S.A, Nova Lima-MG, Brasil, henrique.guimaraes.pedrosa@vale.com

Teófilo Aquino Costa

Geólogo, Vale S.A, Nova Lima-MG, Brasil, teofilo.costa@vale.com

RESUMO: O objetivo deste artigo é apresentar a utilização de modelos de blocos com informações geotécnicas na análise de estabilidade tridimensional por meio do método de equilíbrio limite dos taludes de uma mina a céu aberto de minério de ferro em fase de pré viabilidade. Além disso, apresenta uma metodologia para a otimização da seleção de seções bidimensionais através da priorização de setores críticos identificados na análise tridimensional. Essa metodologia possibilitou a avaliação mais rápida e eficaz das análises geotécnicas de estabilidade dos taludes individuais e das cavas associando as análises tridimensionais com as bidimensionais. Esta abordagem é inovadora e importante, pois reduzir a subjetividade na definição de seções verticais para análises de estabilidade 2D, por meio da priorização dos setores de menor fator de segurança identificados na análise 3D. Também integra a geotecnia a diferentes áreas que utilizam o modelo de blocos em seus trabalhos, como planejamento de lavra e geologia, além de conferir agilidade ao processo de planejamento e avaliação geotécnica das cavas, tornando-se mais compatível com a dinâmica operacional da mineração.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Estabilidade de talude, Método de Equilíbrio Limite 2D e 3D, Mina a Céu Aberto, Modelo de Blocos Geotécnico, Mineração, Geotecnia.

ABSTRACT: This paper aims to present the geotechnical block model applicability for three-dimensional limit equilibrium slope stability analysis in an iron ore slope design in a pre-feasibility phase. It is also intended to show the two-dimensional sections optimization method used to select the two dimensions most critical sectors defined in the three-dimensional analysis. Thereby, using three-dimensional with two-dimensional analysis it was possible to obtain a more effective methodology for slope stability analysis that covers all open pit geometry. This approach is innovative and important, as it reduces the subjectivity of defining the vertical sections for 2D stability analyses, by prioritizing the sectors with the lowest safety factor identified in the 3D analysis. Furthermore, it integrates geotechnics into different areas that use the block model in their work, such as mine planning and geology. In addition, the methodology gives to the process an agility that is more appropriate to the mining operation dynamics.

KEYWORDS: Slope Stability Analysis, 2D and 3D Limit Equilibrium Method, Open Pit Mine, Geotechnical Block Model, Mining, Geotechnics.



1 Introdução

As análises de estabilidade de taludes de cavas a céu aberto fazem parte do processo de estudos, projetos, gerenciamento e operação de minas a céu aberto e usualmente são elaboradas através da seleção de seções verticais críticas e bidimensionais (2D). Esta metodologia limita-se à avaliação de uma região e sua qualidade é dependente de critérios empíricos e na experiência do profissional na escolha das seções mais críticas. Trata-se de um processo lento e, por vezes, incompatível com a dinâmica operacional da atividade mineral, uma vez que para se avaliar a estabilidade da cava, é necessário a elaboração de uma numerosa quantidade de seções verticais para abranger toda dimensão da cava.

Em obras de engenharia, as análises de estabilidade tridimensionais são tradicionalmente realizadas com a utilização do modelo geológico de sólidos com formatos mais simples devido à menor escala das obras, implicando em menor complexidade geológica. Contudo, essa mesma metodologia não é compatível com as análises de estabilidade realizadas para uma cava a céu aberto devido à maior escala dos projetos, aumentando a complexidade dos sólidos e contatos litológicos em função da maior quantidade de materiais. O mesmo ocorre com o modelo geomecânico que, por muitas vezes, possui formatos irregulares e/ou delgados, o que torna difícil o processo de importação do modelo de sólidos, demandando dezenas de horas de processamento. Outro fato relevante que dificulta a utilização dos modelos de sólidos, refere-se à união dos modelos geológico e geomecânico (operação *booleana*), necessária para obter sólidos com informações dos dois modelos. Este processo é responsável por gerar uma infinidade de sólidos, muitas vezes sem significado físico, devido à incompatibilidade espacial das geometrias dos modelos geológico e geomecânico.

Na indústria de mineração o modelo de blocos é amplamente utilizado para o armazenamento das informações geológicas, granulo-químicas, geometalúrgicas, geomecânicas e demais informações operacionais. O modelo de blocos é uma representação computacional tridimensional onde blocos preenchem um volume pré-definido (caixa do modelo). Cada bloco possui um ponto de coordenada geográfica única denominado de centróide e a ele podem ser atribuídos valores numéricos ou categóricos. Sendo assim, o modelo de blocos permite a integração de informações geológicas e geomecânicas do material de uma forma mais simples que as operações *booleanas* em sólidos. Para aplicações geotécnicas, o modelo de blocos pode receber atributos referentes à resistência, rugosidade das descontinuidades, grau de fraturamento, classe geomecânica, entre outras.

Este artigo apresenta a metodologia utilizada para a avaliação de estabilidade tridimensional por meio do método de equilíbrio limite (MEL) de uma geometria de cava de uma mina de minério de ferro a céu aberto, localizada na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero - MG. Esta geometria se encontra em nível de pré-viabilidade. Para isso, utilizou-se um modelo de blocos unificado com as informações geológicas e geomecânicas, além de superfícies de anisotropia, nível de água e plano de fraqueza (*weak layer*) do maciço rochoso. Os programas comerciais Slide2® versão 9.018 e Slide3® versão 3.015, desenvolvidos pela empresa Rocscience Inc., foram utilizados respectivamente para as análises bidimensionais (2D) e tridimensionais (3D).

É importante salientar que os limites do bloco são apenas um artifício matemático para melhorar a visualização da informação e facilitar a definição do volume do bloco. O software de análise utiliza os centróides para a interpolação das informações. Portanto, não há delimitação irregular de contatos geológicos (falsa rugosidade).

2 Metodologia

A primeira etapa para a realização das análises tridimensionais, foi a definição da base de dados a ser utilizada no software Slide3®. Trata-se da etapa mais importante do processo, pois a acurácia das análises depende da qualidade destas informações. Os dados utilizados são originários das descrições geológicas e geotécnicas de testemunhos de sondagem e das descrições de afloramentos dos trabalhos de mapeamento de superfície.

Na elaboração das análises foram utilizados a geometria da cava avaliada, modelo de blocos contendo as informações geotécnicas, superfícies tridimensionais que definem as variações de atitude das foliações (superfícies anisotrópicas), superfície de falha com potencial de induzir rupturas planares (plano de fraqueza ou *weak layer*), superfície tridimensional de nível de água e tabela de parâmetros geotécnicos.



Os limites da geometria da cava avaliada foram definidos em função das premissas econômicas e dos parâmetros geométricos por litotipo, gerando uma cava preliminar otimizada. Posteriormente, foi definida a setorização geotécnica e os parâmetros geométricos operacionais da cava por setor (ângulo de face da bancada, altura da bancada, largura da berm da bancada, ângulo inter-rampa, empilhamento máximo e berm de segurança). A partir desses parâmetros foi gerada uma geometria da cava operacional que foi utilizada como objeto de estudo das análises de estabilidade apresentadas neste artigo.

Conforme apresentado na Figura 1, o modelo geotécnico utilizado contém as principais informações referentes às propriedades da rocha e dados relevantes para a realização das análises de estabilidade da cava, tais como material (*Geotec_Model*), que consiste na junção do litotipo com a classificação geomecânica, compacidade (*Compac_Friav*) e atitude da principal anisotropia (*Dip / DipDirection*). Para a definição do modelo de blocos geotécnico, utilizou-se o modelo geológico, modelo de resistências, modelo de grau de fraturamento, modelo de rugosidade, modelo geomecânico, modelo estrutural e modelo geotécnico. A Figura 2 exemplifica a lógica para integração dos modelos e classificação de cada um dos blocos do modelo geotécnico final utilizado para as análises. A metodologia utilizada na construção deste modelo é apresentada em Sala et al. (em publicação).

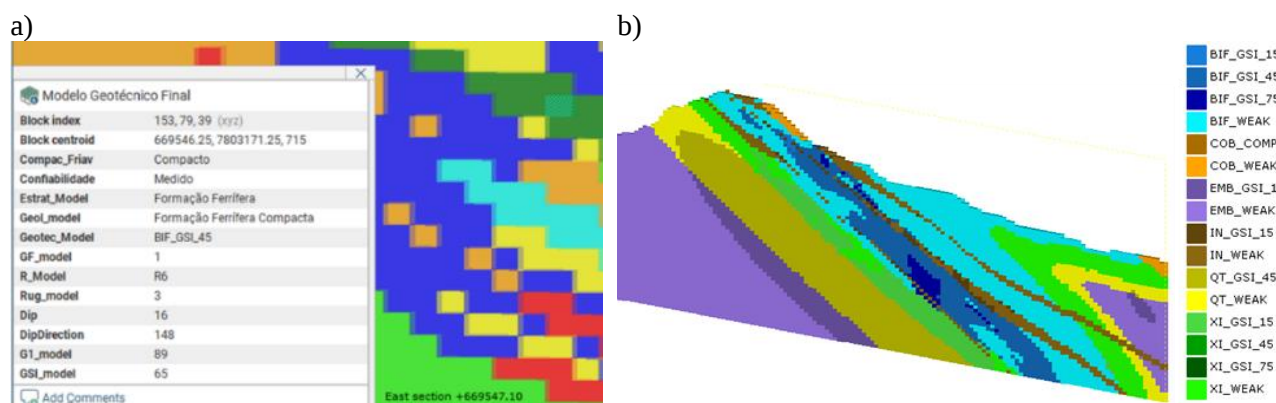


Figura 1. a) Modelo de blocos com as informações geotécnicas. b) Seção vertical da cava com geologia representada pelo modelo de blocos, Sala et al. (em publicação).

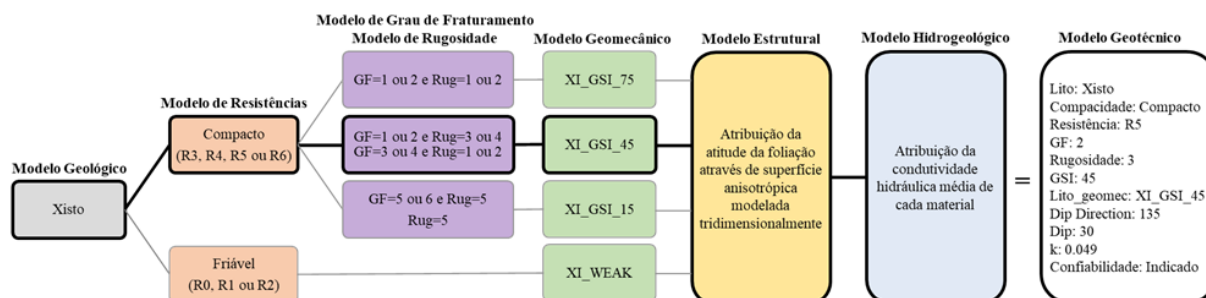


Figura 2. Exemplo de classificação de um bloco utilizando todos os modelos, Sala et al. (em publicação).

A possibilidade de inserção das superfícies tridimensionais representativas do plano de fraqueza (*weak layer*), da anisotropia presente no maciço rochoso e do nível de água em subsuperfície é um diferencial do software 3D, já que essa ferramenta auxilia as análises de estabilidade através da representação mais fidedigna do modelo geotécnico utilizado como premissa.

Superfícies anisotrópicas são superfícies tridimensionais utilizadas na determinação da atitude da anisotropia do material conforme a mudança de orientação, o que permite a aplicação dos parâmetros de resistência do litotipo. Apesar de ser comum uma variabilidade de ângulo de mergulho nas foliações, adotou-se neste artigo a premissa de condicionar a atitude da anisotropia pela superfície anisotrópica modelada.

Plano de fraqueza ou *weak layer* é a representação tridimensional de uma porção do maciço rochoso com menor resistência em relação ao entorno e, dessa forma, com maior susceptibilidade para a ocorrência de superfícies de ruptura. Normalmente, essa região ocorre na zona de contato entre dois litotipos de diferentes



resistências, zonas de falha, fratura ou cisalhamento. Essa ferramenta é importante em minas onde esses planos condicionam as rupturas.

As superfícies anisotrópicas e o plano de fraqueza (*weak layer*), foram elaborados a partir das medidas obtidas nos mapeamentos (foliações e bandamentos composicionais) e das superfícies de contatos geológicos modelados em profundidade com a utilização das informações de sondagem.

Para a definição da superfície de nível de água, utilizou-se o modelo hidrogeológico, elaborado a partir dos dados de monitoramento hidrogeológico (piezometria), pluviométrico e da geologia da área.

Para a definição dos parâmetros de resistência dos litotipos presentes na cava, utilizou-se as envoltórias de Mohr-Coulomb para materiais friáveis (R0, R1 e R2) e o critério de ruptura de Hoek-Brown Generalizado (HBG) para materiais compactos (R3, R4, R5 e R6). Estes parâmetros foram obtidos dos ensaios de resistência (compressão triaxial CU_{sat}, compressão triaxial CIU e cisalhamento direto) existentes na mina e na experiência da equipe técnica em litotipos semelhantes. Para os litotipos compactos de GSI=15, mais especificamente xisto (XI_GSI_15) e formação ferrífera (BIF_GSI_15), adotou-se o critério de HBG. Ressalta-se que o critério de HBG foi adotado devido ao comportamento rúptil desses materiais, conforme Hoek & Brown (2018), que estão inseridos no limite de aplicabilidade da metodologia, ou seja, acima da Mogi Line (Mogi, 1966). Dessa forma, o gráfico de Hoek (2001) para a determinação do GSI é aplicável, bem como o critério de HBG. Adicionalmente, considerou-se a influência da anisotropia, utilizando o critério de HBG para a matriz rochosa e o critério de Mohr Coulomb para a direção da anisotropia. Os materiais de GSI=15 ocorrem geralmente em profundidade, o que não influencia nas análises de estabilidade, já que não foram encontradas superfícies de ruptura profundas passando por esses materiais.

A segunda etapa consistiu no processo de importação do modelo geotécnico e atribuição das superfícies anisotrópicas, do plano de fraqueza e do nível de água.

A terceira etapa foi a atribuição dos parâmetros de resistência, já consolidados anteriormente, aos litotipos (*Geotec_Model*) presentes no modelo de blocos geotécnico importado.

A quarta etapa foi a configuração do software, onde foi utilizado o método de análise *GLE/Morgenstern-Price*, rupturas não circulares e o método de busca *Cuckoo Search*, pela rapidez na otimização e maior eficácia na busca da superfície de ruptura, como indicado pela Rocscience, 2020. O tipo de superfície selecionado foi elipsóide e a função *Surface Altering Optimization* habilitada, que é um algoritmo de otimização local utilizado para minimizar o fator de segurança (FoS) para uma determinada superfície de ruptura, modificando sua geometria iterativamente (Rocscience, 2020).

Optou-se por não selecionar a opção *External Geometry Compositity Surfaces*, que permite que as rotinas de pesquisa da superfície de ruptura formem superfícies “compostas” (por exemplo, esféricas/planares) que se conformam à borda inferior do volume da caixa da superfície.

Quanto ao plano de fraqueza, foi utilizada a configuração *Automatic Case Generation* de forma a não limitar as buscas apenas no plano da *weak layer*, permitindo assim a busca em toda a cava. A Figura 3 apresenta as configurações utilizadas para a realização das análises de estabilidade que compoem esse estudo.

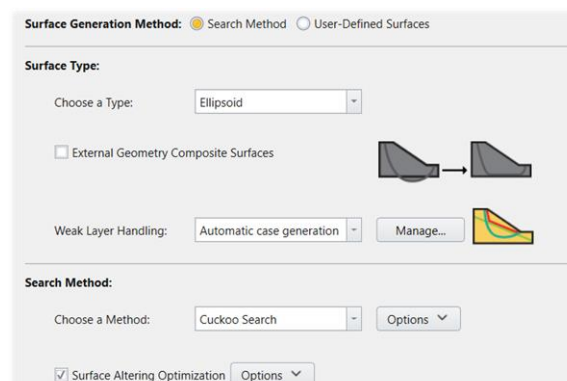


Figura 3. Configuração utilizada nas análises de estabilidade.

A quinta etapa foi a execução das análises de estabilidade tridimensionais nas quais inicialmente realizou-se a busca das superfícies de ruptura em toda a cava e, posteriormente excluiu-se as zonas de concentração dessas superfícies, de forma progressiva, a fim de detalhar as avaliações em toda a extensão da



cava. Utilizou-se essa metodologia, denominada exclusão progressiva, pois o algoritmo de busca de superfície utilizado pelo software consiste na determinação das superfícies de ruptura que após a detecção da superfície mínima concentra as buscas no entorno dessa superfície.

Como não há normas internacionais de aceitabilidade de fatores de segurança calculados tridimensionalmente, é necessário uma etapa adicional. A sexta etapa consistiu na realização da análise de estabilidade bidimensional nas zonas de menor fator de segurança ($FoS \leq 1.70$) encontradas a partir das análises tridimensionais. Dessa forma, foi possível reduzir o número de seções 2D convencionalmente elaboradas para a análise em toda a extensão da cava.

3 Apresentação e Análise dos Dados

A cava operacional avaliada possui extensão longitudinal de 4.340 m e taludes globais com altura máxima de 510 m. Os produtos e premissas utilizadas na construção do projeto e execução das análises de estabilidade tridimensionais são: geometria proposta da cava, superfície representativa do plano de fraqueza (*weak layer*) no contato entre a formação ferrífera e o xisto, superfícies anisotrópicas da formação ferrífera friável e do xisto, superfície de nível de água representativa da condição de rebaixamento potenciométrico da cava, modelo de blocos geotécnico contendo as principais informações referentes às propriedades da rocha relevantes para a realização das análises de estabilidade da cava (unidade ou domínio geotécnico) e tabela de parâmetros de resistência. A Figura 4 representa os produtos de entrada no software para a realização do estudo.

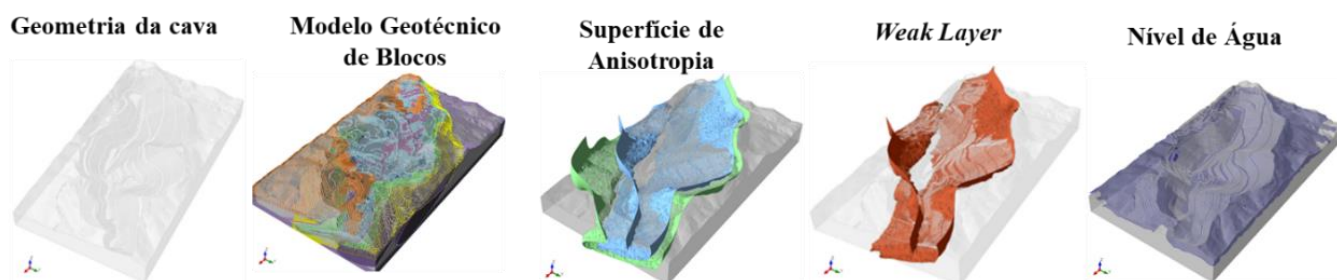


Figura 4. Representação das premissas utilizadas para a realização das análises 3D.

Os resultados das análises de estabilidade tridimensionais, em forma de fator de segurança (FoS), utilizando-se a metodologia de exclusão progressiva para cada uma das regiões de menor fator de segurança e configurações descritas acima, estão apresentadas na Figura 5. Com a utilização da metodologia 3D, identificou-se todas as regiões críticas da cava, que muitas vezes não seriam verificadas nas análises 2D.

Após a determinação das regiões de menor fator de segurança, a partir das análises de estabilidade tridimensionais, foram definidas cinco seções mais críticas para avaliação 2D (Figura 6), a fim de avaliar a compatibilidade entre os resultados provindos de cada metodologia (3D e 2D). A Tabela 1 apresenta o resumo comparativo dos fatores de segurança obtidos nas análises tridimensionais e bidimensionais.

Conforme apresentado na Tabela 1, observa-se que os fatores de segurança das análises 3D e 2D, atingiram o limite de aceitabilidade internacional para análises 2D ($FoS \geq 1.30$). Analisando os fatores de segurança obtidos com as metodologias 2D e 3D, observa-se que os FoS encontrados utilizando a metodologia 2D são menores dos que os obtidos pela metodologia 3D. Isto ocorre devido a alguns fatores, como complexidade geométrica e distribuição espacial irregular dos corpos, variação espacial das geometrias e concavidade da cava, variação da atitude da foliação e diferenças no método de cálculo das metodologias 2D e 3D.

Nas seções S01, S02 e S05, essa diferença no fator de segurança na região da superfície crítica é bem pequena (de 4% a 7%), pois elas estão situadas em uma porção em que a geometria da cava e as características geológicas e geomecânicas do litotipo possuem continuidade lateral, fazendo com que as análises 2D e 3D apresentem resultados de FoS próximos.

Já na seção S04, há a influência das forças laterais nas análises 3D, o que ocasiona esse aumento do fator de segurança (10%), já que a seção está inserida em uma região de concavidade da cava.

E por fim, a variação de FoS obtida na seção S03 se deve em função da variação da atitude da foliação (anisotropia).

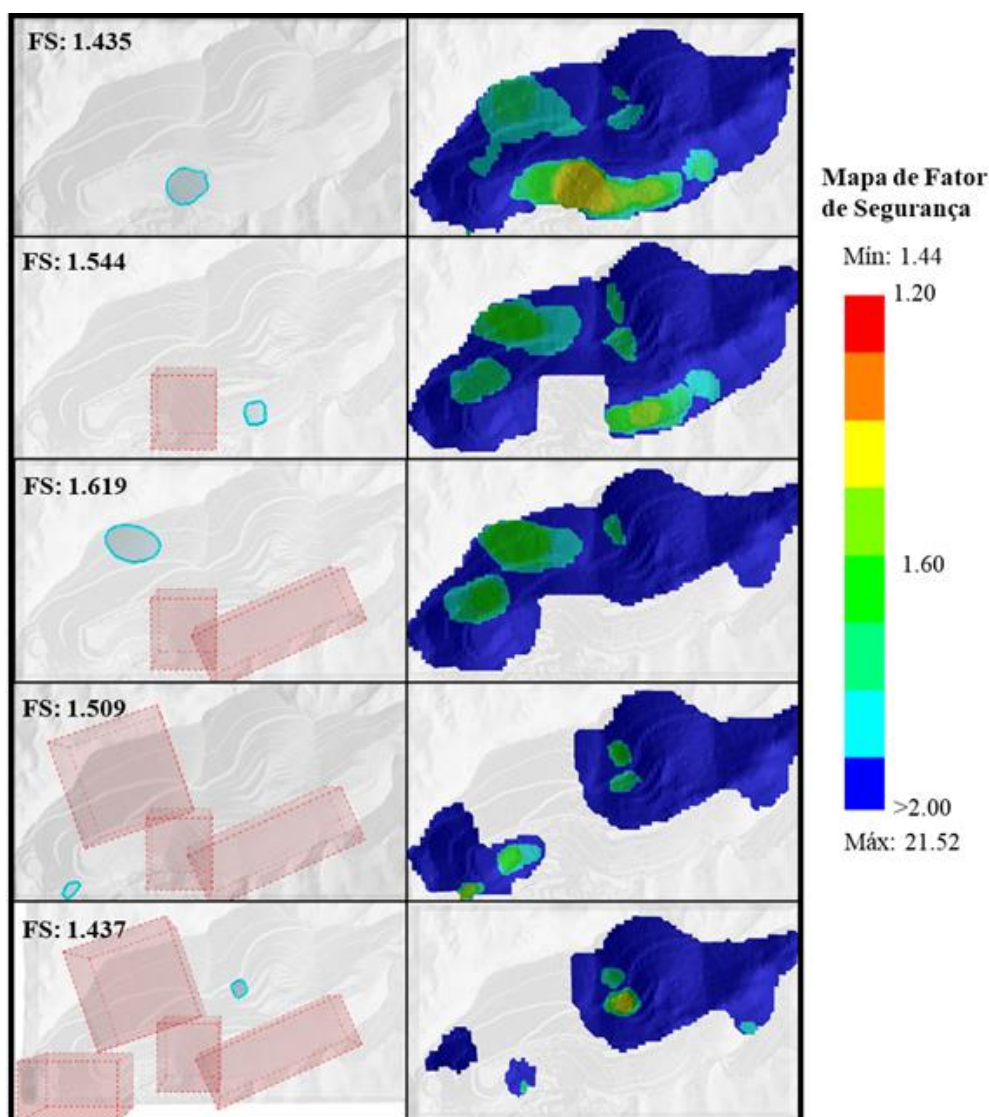


Figura 5. Representação das análises tridimensionais com a exclusão progressiva das regiões de menor fator de segurança. As caixas vermelhas representam as áreas excluídas nas análises.

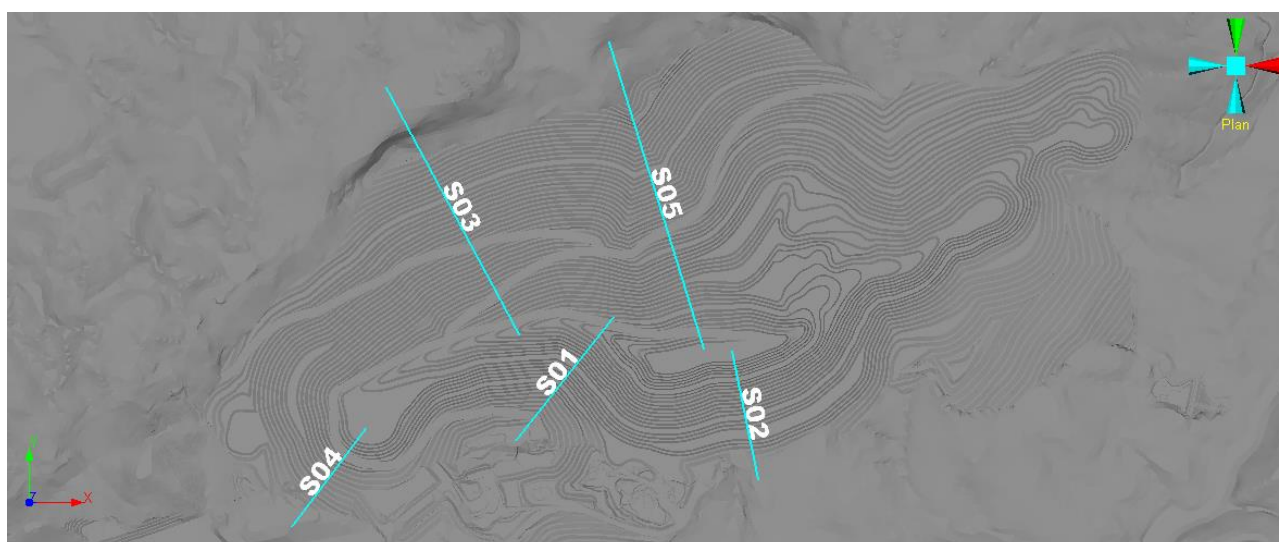


Figura 6. Seções críticas 2D.



Tabela 1. Comparação entre os fatores de segurança obtidos utilizando-se a metodologia 2D e 3D.

Seção	FoS 3D	FoS 2D	Diferença (%)
S01	1.44	1.34	7%
S02	1.54	1.44	7%
S03	1.62	1.51	7%
S04	1.51	1.37	10%
S05	1.44	1.38	4%

4 Conclusão

Dentre as vantagens da utilização do método de análise tridimensional em conjunto da metodologia bidimensional utilizando o modelo de blocos, com relação ao uso apenas do método convencional bidimensional, destacam-se:

- Economia de tempo: usualmente para avaliar, com equipe interna, uma cava por método de equilíbrio limite 2D, são utilizados cerca de 15 dias úteis. Já com a utilização do método 3D em conjunto com a metodologia 2D são necessários cerca de 7 dias úteis, uma vez que se reduz consideravelmente o número de seções 2D definidas e interpretadas que gerariam FoS muito elevados. Além disso, o tempo para importação e cálculo do fator de segurança através do modelo de blocos é significativamente menor que o de sólidos complexos que usualmente precisam ser simplificados para que as análises sejam feitas. Além disso, também há uma economia de tempo para analisar novas geometrias de cavas (alterações, cenários e sequenciamento da lavra) quando utilizado o mesmo modelo de blocos (geotécnico).
- Diminuição da subjetividade na definição das seções: quando utilizado apenas o método 2D, a definição das seções críticas se dá por métodos empíricos de acordo com a experiência e conhecimento da mina do geotécnico responsável, sendo necessário um extenso número de seções para abranger toda a cava. Com a utilização do método 3D, a análise identifica as zonas críticas, servindo como guia para a definição das seções 2D.
- Possibilidade de inserção de superfícies de plano de fraqueza e anisotropia tridimensionais, levando em conta a complexidade natural do material. Enquanto na metodologia 2D é necessário verificar a região de máximo declive, realizar o ajuste dos ângulos aparentes, o que requer um profissional experiente.

As desvantagens da utilização do método de análise 3D são:

- Ausência de critérios de aceitação nacionais e internacionais de FoS para projetos de taludes de mineração em análises 3D.
- Impossibilidade da migração automática das seções geradas no projeto em 3D (Slide3®) para o software 2D (Slide2®) com os limites de contato dos litotipos provenientes do modelo de blocos.
- Impossibilidade de se alterar localmente o desenho da geometria a fim de se atingir o fator de segurança mínimo conforme critérios de aceitação internacional. Dessa forma, é necessário gerar uma seção na região crítica e migrar para o software 2D a fim de se testar e propor as correções geométricas dos taludes. No 3D seria necessário que a equipe técnica redesenhasse a cava e elaborasse uma nova análise.

A partir das análises realizadas neste artigo pode-se verificar avanços significativos nas ferramentas de análises de estabilidade 3D. Dessa forma, observa-se que o software 3D pode ser utilizado para se otimizar o processo de avaliação geotécnica de estabilidade de taludes, porém ainda deve ser utilizado em conjunto com a metodologia 2D principalmente por falta de critérios internacionais e nacionais de aceitação de FoS.

A abordagem apresentada foi avaliada nas fases de estudos de pré viabilidade ou viabilidade, devendo-se avançar nos estudos e desenvolvimento das ferramentas para utilização na rotina operacional. Mesmo assim, obteve-se uma metodologia mais ágil e eficaz para análise geotécnica de estabilidade de cavas com a utilização das análises tridimensionais em conjunto com as análises bidimensionais. Foi também possível reduzir a subjetividade na definição de seções verticais para análises de estabilidade 2D, por meio da priorização dos setores de menor fator de segurança identificados na análise 3D.

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
 23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Esta abordagem é inovadora e importante, pois integra a geotecnia a áreas distintas que utilizam o modelo de blocos como referência para seus trabalhos, como planejamento de mina e geologia, além de conferir ao processo uma agilidade mais compatível com a dinâmica operacional da mineração.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao colegas da Gerência de Geomecânica e Hidrogeologia da Vale e ao constante apoio e incentivo dos familiares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hoek, E., Brown, E.T. (2018). *The Hoek-Brown failure criterion and GSI – 2018 edition*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 11 (2019) 445-463.
- Marinos, V. (2017). *A revised geotechnical classification GSI system for tectonically disturbed rock masses, such as flysch*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment 2017; 19:1-14. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10064-017-1151-z>>. Acesso em: 09 nov. 2021.
- Marinos, V., Marinos, P., Hoek, E. (2005) *The Geological strength index: applications and limitations*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment 2005; 64(1):55-65.
- Mogi, K. (1966). *Pressure dependence of rock strength and transition from brittle fracture to ductile flow*. Bulletin Earthquake Research Institute 1966; 44:215-32.
- Rocscience (2016). *Critical Slip Surfaces Search Methods in Slide 7.0. A Guide to Search Methods in Slide 7.0*. Rock News Spring 2016.
- Rocscience (2020). *Slide2/Slide3: New MMO feature, Weak Layer Algorithm and Much More*. Disponível em: <<https://www.rocscience.com/learning/slide2-slide3-new-mmo-feature-weak-layer-algorithm-and-much-more>>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- Rocscience (2020). *Surface Altering: Rocscience's Homegrown Optimization Algorithm*. Disponível em: <<https://www.rocscience.com/learning/surface-altering-rocsciences-homegrown-optimization-algorithm>>. Acesso em: 13 nov. 2021.
- Rocscience (2021) *Slide3 is Getting Smarter – Block Model Import & More*. Disponível em: <<https://www.rocscience.com/learning/slide3-is-getting-smarter-block-model-import-more>>. Acesso em: 09 nov. 2021.
- Rocscience (2021). *Slide3 User Guide*. Disponível em: <<https://www.rocscience.com/help/slide3/overview>>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- Sala, L. A., Santos, T. B., Lanna, C. L., Ferreira, A. M., Pedrosa, H. G. (em publicação). No prelo. *Construção de Modelo Geotécnico por meio de Estatística e Geoestatística*. Submetido para publicação.